

TUGAS AKHIR

ANALISA KONTROL MORFOLOGI TERHADAP ENDAPAN LATERIT SERTA KORELASINYA DALAM PENENTUAN ORE ZONE BLOK X PT. VALE INDONESIA, TBK.

Disusun dan diajukan oleh

**FADHEL MUHAMMAD ALIF GUNAWAN
D061181032**



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



TUGAS AKHIR

ANALISA KONTROL MORFOLOGI TERHADAP ENDAPAN LATERIT SERTA KORELASINYA DALAM PENENTUAN ORE ZONE PADA BLOK X PT. VALE INDONESIA, TBK.

Disusun dan diajukan oleh

**FADHEL MUHAMMAD ALIF GUNAWAN
D061181032**



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



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISA KONTROL MORFOLOGI TERHADAP ENDAPAN LATERIT SERTA KORELASINYA DALAM PENENTUAN *ORE* ZONE PADA BLOK X PT. VALE INDONESIA, TBK.

Disusun dan diajukan oleh

FADHEL MUHAMMAD ALIF GUNAWAN

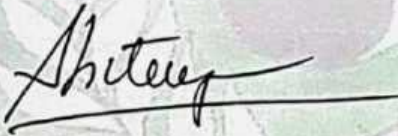
D061181032

*Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Desember 2023 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat kelulusan*

Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


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


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

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


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



Optimized using
trial version
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Fadhel Muhammad Alif Gunawan
NIM : D061181032
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisa Kontrol Morfologi terhadap Endapan Laterit serta Korelasinya dalam Penentuan Ore Zone pada Blok X PT. Vale Indonesia, Tbk.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa tugas akhir 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 tugas akhir ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, Januari 2024

Yang menyatakan



Fadhel Muhammad Alif Gunawan



Optimized using
trial version
www.balesio.com

SARI

FADHEL MUHAMMAD ALIF GUNAWAN. *Analisa Kontrol Morfologi terhadap Endapan Laterit serta Korelasinya dalam Penentuan Ore Zone pada Blok X PT. Vale Indonesia, Tbk.* (Dibimbing oleh Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM. dan Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.)

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan terkenal akan sebutan negara kepulauan. Salah satu pulau di Indonesia yang memiliki karakteristik geologi yang menarik adalah pulau Sulawesi. Pada bagian mandala timur pulau Sulawesi didominasi oleh batuan ultramafik, sehingga sangat memungkinkan untuk terjadinya proses laterisasi yang cukup tinggi dikarenakan faktor iklim tropis dari Indonesia itu sendiri. Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Daerah Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Secara astronomis terletak pada sekitar koordinat $121^{\circ}30'00'' - 123^{\circ}33'40''$ BT dan $2^{\circ}30'20'' - 2^{\circ}30'30''$ LS

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi geologi daerah penelitian di dominasi oleh perbukitan tinggi yang memiliki lereng yang curam dengan kondisi pelapukan pada daerah ini cukup tinggi, sehingga dapat dikatakan sebagai perbukitan tinggi denudasional. Daerah penelitian ini beralaskan batuan beku ultramafik berjenis peridotit serta dijumpai struktur sekunder berupa rekahan yang diinterpretasikan hasil produk dari sesar matano. Pada endapan laterit, morfologi berperan sebagai pengontrol fluktuasi nilai maksimal dari ketebalan dan kadar nikel pada kondisi lereng yang memiliki persentase 7 - 15% (Miring). Sifat dari pelapukan kimia batuan ultrafik yang tidak merata dan metode penyebaran yang digunakan akan sangat mempengaruhi distribusi nilai pada peta sebaran. Hubungan antara nilai *Cut of Grade* terhadap aspek yang dikontrol oleh morfologi dalam penentuan zona ore adalah berbanding lurus, apabila ketebalan dan kadar nikel laterit memiliki nilai yang tinggi maka ore zone juga cenderung memiliki ketebalan dan kadar yang tinggi juga. Sehingga morfologi memiliki peran dalam bidang eksplorasi nikel laterit sebagai interpretasi awal terhadap potensi lokasi untuk mengurangi *production cost* pada sektor eksplorasi untuk memetakan daerah yang potensi nikelnya tinggi berdasarkan kondisi morfologinya

Kata kunci: Besi, Geologi, Kemiringan, Ketebalan, Laterit, Morfologi, Nikel, dan Ore



ABSTRACT

FADHEL MUHAMMAD ALIF GUNAWAN. *Morphological Control Analysis of Laterite Deposits and Their Correlation in Determining Ore Zones in Block X PT. Vale Indonesia, Tbk. (Guided by Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM. and Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.)*

Indonesia is a country with a tropical climate and known as an archipelagic country. Sulawesi is a prime example as one of the islands in Indonesia that has an unique geological characteristics. Eastern part of Sulawesi were dominated by ultramafic rocks, thus able for a fairly high laterization process to occurred due to Indonesia's climate itself. In the administrative aspect, this field of research fall under Sorowako Region, Nuha District, East Luwu Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. Astronomically, it is located between $121^{\circ}30'$ – $123^{\circ}33'40''$ East Longitude dan $2^{\circ}30'20''$ – $2^{\circ}30'30''$ South Latitude

According to the conducted research, geological condition of the study area were dominated by high hills that had steep hillside with fairly high weathering condition around the area, there by it can be concluded as denudational landforms. The study area is based on ultramafic igneous rock of peridotite type with secondary structure which are the fractures believed to be the product of Matano's fault. As for the laterite deposit, morphology acts as a fluctuation control for the maximum value from the thickness and nickel content to hillside condition with inclined percentage at 7-15%. The uneven chemical weathering nature of ultramafic rock and used dispersion method would affect distribution value on a distribution map. Correlation between Cut of Grade value to aspects controlled by morphology for determining ore zone are directly proportional, if the thickness of a laterite and nickel laterite content have a high value then an ore zone tend to have the same probability of such thickness and content too. And with that conclusion, morphology has an important part in nickel laterite exploration sector as an initial interpretation for potential areas in order to lowering production costs in exploration field that handles mapping with high potential nickel.

Keywords: Iron, Geology, Slope, Thickness, Laterit, Morphology, Nickel, and Ore



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah *rabbi'l'aalamin*, penulis panjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ***Analisa Kontrol Morfologi terhadap Endapan Laterit serta Korelasinya terhadap Penentuan Ore Zone pada Blok X PT. Vale Indonesia, Tbk..***

Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umatnya. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan tugas akhir di antaranya :

1. Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM. sebagai penasihat akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing utama yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses maupun penulisan laporan dan juga sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
3. Bapak Alm. Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS., S.T., M.T., IPM. sebagai mantan penasihat akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing utama yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan laporan. Semoga ilmu yang bapak berikan akan menjadi amal jariyah bagi bapak.



apak Dr. Ir. Musri Mawaleda, M.T. dan Bapak Ilham Alimuddin, S.T., GIS., Ph.D. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktunya

untuk mengevaluasi hasil Pemetaan dan Tugas Akhir penulis. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.

5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan perkuliahan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak dan Ibu yang akan datang.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. Bapak Rizal Baslang selaku sponsor utama dalam hal ini telah memberikan kepada penulis kesempatan untuk melakukan pengambilan data pada PT. Vale Indonesia, Tbk.
8. Bapak Ashary Rusdy selaku Pembimbing 1 pada kegiatan pengambilan data tugas akhir PT Vale Indonesia, Tbk.
9. Bapak Muh. Arif Usman selaku Pembimbing 2 pada kegiatan pengambilan data tugas akhir PT Vale Indonesia, Tbk.
10. Kepada kakanda Reza Arjuna, Jasman, Andi Rieski, Resga Mige Ranteallo, Agus Lihardo Pandapotan Munthe dan Croseas Tabrani, Masyudin M Saleh, dan seluruh kerabat lainnya dari Departemen Mine dan Eksplorasi
11. Seluruh karyawan, baik staf maupun non staf PT. Vale Indonesia yang telah menerima dan membantu penulis selama pelaksanaan pengambilan data tugas akhir.
12. Kepada kedua orang tua penulis, Alif Gunawan dan Rahmi yang senantiasa mengiringi doa kepada penulis agar dapat menjadi orang yang membanggakan keluarga.
13. Kepada Bapak Erwandi dan Ibu Heriyanti Chabir yang telah memberikan kehangatan kekeluargaan, tempat untuk bernaung dan hal - hal lainnya selama melakukan aktivitas pengambilan pada desa Sorowako.
14. Kepada Saudara Adelifka, Milo, Mili, dan Abon yang senantiasa emberikan *support* secara mental kepada penulis agar dilancarkan dan mudahkan urusan-urusannya.



15. Kepada saudari Zahirah Saffanah, Nurul Fatimah Soukotta, dan Armia Riady selaku teman seperjuangan dalam kegiatan pengambilan data tugas akhir pada PT. Vale Indonesia, Tbk.
16. Saudari Anugrah Indah Nursanti Sahir, Larasati Prasetya Andilolo, dan Ratu Aisyah Syarifuddin yang telah menjadi ruang diskusi terkait pengolahan data tugas akhir.
17. Teman – teman *Xenolith* (Teknik Geologi Angkatan 2018) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan laporan.
18. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.
19. Semua rekan yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *Jazakumullahu khayran wa barokallahu fiikum.*

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya berkah dan bernilai ibadah di sisi Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Gowa, Januari 2024

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud Dan Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	4
1.7 Peneliti Terdahulu	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Geologi Regional	6
2.1.1 Geomorfologi Regional	6
2.1.2 Stratigrafi Regional	7
2.1.3 Struktur Geologi Regional	8
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Batuan Tektonik	9
3atuan Ultramafik	10
Serpentinisasi	11
Endapan Nikel Laterit	12



2.2.4.1	Genesa Nikel Laterit	14
2.2.4.2	Profil Nikel Laterit.....	15
2.2.4.3	Faktor Pembentukan Nikel Laterit.....	17
2.2.5	Karakteristik Blok pada PT. Vale Indonesia, Tbk.	19
2.2.6	Geomorfologi	19
2.2.7	Metode <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW)	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Variabel Penelitian.....	22
3.2	Tahapan Penelitian.....	23
3.2.1	Tahap Persiapan	23
3.2.2	Tahap Observasi dan Pengambilan Data.....	23
3.2.2.1	Pengambilan Data Primer	23
3.2.2.2	Observasi dan Validasi Data Sekunder	24
3.2.3	Tahap Preparasi Sampel.....	27
3.2.3.1	Tahap Preparasi.....	27
3.2.3.2	Tahap Analisa Laboratorium.....	30
3.2.4	Tahapan Pengolahan dan Analisa Data.....	30
3.2.5	Tahap Penyusunan Laporan	33
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisis.....	35
4.1.1	Karakteristik Topografi Daerah Penelitian	35
4.1.2	Korelasi Morfologi dan Data Pengeboran pada Daerah Penelitian	39
4.1.2.1	Distribusi Aspek yang Akan di Uji terhadap Kemiringan Lereng.....	47
4.1.2.2	Penampang Morfologi dan Korelasinya terhadap Endapan Laterit	71
4.2	Pembahasan.....	93
4.2.1	Kontrol Morfologi terhadap Endapan Laterit	93
4.2.1.1	Ketebalan Endapan Laterit dan Morfologi.....	94
4.2.1.2	Kadar Unsur Ni dan Morfologi.....	97
4.2.1.3	Kadar Unsur Fe dan Morfologi.....	99
	Faktor yang Mempengaruhi Pola Distribusi Nilai	101
	Korelasi Nilai <i>Cut of Grade</i> dan Aspek yang Terpengaruh oleh Morfologi dalam Penentuan <i>Ore Zone</i> Daerah Penelitian.....	104



4.2.4	Peranan Morfologi terhadap Industri Pertambangan Nikel	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		108
5.1	Kesimpulan	108
5.2	Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA.....		109
LAMPIRAN.....		112



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Mineral Pembawa Nikel (CSA Global Consultant, 2013; 5)	13
2. Klassifikasi ketinggian absolut (Van Zuidam,1985)	20
3. Klassifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam,1985)	20
4. Data hasil distribusi kemiringan lereng blok X	38
5. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan titik bor pada blok X	40
6. Data hubungan kemiringan lereng dengan aspek yang akan di uji pada blok X	41
7. Data pengeboran blok X yang mencakup total zona limonit berdasarkan hasil korelasi pembagian klasifikasi kemiringan Van Zuidam, 1985.....	42
8. Data pengeboran blok X yang mencakup total zona saprolit berdasarkan hasil korelasi pembagian klasifikasi kemiringan Van Zuidam, 1985.....	43
9. Data pengeboran blok X yang mencakup total dari zona limonit dan saprolit berdasarkan hasil korelasi pembagian klasifikasi kemiringan Van Zuidam, 1985	43
10. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan zona limonit pada blok X	49
11. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan zona saprolit pada blok X.....	51
12. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan total zona limonit dan saprolit pada blok X	54
13. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta dsitribusi kadar Ni pada zona limonit blok X.....	57
14. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta dsitribusi kadar Ni pada zona saprolit blok X	59
15. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Ni pada zona limonit dan saprolit pada blok X	62
16. Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Fe pada zona limonit blok X.....	65



17.	Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Fe pada zona saprolit blok X	67
18.	Data hasil <i>overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi total kadar Fe pada zona limonit dan saprolit pada blok X	70
19.	Korelasi data ketebalan dan kadar unsur Ni pada <i>laterite zone</i> dan <i>ore zone</i>	105



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.....	4
2. Geologi regional lembar bungku.....	6
3. Susunan ideal dari suatu ofiolit (Adi Maulana, 2019: 278)	10
4. Diagram klasifikasi batuan mafik ultramafik (Streckeisen, 1974).....	11
5. Diagram klasifikasi batuan beku (Travis, 1955)	11
6. Klasifikasikan mekanisme serpentinisasi menurut Li dan Lee (2006).....	11
7. Distribusi sumber nikel sulfida dan laterit pada dunia (Hoatson et.al., 2006, dalam Irwandy Arif, 2018; 12).....	13
8. Profil laterit pada daerah Petea (PT Vale Indonesia, 2020; 31)	16
9. Pembagian blok pada PT Vale Indonesia (Waheed Ahmad, 2005; 2 – 3).....	19
10. Tahap observasi (A) dan pengambilan data (B) lapangan pada blok X....	24
11. Kenampakan peta topografi dan batas wilayah menggunakan data RBI ..	25
12. Kenampakan peta topografi dan batas wilayah menggunakan data DEM	26
13. Kenampakan peta topografi dan batas wilayah menggunakan kontur hasil pengolahan data <i>survey</i> oleh Tim <i>Survey</i> PT. Vale Indonesia, Tbk	26
14. Serangkaian kegiatan yang dilakukan pada <i>sample house</i>	27
15. Tahap preprasi basah terdiri dari foto <i>corebox</i> (A), <i>screening grain size</i> (B & C) dan homogenisasi (D)	28
16. Verifikasi sampel yang masuk (A), penimbangan berat sampel dalam keadaan basah dan kering (B), serta mengeringkan sampel menggunakan <i>oven</i> (C).....	29
17. <i>Jaw crusher</i> (A), <i>BOYD crusher</i> (B), <i>splitter</i> (C), CRM (D).....	30
18. Alat yang digunakan untuk membaca geokimia unsur pada metode RF (A) dan metode <i>loss of ignis</i> (B).....	30
Diagram alir penelitian.....	34
Peta topografi daerah penelitian.....	35



21.	Kenampakan citra satelit daerah penelitian menggunakan <i>software</i> Google Earth.	36
22.	Kenampakan daerah penelitian difoto pada sekitar <i>hole</i> C199279 dengan arah foto N 237°E menunjukkan medan yang agak miring hingga agak curam.....	36
23.	Proyeksi 3D daerah penelitian menggunakan <i>software</i> ArcScene 10.4.1	37
24.	Peta kemiringan lereng daerah penelitian	37
25.	Peta ketinggian absolut dan titik bor blok X berdasarkan klasifikasi Van Zuidam, 1985.....	39
26.	Peta kemiringan lereng dan titik bor blok X berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng Van Zuidam, 1985.....	40
27.	Kenampakan mikroskopis pada sayatan D-HD/FM/C359031, tersusun oleh mineral serpentin (87%), klinopiroksin (8%), biotit (4%), dan opaq (1%).	44
28.	Kenampakan mikroskopis pada sayatan AM/FM/C196854, tersusun oleh mineral olivin (13%), orthopiroksin (42%), klinopiroksin (29%), serpentin (15%), dan opaq (1%)......	45
29.	Kenampakan mikroskopis pada sayatan M/FM/C199279, tersusun oleh mineral klinopiroksin (38%), orthopiroksin (17%), serpentin (42%), olivin (2%), dan opaq (1%).	46
30.	Kenampakan mikroskopis pada sayatan AC/FM/C196851, tersusun oleh mineral orthopiroksin (39%), klinopiroksin (23%), olivin (11%), serpentin (19%), biotit (7%) dan opaq (1%).	46
31.	Kenampakan mikroskopis pada sayatan C/FM/C196832, tersusun oleh mineral klinopiroksin (43%), <i>olivine</i> (21%), orthopiroksin (11%), serpentin (23%), biotit (1%), dan opaq (1%).	47
32.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan zona limonit daerah X	48
	<i>verlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan ma saprolit daerah X.....	50



34.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi ketebalan total zona limonit dan saprolit daerah X	53
35.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Ni pada zona limonit daerah X.....	56
36.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Ni pada zona saprolit daerah X	58
37.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi total nilai kadar Ni pada zona limonit dan saprolit laterit blok X	61
38.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Fe pada zona limonit daerah X.....	64
39.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi kadar Fe pada zona saprolit daerah X	66
40.	<i>Overlay</i> antara peta kemiringan lereng dan peta distribusi total kadar Fe pada zona limonit dan saprolit blok X.....	69
41.	Kenampakan garis sayatan pada peta kemiringan lereng blok X.....	71
42.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan A – A'.....	72
43.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan A – A'.....	73
44.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan A – A'.....	74
45.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan B – B'.....	75
46.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan B – B'.....	76
47.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan B – B'.....	77
48.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan C – C'.....	78
	enampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan C – '.....	79



50.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan C – C'.....	80
51.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan D – D'.....	81
52.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan D – D'.....	82
53.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan D – D'.....	83
54.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan E – E'.....	84
55.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan E – E'.....	85
56.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan E – E'.....	86
57.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan F – F'.....	87
58.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan F – F'.....	88
59.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan F – F'.....	89
60.	Kenampakan ketebalan profil endapan laterit pada garis sayatan G – G'.....	90
61.	Kenampakan mobilitas unsur Ni tiap titik bor pada garis sayatan G – G'.....	91
62.	Kenampakan mobilitas unsur Fe tiap titik bor pada garis sayatan G – G'.....	92
63.	Grafik distribusi ketebalan material limotit berdasarkan kondisi morfologi blok X.....	94
64.	Grafik distribusi ketebalan material saprolit berdasarkan kondisi morfologi blok X.....	94
	Grafik distribusi total ketebalan dari material laterit berdasarkan kondisi morfologi blok X.....	95



66.	Grafik distribusi kadar nikel pada material limotit berdasarkan kondisi morfologi blok X.....	97
67.	Grafik distribusi kadar nikel pada material saprolit berdasarkan kondisi morfologi blok X	97
68.	Grafik distribusi nilai kadar nikel dalam material laterit berdasarkan kondisi morfologi blok X	98
69.	Grafik distribusi kadar unsur Fe pada material limotit berdasarkan kondisi morfologi blok X	99
70.	Grafik distribusi kadar unsur Fe pada material saprolit berdasarkan kondisi morfologi blok X	100
71.	Grafik distribusi nilai kadar unsur Fe dalam material laterit berdasarkan kondisi morfologi blok X.....	100
72.	Kenampakan profil laterit yang menunjukkan sifat pelapukan dari endapan laterit yang tidak merata pada batuan beku ultramafik	102
73.	Grafik korelasi antara <i>laterite thickness</i> dan <i>ore thickness</i> pada blok X...	105
74.	Grafik korelasi antara Ni Lat dan Ni <i>ore</i> pada blok X	106



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
%	Persen
>	Lebih dari
<	Kurang dari
±	Kurang Lebih
// - Nikol	Nikol Sejajar
X – Nikol	Nikol Silang
Ku	Kompleks Batuan Ultramafik
OB	<i>Over Burden</i>
BZ	<i>Blue Zone</i>
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
LOI	<i>Loss of Ignis</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
SOP	Standar Operasional Prosedur
COG	<i>Cut of Grade</i>
PT	Perseroan Terbatas
<i>Min</i>	Minimum
<i>Max</i>	Maksimum
Km	Kilometer
M	Meter
Mdpl	Meter di Atas Permukaan Laut
Ol	Olivin
Cpx	Klinopiroksin
	Orthopiroksin
	Serpentin



Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
Bt	Biotit
Opq	Opaq
H : V	Horizontal berbanding dengan Vertikal



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Deskripsi Petrografi D-HD/FM/C359031	113
2. Deskripsi Petrografi AM/FM/C196854	115
3. Deskripsi Petrografi M/FM/C199279	118
4. Deskripsi Petrografi AC/FM/C196851	120
5. Deskripsi Petrografi C/FM/C196832	123
6. Data Assay pada Titik Bor Blok X.....	126
7. Data Titik Bor blok X berdasarkan Pengklasifikasian Morfometri	153
8. Data Geovalidasi Endapan Laterit blok X.....	154
9. Data Geovalidasi <i>Ore Zone</i> blok X.....	156

LAMPIRAN LEPAS :

1. Peta Sebaran Titik Bor
2. Peta Kemiringan Lereng
3. Peta Ketinggian Absolut
4. Peta Distribusi Ketebalan Zona Limonit
5. Peta Distribusi Ketebalan Zona Saprolit
6. Peta Distribusi Total Ketebalan Zona Limonit dan Saprolit
7. Peta Distribusi Kadar Ni pada Zona Limonit
8. Peta Distribusi Kadar Ni pada Zona Saprolit
9. Peta Distribusi Total Kadar Ni pada Zona Limonit dan Zona Saprolit
10. Peta Distribusi Kadar Fe pada Zona Limonit
11. Peta Distribusi Kadar Fe pada Zona Saprolit
12. Peta Distribusi Total Kadar Fe pada Zona Limonit dan Zona Saprolit



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sulawesi merupakan pulau yang beriklim tropis dan terbentuk akibat pertemuan diantara tiga lempeng besar, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia (Kaharuddin dkk, 2011: 2). Secara litotektonik, pulau Sulawesi terbagi menjadi mandala barat, mandala tengah, mandala timur, dan banggai sula. Mandala timur dari Sulawesi ini terdiri atas kompleks batuan mafik dan ultramafik dalam bentuk ofiolit serta batuan sedimen berumur Trias – Miosen (Armstrong, 2012: 4). Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa pada bagian mandala timur pulau Sulawesi memungkinkan untuk terjadinya proses laterisasi yang cukup tinggi dikarenakan faktor iklim tropis dan batuan ultramafik yang mendominasi pada daerah tersebut.

Menurut Abdillah Rasyid (2020; 1), endapan laterit merupakan hasil dari pelapukan lanjut dari batuan ultramafik pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis. Endapan laterit yang dijumpai dalam komoditas yang besar pada pulau Sulawesi adalah nikel laterit. Keterdapatan tersebut di dukung oleh iklim yang memungkinkan terjadinya pelapukan, selain itu juga aspek seperti topografi, drainase, tenaga tektonik, batuan induk, dan struktur geologi pada pulau tersebut juga mendukung (Elias, 2003, dalam Sisca M. Sapulete, 2016; 32). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Simandjuntak, dkk (1980; 110), daerah sorowako dan sekitarnya merupakan suatu daerah yang memiliki potensi cadangan nikel laterit yang cukup besar untuk diolah menjadi suatu komoditas perdagangan bahan tambang itu sendiri. Namun dalam proses eksplorasi, tidak semua lokasi pada daerah tersebut memiliki aspek yang dapat di indikasikan sebagai lokasi yang prospek apabila ditinjau dalam aspek ekonomis. Pada proses pembentukan nikel yang ekonomis (*ore*), air akan melarutkan unsur nikel sehingga dalam hal ini keadaan morfologi lokal akan sangat mempengaruhi proses pelarutan tersebut.



kuantitatif pada kondisi lereng tertentu akan mempengaruhi proses pembentukan nikel baik dalam segi kuantitas maupun kualitas (Adi Maulana, 2017: proses pembentukan *ore* berlangsung dalam kurun waktu tertentu sehingga

dapat membentuk sebuah zona yang disebut sebagai *ore zone*, dimana pada zona tersebut merupakan zona yang dianggap memiliki kadar yang bernilai ekonomis.

Blok X merupakan bagian dari wilayah Sulawesi Selatan yang memiliki variasi kemiringan lereng dan termasuk ke dalam Kompleks Batuan Ultramafik (Ku) pada Geologi Regional Lembar Bungku yang diteliti oleh Simandjuntak, dkk (1980). Pada blok tersebut juga termasuk ke dalam bagian dari wilayah IUP PT. Vale Indonesia, Tbk., sehingga keterdapatannya zona endapan laterit pada blok tersebut dapat dikategorikan sebagai *ore zone* jika kadar unsur nikelnya diatas 1.4% dan memiliki ketebalan minimal 2 meter. Sehingga perlunya untuk meninjau morfologi pada blok tersebut untuk lebih memudahkan dalam analisa metode eksplorasi endapan laterit yang prospek melalui pendekatan morfologi. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul ***“Analisa Kontrol Morfologi terhadap Endapan Laterit serta Korelasinya dalam Penentuan Ore Zone pada Blok X PT. Vale Indonesia, Tbk”*** yang akan memaparkan analisa aspek morfologi seperti *slope* dan *altitude point* yang dikaitkan dengan aspek pengujian pada endapan laterit seperti ketebalan, kadar unsur Ni dan Fe pada endapan laterit. Sehingga dapat mengetahui aspek mana saja dari ketiga aspek tersebut yang terkontrol. Kemudian aspek yang terkontrol oleh morfologi tersebut akan dikaitkan dengan standarisasi dari perusahaan untuk mengidentifikasi kecenderungan keberadaan *ore zone* terdapat pada morfologi apa saja, sehingga dapat menjadi salah satu referensi yang bermanfaat untuk eksplorasi kedepannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan yang dijumpai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kontrol morfologi terhadap ketebalan, kadar unsur Ni dan Fe dalam endapan laterit pada daerah penelitian?
2. Faktor apa yang mempengaruhi distribusi ketebalan, kadar unsur Ni dan Fe dalam endapan laterit pada daerah penelitian?

Bagaimana korelasi atas aspek yang dikontrol oleh morfologi dalam penentuan *ore zone* pada daerah penelitian?



4. Bagaimana peranan morfologi dalam eksplorasi nikel laterit berdasarkan hasil dari daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian kali ini adalah untuk mengetahui kecenderungan aspek yang terkontrol oleh morfologi lokal dalam penentuan *ore zone*. Adapun tujuan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa kontrol morfologi terhadap ketebalan, kadar unsur Ni dan Fe dalam endapan laterit pada daerah penelitian
2. Untuk menganalisa faktor penyebab distribusi nilai ketebalan, kadar unsur Ni dan Fe dalam endapan laterit pada daerah penelitian
3. Untuk menganalisa korelasi atas aspek yang dikontrol oleh morfologi dalam penentuan *ore zone* pada daerah penelitian
4. Untuk menentukan peranan morfologi dalam eksplorasi nikel laterit berdasarkan hasil dari daerah penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian kali ini adalah untuk memberikan informasi terkait kecenderungan dari aspek yang dikontrol oleh morfologi lokal dalam penentuan *ore zone* pada studi kasus Blok X PT. Vale Indonesia, Tbk. serta secara khusus bagi penulis, penelitian ini bermanfaat untuk mengasah serta mengaplikasikan ilmu geologi yang penulis dapatkan selama menjalani perkuliahan.

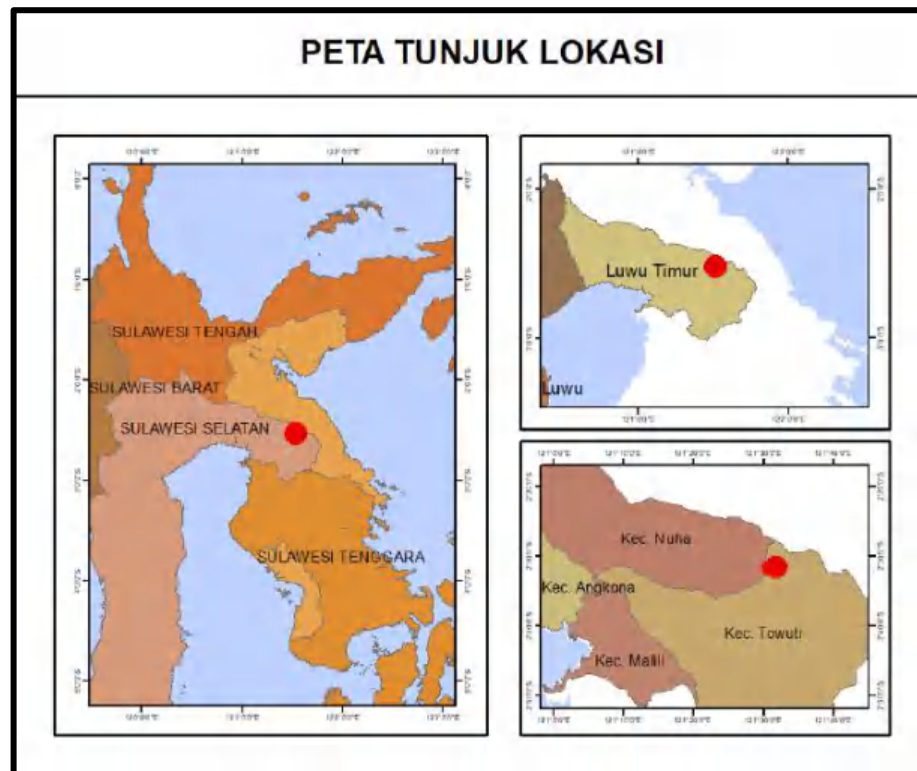
1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus kepada analisa kondisi morfologi terhadap endapan laterit menggunakan pendekatan morfografi yaitu *slope* dan *altitude point* sehingga menghasilkan kelas relief tertentu. Dengan mengkorelasikan relief tersebut pada tiap data titik pengeboran yang mencakup aspek kadar unsur Ni, kadar unsur Fe dan ketebalan dalam endapan laterit untuk mengetahui keterkaitan antara i dan laterisasi serta menghubungkan aspek yang dikontrol oleh morfologi LOG dan SOP perusahaan agar dapat menjadi suatu data yang bermanfaat.



1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam sekitar wilayah Danau Mahalona, Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Secara astronomis terletak pada sekitar koordinat $121^{\circ}30'$ – $123^{\circ}33'40''$ BT dan $2^{\circ}30'20''$ – $2^{\circ}30'30''$ LS (**Gambar 1**). Daerah penelitian ditempuh dengan menggunakan bus dengan jarak tempuh sejauh kurang lebih 626 km dari Makassar dengan waktu tempuh sekitar 13 jam.



Gambar 1. Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

1.7 Peneliti Terdahulu

Beberapa ahli geologi yang pernah mengadakan penelitian di daerah ini yang sifatnya regional diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Rab Sukanto (1975), penelitian perkembangan tektonik sulawesi dan sekitarnya yang merupakan sintesis yang berdasarkan tektonik lempeng.
2. Simanjuntak (1980), penelitian tentang kondisi geologi regional khususnya pada lembar Bungku, Sulawesi.
- Armstrong (2012), penelitian tentang kondisi struktur geologi pada pulau Sulawesi

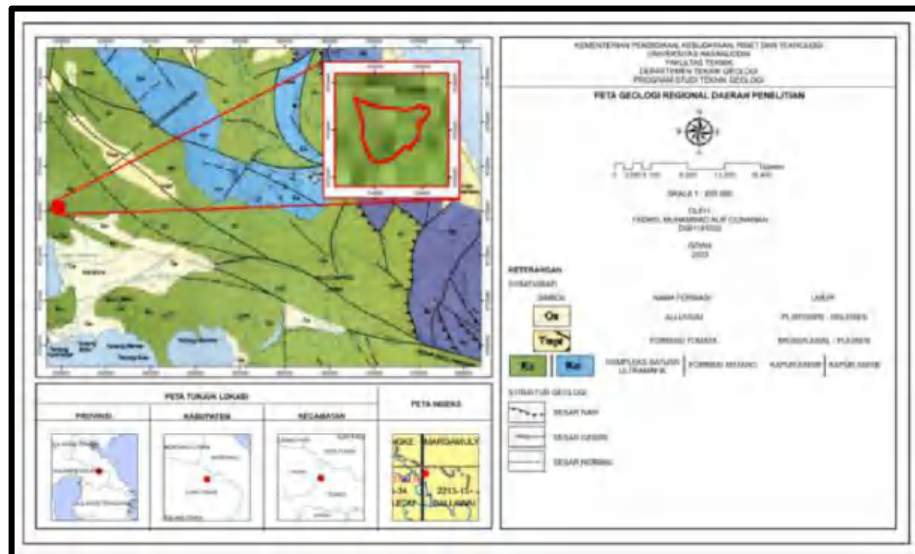


4. Sarasin (1901), penelitian tentang geografi dan geologi pada pulau Sulawesi
5. Hasan Ngabito (1990), penelitian tentang pulau Sulawesi dan sekitarnya yang membagi menjadi 3 mandala geologi
6. Waheed Ahmad (2006 dan 2008), penelitiannya *mine geology* dan *geology eksplorasi* yang dimana kedua penelitian tersebut merupakan cikal bakal dalam pembangunan pabrik, kegiatan eksplorasi dan mining dari PT. Vale Indonesia, Tbk.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional



Gambar 2. Geologi regional lembar Bungku, Sulawesi (Simandjuntak, 1980)

Daerah penelitian terletak pada Sorowako *Outer Area* dengan kondisi geologinya menurut Simandjuntak, dkk (1980) dalam Geologi Regional Lembar Bungku, Sulawesi (**Gambar 2**) dibagi pengklasifikasiannya berdasarkan 3 aspek, yaitu:

2.1.1 Geomorfologi Regional

Morfologi pada lembar ini terbagi menjadi lima satuan, yakni dataran rendah, dataran menengah, pegunungan menggelombang, kras dan pegunungan. Namun, tidak semua satuan tersebut berada pada daerah penelitian. Secara regional jika dibandingkan dengan elevasi daerah penelitian, maka akan tergolong ke dalam satuan morfologi kras yang memiliki ketinggian antara 400 dan 800 m di atas muka laut, dicirikan oleh adanya pegunungan kasar. Sedangkan berdasarkan letak dari perbatasan wilayah daerah penelitian tergolong morfologi dataran menengah yang menempati daerah sekitar Danau Towuti dan Danau Mahalona.



2.1.2. Stratigrafi Regional

Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari satuan endapan permukaan, batuan sedimen dan batuan beku. Namun, tidak semua satuan tersebut berada pada daerah penelitian, dimana hanya kompleks batuan ultramafik saja yang termasuk ke dalam lokasi penelitian kali ini. Kompleks batuan ultramafik (Ku) terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit, diabas dan gabro.

1. **Harzburgit**, batuan ini berwarna hijau sampai kehitaman, padat dan pejal setempat ada perhaluan mineral. Tersusun dari mineral halus sampai kasar yang terdiri dari olivin ($\pm 55\%$), dan piroksen ($\pm 35\%$), serta mineral serpentin sebagai hasil ubahan piroksen dan olivin ($\pm 10\%$).
2. **Lherzolit**, batuan ini berwarna hijau kehitaman, pejal dan padat, berbutir sedang sampai kasar hipidiomorf. Di beberapa tempat terdapat tekstur ofit dan poikilitik. Terdiri dari mosaik olivin dan klino piroksen atau ortopiroksen.
3. **Wehrlit**, batuan ini berwarna kehitaman, pejal dan padat, berbutir halus sampai kasar, alotriomorf. Terdiri atas olivin, dan kadang-kadang piroksen klino. Mineral olivin, dan piroksen hampir seluruhnya memperlihatkan retakan dalam jalur memanjang yang umumnya terisi serpentin dan talkum, strukturnya menyerupai jala.
4. **Websterit**, batuan ini berwarna hijau kehitaman, padat dan pejal. Tersusun oleh mineral olivin dan piroksen klino, berukuran halus sampai sedang, serta hampir seluruh kristalnya berbentuk anhedron. Serpentin hasil ubahan olivin dan piroksen terutama mengisi rekahan kristal tembah, dan membentuk struktur menyerupai seperti jala.
5. **Serpentinit**, batuan ini berwarna kelabu tua sampai hijau kehitaman, pejal dan padat. Mineral penyusunnya terdiri dari antigorit, lempung dan magnetit, berbutir halus, dengan retakan tidak teratur, yang umumnya terisi magnetit hitam kedap.
6. **Diabas**, batuan ini berwarna kelabu, kelabu kehijauan sampai hitam kehijauan, padat dan pejal, berbutir halus sampai sedang, setempat hablur penuh. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, ortoklas, piroksen



dan bijih, jenis plagioklasnya labradorit. Di beberapa tempat batuan terubah kuat.

7. **Dunit**, batuan ini menampakkan kesan berbutir halus sampai kasar, berwarna kehijauan, kelabu kehijauan sampai kehitaman, pejal dan padat. Setempat tampak porfiroblastik. Susunan mineral terdiri atas olivin (sekitar 90%), piroksen, plagioklas, dan bijih; mineral ubahan terdiri dari serpentin, talkum, dan klorit, masing-masing hasil ubahan olivin dan piroksen.
8. **Gabro**, batuan ini menampakkan tekstur berbintik hitam, berbutir sedang sampai kasar, padat dan pejal. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, dan olivin jenis plagioklas yakni labradorit-bitonit. Sebagian olivin terubah jadi antigorit, dan bijih, plagioklas jadi serisit. Djumpai dalam bentuk retas menerobos batuan ultramafik.

2.1.3 Struktur Regional

Struktur utama di daerah ini berupa sesar, dimana jenis sesar yang dijumpai secara regional adalah sesar turun, sesar geser, sesar naik dan sesar sungkup. Penyesaran diduga berlangsung sejak Mesozoikum. Sesar Matano merupakan sesar utama dengan arah baratlaut-tenggara. Sesar ini menunjukkan gerakan mengiri, diduga bersambung dengan Sesar Sorong. Keduanya merupakan satu sistem sesar jurus yang mungkin telah terbentuk sejak Oligosen. Kelanjutannya diperkirakan pada Sesar Palu - Koro yang juga menunjukkan gerakan mengiri (di luar Lembar Bungku; diperkirakan masih aktif). Sesar yang lain di daerah ini lebih kecil dan merupakan sesar tingkat kedua atau mungkin tingkat ketiga. Kekar terdapat dalam hampir semua satuan batuan, tetapi terutama dalam batuan beku dan batuan sedimen Mesozoikum. Terjadinya mungkin dalam beberapa perioda, sejalan dengan perkembangan tektonik di daerah ini.

2.2 Landasan Teori

Batuan Tektonik

Batuan yang terbentuk dari proses tektonik yang keterdapatannya di atas ini di sebut sebagai batuan tektonik. Batuan tektonik berfungsi sebagai



media informasi terkait sumber daya alam berupa hidrokarbon maupun mineral dan pemberi informasi tentang kebencanaan seperti gempa bumi. Proses tektonisme akan menghasilkan batuan yang bervariasi dan tercampur menjadi satu serta tidak menunjukkan batas litologi yang jelas. Kompleks merupakan variasi batuan akibat proses tektonisme tersebut, dimana kompleks batuan ini terbagi menjadi 3 jenis diantaranya adalah melange, olisostrome, dan ofiolit (Adi Maulana, 2019; 276). Daerah penelitian termasuk ke dalam daerah yang beralaskan batuan tektonik pada *East Arc Sulawesi* dan termasuk kedalam golongan ofiolit.

Ofiolit merupakan susunan batuan yang terdiri dari kerak oseanik yang beranggotakan batuan ultrabasa dan basa serta berasosiasi dengan batuan yang mengalami proses tektonik tertentu. Selain ofiolit merupakan bagian dari kerak oseanik, ofiolit juga merupakan bagian dari mantel atas bumi. Hal tersebut dapat disimpulkan ofiolit pada suatu daerah mengindikasikan daerah tersebut dulunya merupakan bagian dari kerak samudera yang mengalami pemekaran (*spreading*) (Adi Maulana, 2019: 278).

Tekstur batuan ofiolit yang menyerupai ular, memiliki penyebaran dalam bentuk *allochthonous*. Hal tersebut terjadi karena ofiolit terbentuk pada *mid-ocean ridge* yang berpindah ke zona subduksi tepatnya pada sabuk lipatan batas benua oleh tumbukan lempeng litosfer (Coleman, 1977 dalam Teuku Ishlash, 2012: 22-24). Pada pulau Sulawesi sendiri ofiolit tersebar sangat luas yaitu pada bagian *East Arc Sulawesi* yang dikenal dengan istilah *East Sulawesi Ophiolite* (Alam Budiman Thamsi dkk., 2021; 1) dan di jumpai juga pada bagian tengah lengan Sulawesi Selatan pada daerah Bantimala yaitu di Barru dan di Pangkep (Maulana dkk, 2015; 73). Menurut Penrose Field Conference (1972 dalam Yoga A.S & Cecep Y.S. Vol 13, 2015: 231-232), susunan ideal ofiolit (**Gambar 3**) terdiri dari kompleks ultramafik, kompleks gabro berlapis dan masif, kompleks dike, dan kompleks batuan vulkanik.





Gambar 3. Susunan ideal dari suatu ofiolit (Adi Maulana, 2019: 278)

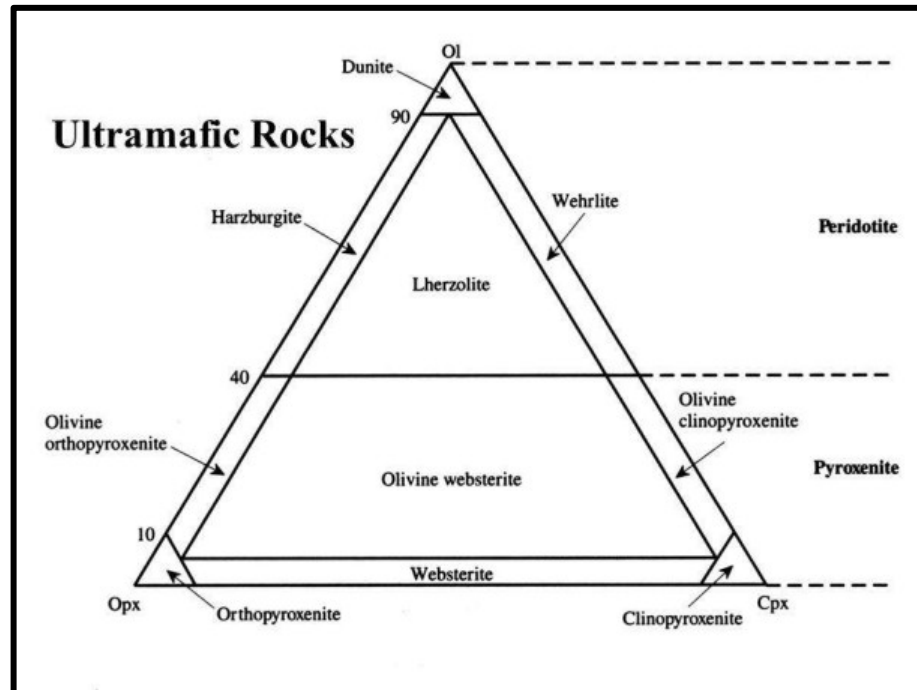
2.2.2 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik didefinisikan oleh Waheed Ahmad (2008; dalam Egi Jim, 2021: 9) sebagai batuan yang memiliki kandungan mineral silikat yang mengandung ion besi dan magnesium, dimana keterdapatan ion tersebut memiliki skala yang besar. Komposisi mineral penyusun dari batuan ini adalah olivin, piroksin, hornblend, dan mika dengan indeks warna yang lebih dari 70. Kemunculan ultramafik dilapangan dapat terjadi secara berasosiasi dengan intrusi berlapis, tubuh batuan kecil serta kemunculan batuan tektonik dalam skala besar.

Berdasarkan klasifikasi variasi batuan ultramafik yang dibuat oleh Streckeisen, 1974 (**Gambar 4**), batuan ultramafik dibedakan menjadi 3 jenis batuan, dimana parameter mineral yang digunakan adalah mineral olivine, orthopiroksin dan klinopiroksin. Pengklasifikasian batuan ultramafik secara petrografi juga dapat juga menggunakan klasifikasi batuan beku Travis, 1955

: 5) yang dibedakan berdasarkan komposisi mineral feldspar dan tekstur an itu sendiri.



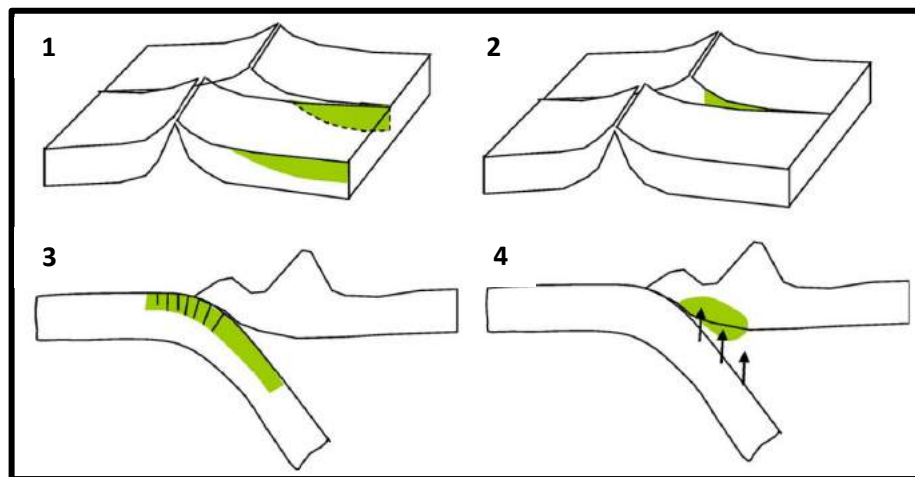


Gambar 4. Diagram klasifikasi batuan ultramafik (Streckeisen, 1974)

K. Feldspar > 2/3 seluruh Feldspar	K. Feldspar 1/3 – 2/3 seluruh Feldspar			Feldspar Plagioklas > 2/3 seluruh Feldspar						Sedikit/Tidak ada Feldspar		Tipe Khusus						
	K. Feldspar >10% seluruh Feldspar	K. Feldspar <10% seluruh Feldspar	Ca - Plagioklas	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :								
											Na - Plagioklas		Ca - Plagioklas	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :
MINERAL UTAMA	KWARSIA >10%	KWARSIA <10% FELSPATO ID >10%	FELSPATO ID >10%	KWARSIA >10%	KWARSIA <10% FELSPATO ID >10%	FELSPATO ID >10%	KWARSIA >10%	KWARSIA <10% FELSPATO ID >10%	Ca - Plagioklas	KWARSIA <10% FELSPATO ID >10%	FELSPATO ID >10%	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	Terutama :	
MINERAL TAMBAHAN KHAS	Terutama : Hornblende, Biotit, Piroksin, Muskovit : Na-Amfibol, Elgirin, Kankrin, Turmalin, Sodalit			Terutama : Hornblende, Biotit, Piroksin : Na-Amfibol, Elgirin			Terutama : Hornblende, Biotit, Piroksin (dalam Andesit) : Feldspatoid, Na-Amfibol			Terutama : Piroksin, Uralit, Olivin : Hornblende, Biotit, Kwarsa, Elgirin, Na-Amfibol			Terutama : Piroksin, Uralit, Olivin : Hornblende, Biotit, Kwarsa, Elgirin, Na-Amfibol			Terutama : Piroksin, Uralit, Olivin : Hornblende, Biotit, Kwarsa, Elgirin, Na-Amfibol		
INDEKS WARNA	10	15	20	20	25	30	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
FAKSI	GRANIT			MONSONIT			GRANO DIORIT			TERALIT			PEGMATIT			APLIT		
MASA DASAR FANERITIK	PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI		
MASA DASAR AFANITIK	PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI			PORFIRI		
MASA DASAR MIKROKRISTALIN	RIOLIT			TRAKIT			FONOLIT			DASIT			ANDESIT			BASAL		
GELAS	OBSIDIAN			LATIT			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"PITCHSTONE"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"VITROFIR"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"PERLIT"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL			TEFRIT		
	"Welded tuffs"			LATIT (TRAKIT-ANDESIT)			DASIT			ANDESIT			BASAL					

Faktor terjadinya serpentinisasi adalah terjadinya hidrolisis air yang menyebabkan terlepasnya unsur Fe dan Mg dalam mineral olivin yang menyebabkan ion – ion tersebut akan membentuk suatu ikatan Fe^{2+} (Ferro) menjadi Fe^{3+} (Ferri). (Waheed Ahmad, 2005 dalam Egi Jim, 2021; 14). Sedangkan menurut Li dan Lee (2006: 173), mekanisme serpentinisasi pada batuan ultramafik di kerak samudera dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis (**Gambar 6**), yaitu:

1. Infiltrasi air laut dalam kerak samudera melalui rekahan
2. Pelapukan peridotit yang telah terangkat ke permukaan pada zona rekahan.
3. Infiltrasi air laut ke dalam sesar ekstensi yang terbentuk akibat pembengkokkan *slab* subduksi
4. Dehidrasi pada zona subduksi yang diikuti oleh lepasnya fluida dari mantel



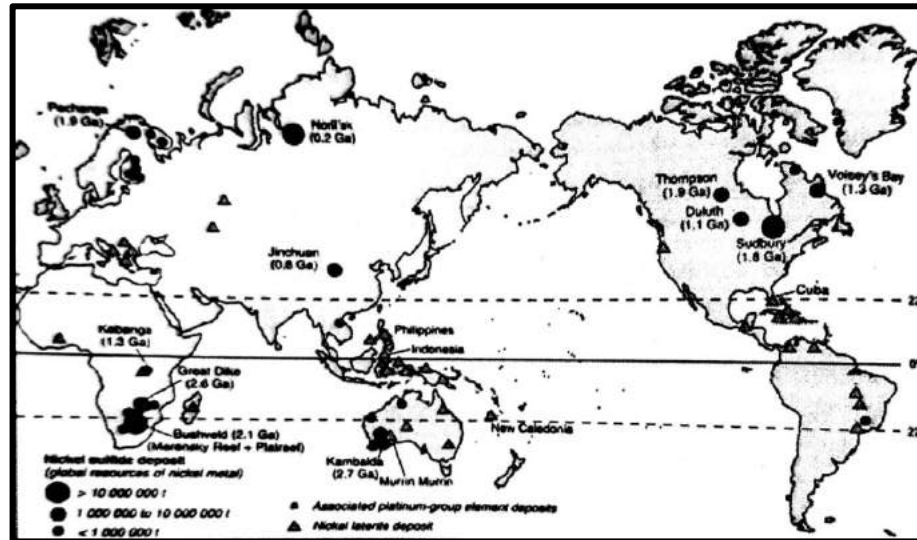
Gambar 6. Klasifikasikan mekanisme serpentinisasi menurut Li dan Lee (2006: 173)

2.2.4 Endapan Nikel Laterit

Istilah laterit berasal dari Bahasa latin yaitu *later*, pertama kali didefinisikan oleh Buchanan pada tahun 1807 di India untuk mendeskripsikan lempung yang mengeras dan mengandung konsentrasi besi yang tinggi (Zubair Saing, 2017: 7). Nikel Laterit atau endapan nikel sekunder adalah endapan yang diakibatkan adanya proses konsentrasi mineral-mineral berharga yang mengandung nikel, dimana hal tersebut berasal dari pelapukan batuan asal (*host*) dengan gaya eksogen, seperti pelapukan (*weathering*) oleh sinar matahari, curah



hujan dan lainnya (Irwandy Arif, 2018: 18). Endapan laterit merupakan salah satu penyokong kebutuhan nikel di dunia pada saat ini (Fitrian, 2011 dalam Syahrul dkk, 2020; 44)



Gambar 7. Distribusi sumber nikel sulfida dan laterit pada dunia (Hoatson et.al., 2006, dalam Irwandy Arif, 2018; 12)

Sesuai dengan namanya, nikel laterit sangat dikontrol oleh proses laterisasi secara kimia. Secara kimiawi, batuan ultramafik melepaskan unsur-unsur yang sangat mudah larut (Mg, Ca, dan Si) dan unsur-unsur yang sedikit terlarut (Fe, Ni, Mn, Co, Zn, Y, Cr, Al, Ti, Zr dan Cu) (Brand et al. sl., 1988, dalam Irwandy Arif: 19). Sebelum mengenal nikel lebih jauh, ada baiknya mengetahui dulu mineal pembawa nikel. Menurut CSA *Global Consultant* (2013; 5), mineral mineral pembawa nikel ada pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Mineral Pembawa Nikel (CSA Global Consultant, 2013; 5)

Mineral	Rumus Kimia	Kandungan Nikel
<i>Goethite</i>	(Fe, Al) $\text{O.OH.xH}_2\text{O}$	Maks. 2% Ni; 0,2 Co
<i>Mn Oxides</i>	(Co, Ni) $\text{O}_2\text{MnO.xH}_2\text{O}$	Maks. 16% Ni; 4% Co
<i>Nontronite</i>	Fe (Ca, Na, Mg, Al) <i>Clay</i>	Maks. 4% Ni
<i>Ni Serpentine</i>	(Mg, Fe) <i>hydrated silicate</i>	Maks. 12% Ni
<i>Garnierite</i>	<i>Hydrated Mg Silicate</i>	Maks. 30% Ni
<i>Chlorite</i>	(Mg, Fe, Al) <i>hydrated silicate</i>	Maks. 15% Ni



2.2.4.1 Genesa Nikel Laterit

Proses pembentukan disebut dengan genesa, dimana proses ini memiliki banyak faktor dan rentang tahapan - tahapan yang sangat panjang. Secara ringkas pembentukan nikel laterit dimulai pada saat terjadi proses pelapukan residual pada batuan ultramafik secara kimiawi oleh air hujan yang terinfiltrasi ke dalam batuan maupun tanah. Proses tersebut mengakibatkan terjadinya proses pencucian terhadap unsur – unsur tertentu dalam mineral batuan, dimana unsur tersebut memiliki tingkat mobilitas yang berbeda - beda (Irwandy Arif, 2018: 19). Kemudian tertransportasikan melalui media air secara lateral (Golightly 2010 dalam Irwandy Arif, 2018; 20).

Secara rinci pembentukan endapan nikel laterit dijelaskan oleh Adi Maulana dalam bukunya yang berjudul Endapan Mineral (2017; 123 -124), adalah sebagai berikut:

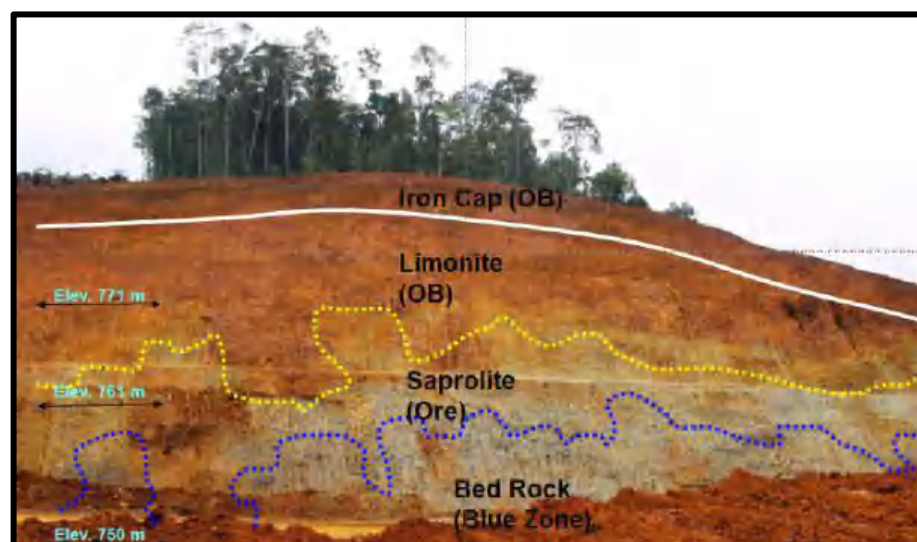
1. Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.3%.
2. Terjadi proses pencucian pada mineral yang mudah larut akibat air dari atmosfer yang kaya akan CO₂ yang kemudian meresap ke bawah permukaan sampai pada *leaching zone*, yang dimana zona tersebut merupakan tempat terjadinya fluktuasi air tanah berlangsung.
3. Akibat fluktuasi tersebut, air tanah yang kaya CO₂ akan mengalami kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal, yang mengakibatkan terjadinya pelarutan pada mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin/serpentin dan piroksin.
4. Unsur Mg, Si, dan Ni yang berada dalam mineral tersebut akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan membentuk mineral – mineral baru pada proses pengendapan kembali.
5. Endapan besi yang berikatan dengan oksida akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel, dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama pH dari suplai air masih bersifat asam.



6. Jika terjadi netralisasi antara air dan batuan karena adanya reaksi antara keduanya, maka zat – zat tersebut akan cenderung mengendap sebagai mineral pembawa Ni.
7. Kekar atau rekahan pada batuan merupakan salah satu faktor utama yang berfungsi sebagai saluran untuk turunnya air, dalam hal ini Ni yang terbawa oleh air akan turun dan lambat laun akan terkumpul di zona ketika air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus batuan dasar (*bed rock*).
8. Apabila proses ini berlangsung terus-menerus maka yang akan terjadi adalah proses pengayaan *supergen enrichment*.
9. Zona pengayaan supergen umumnya terbentuk di zona saprolit
10. 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.

2.2.4.2 Profil Nikel Laterit

Secara umum profil endapan nikel laterit terdiri dari empat horizon utama (**Gambar 8**). Diantaranya adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Profil laterit pada daerah Petea (PT Vale Indonesia, 2020; 31)



1. *Iron Cap (Ferric Crust)*

Iron Cap atau yang biasa disebut sebagai *Ferrigenous Duricrust* (Tudung Besi) merupakan horizon teratas yang berfungsi untuk melindungi lapisan bawahnya dari bahaya erosi serta memiliki konsentrasi besi yang tinggi. Dicitrakan dengan warna coklat kemerahan hingga kehitaman dan mengandung material organik. Pada *layer* ini kandungan nikel sangat sulit dijumpai atau dalam skala yang kecil (Irwandy Arif, 2018: 24).

2. Limonit

Zona limonit adalah horizon hasil pelapukan yang lebih lanjut dari batuan beku ultramafik. Dicitrakan oleh kehadiran mineral oksida besi, *goethite* dan hematit. Pada horizon ini terklasifikasikan menjadi 2 bagian akibat ada perbedaan konsentrasi besi (Irwandy Arif, 2018: 24). Limonit dibedakan menjadi *red limonite* yang biasa disebut hematit dan *yellow limonite* yang disebut *goethite*. Selain itu, lapisan ini memiliki kadar air 30% hingga 40%, mengandung kadar Ni 1.5 %, Fe 44 %, MgO 3 %, SiO₂ %. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam mineral *manganese oxide*, *lithiophorite*. Kadang juga dijumpai mineral *talca*, *tremolite*, *chromiferous*, *quartz*, *gibbsite*, *maghemite*. Secara umum mineral *goethite*, memiliki kandungan nikel, dimana unsur Ni mengganti unsur Fe sehingga pada zona limonit terjadi pengayaan unsur Ni (Adi Maulana, 2017: 127).

3. Saprolit

Zona saprolit merupakan zona yang letaknya berada pada bagian atas *bed rock* yang tidak mengalami pelapukan tropis. Zona ini terdiri dari fragmen batuan yang terurai sebagian serta masih menunjukkan tekstur aslinya. Nikel pada lapisan ini merupakan nikel akibat pengayaan sekunder dari air hujan yang asam melarutkan kandungan nikel dari lapisan atasnya (Waheed Ahmad, 2005: 22 - 23). Mineral yang dijumpai pada zona ini umumnya telah mengalami alterasi (Irwandy Arif, 2018: 25).



Zona saprolit dicirikan dengan warna kuning kecokelatan dan agak lunak yang tercampur dari sisa-sisa batuan butiran halus *limonite*, *saprolitic* dan dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa

kasus terdapat *silica boxwork* yang akan membentuk suatu zona transisi dari *limonite* ke *bed rock*. Secara umum lapisan ini merupakan lapisan yang paling ekonomis untuk ditambang (Adi Maulana, 2017: 124). Namun, tidak semua bagian dari zona saprolit dapat dikatakan sebagai grading bijih. Bagian bawah zona saprolit secara bertahap akan mengalami pengurangan pengayaan kadar nikelnya (Waheed Ahmad, 2005: 23).

Menurut Irwandy Arif (2018: 25), zona saprolit terbagi menjadi 2 berdasarkan komposisi fragmen batuan. Diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. **Sub soft – saprolit**, lapisan pada saprolit yang mengandung fragmen berukuran bongkah kurang dari 25%
- b. **Sub hard – saprolit**, lapisan pada saprolit yang mengandung fragmen berukuran bongkah kurang dari 50%

4. **Bed Rock (Unweathered Parent Rock)**

Bed rock merupakan batuan ultramafik asli yang belum terpengaruh oleh proses pelapukan tropis. Struktur masih dalam kondisi belum terbuka secara signifikan serta air tanah telah kehilangan sifat keasamannya sehingga tidak dapat memecah komponen mineral secara signifikan (Waheed Ahmad, 2005: 22). *Bed rock* juga dikenal dengan istilah *protholith*, dimana batuan dasar tersebut terletak pada lapisan terbawah suatu endapan laterit. Umumnya merupakan *harzburgite*, *peridotite*, atau *dunit* (Irwandy Arif, 2018: 26)

Secara umum zona ini dijumpai frakturisasi yang kuat, dimana jika frakturisasi tersebut terbuka maka akan terisi oleh mineral silika dan garnierite akibat proses *leaching*. Frakturisasi ini diinterpretasikan sebagai faktor dari *root zone* yaitu zona *high grade* Ni (Adi Maulana, 2017: 125)

2.2.4.3 Faktor Pembentukan Nikel Laterit

Menurut Waheed Ahmad (2006, dalam Padjadjaran *Geoscience Journal* Vol. 2 No.3, 2018: 224), faktor – faktor yang mempengaruhi endapan laterit adalah sebagai:



Bed Rock, batuan yang memiliki komposisi mineral *olivine* atau piroksin. Dimana ke dua elemen tersebut memiliki kadar Ni sehingga

batuan dasar menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam pembentukan nikel laterit.

2. **Struktur**, pada endapan laterit keterdapatn struktur seperti *joint* pada batuan dasar dapat mempercepat resapan air sehingga pelapukan secara kimiawi dapat berlangsung pada elevasi yang lebih rendah.
3. **Iklim**, terjadinya kenaikan permukaan air tanah pada musim tertentu mampu memberikan reaksi terhadap unsur – unsur tertentu dalam mineral pembawa unsur nikel serta iklim sangat mempengaruhi 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
4. **Proses pelarutan kimia dan vegetasi**, komposisi kimia dari air tanah yang kaya akan CO₂ dapat menjadi suatu katalis untuk mengubah batuan menjadi soil.
5. **Topografi**, kemiringan lereng tertentu memiliki dampak terhadap erosi profil sehingga air yang jatuh ke permukaan tanah memiliki probabilitas penetrasi yang kecil. Menurut Waheed Ahmad (2005; 20), perkembangan nikel laterit yang memiliki kualitas yang baik berada pada sistem terasering, dataran tinggi, dan lereng bukit yang relatif landai serta kemiringan lereng yang umumnya dijumpai idealnya berada pada kemiringan 20%, namun pada beberapa kasus dapat dijumpai hingga 30 persen. Sedangkan menurut Adi Maulana (2017; 127 – 128), morfologi mempunyai peranan dalam penyerapan air hujan, dimana pada *slope* yang memiliki nilai kemiringan yang tinggi akan menyebabkan penetrasi ke batuan akan sedikit yang berdampak pada jenis pelapukan yang terjadi.
6. **Waktu**, proses pelapukan batuan induk tidak terjadi begitu saja. Namun, memakan waktu dalam skala waktu geologi untuk menciptakan ketebalan tertentu.



2.2.5 Karakteristik Blok pada PT. Vale Indonesia, Tbk.

Daerah penelitian termasuk ke dalam kawasan Blok Timur, dimana keterdapatan endapan laterit yang berkembang di atas batuan dasar peridotit yang menunjukkan derajat tingkat serpentinisasi yang tinggi. *Ore Type* pada Blok Timur umumnya memiliki kandungan nikel lebih rendah dibandingkan dengan bijih tipe Barat. Pada profil laterit *ore zone* diklasifikasikan berdasarkan kandungan nilai nikel. Menurut Waheed Ahmad, pembagian blok pada PT. Vale Indonesia, Tbk. diklasifikasikan sebagai berikut:

Class. Parameters	WEST BLOCK ORE TYPES			EAST BLOCK & PETEA ORE TYPES			
	-1"	-1"	-1"	-1"	-1"	-6"	-18"
Main ore types	Type-1	Type-2	Type-3	Hi Olivine	Lo Olivine		
Ultramafic rock	Generally harzburgite with some dunite			Generally lherzolite at Sorowako East Block; generally harzburgite at Petea.			
Level of serpentinisation	Nil	Low	Low	Low	Medium	High	V. High
Magnetic susceptibility	Very low			Generally low		Very high	
SiO ₂ /MgO ratio	2.2 – 2.6			1.8 – 2.0	1.6 – 1.8	1.4 – 1.6	
Iron content	High: 20-24%			High: 20-24%		Low: 15-18%	
Optimum screen size (upgrading)	-1"			-1"	-1"	-6"	-18"
Screen recovery ROM to DKP	25-30%			35%	35%	50%	60%
Alternate screen size to improve screen recovery	No alternate size available			No alternate size	-6"	-18"	Entire ROM
Screen recovery using alternate size	No alternate size available			No alternate size	50%	60%	67%
Hardness of boulders	Extremely hard	Very hard		Medium hard	Medium hard	Soft	Soft
Fracture density	Very low	Medium	Medium	Medium	High	Very high	Very high
Difficulty of mining	High	Medium (+)	Medium (-)	Low	Low	Low	Low
Saprolite thickness drilled by auger	<1.5m	1.5 – 4.5 m	>4.5m	Note used for classifying East Block ore types			
Olivine content in the beneficiated ore	Medium	Medium	Medium	Low	Low	Low	Low
Olivine content in the rocky fraction	High			High	Low	Low	Low
OB thickness	Medium			Generally high except at Petea			
Ore thickness	High			Medium			

Gambar 9. Pembagian blok pada PT Vale Indonesia (Waheed Ahmad, 2005; 2 – 3)

2.2.6 Geomorfologi

Menurut Dibyosaputro (1998, dalam Puguh Dwi Raharjo 2013; 1), geomorfologi merupakan sebuah ilmu yang mempelajari tentang bentukan permukaan bumi, dimana fokusnya pada genesa dan kelingkuangannya serta n sebagai bukti adanya proses geologi yang terjadi pada suatu daerah. Wandan Sumphada E.S (2009; 1). Aspek pendekatan geomorfologi ini ri 4 aspek, yaitu morfogenesis, morfologi, morfogenesis, morfokronologi



dan morfoaransemen (Romi Marsell, 2013; 2). Penelitian kali ini akan berfokus pada aspek morfologi.

Aspek morfologi terbagi menjadi 2 yaitu morfografi dan morfometri. Morfometri merupakan metode analisa yang bersifat kuantitatif suatu daerah, dimana aspek aspek yang umumnya ditinjau adalah kemiringan lereng, panjang lereng, bentuk lereng, elevasi, perbedaan elevasi dan lainnya (Wandan Sumpada E.S., 2009; 1-2) sedangkan morfografi merupakan metode analisa permukaan bumi berdasarkan ketinggian dari topografi suatu wilayah (Van Zuidam, 1985 dalam Mirai Suchayla Adiba dkk., 2021: 73). Berdasarkan klasifikasi ketinggian absolut Van Zuidam (1985) dalam Titin Umi Rahayu (2020 : 4) yang dikaitkan dengan unsur morfografi, maka salah satu standarisasi aspek morfometri dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Klasifikasi ketinggian absolut (Van Zuidam,1985)

Ketinggian Absolut (Meter)	Unsur Morfografi
< 50	Dataran Rendah
50 – 100	Dataran rendah pedalmana
100 – 200	Perbukitan rendah
200 – 500	Perbukitan
500 – 1500	Perbukitan tinggi
1500 – 3000	Pegunungan
> 3000	Pegunungan Tinggi

Tabel 3. Klasifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam,1985)

Keadaan Lereng		Nama Lereng
°	%	
0° - 2	0 – 2%	Datar hingga Hampir Datar
2° - 4°	2 – 7%	Agak Miring
4° - 8°	7 – 15%	Miring
8° - 16°	15 – 30%	Agak Curam



Keadaan Lereng		Nama Lereng
°	%	
16° - 35°	30 – 70%	Curam
35° - 55°	70 – 140%	Sangat Curam
>55°	>140%	Curam Sekali

2.2.7 Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Inverse Distance Weighting (IDW) merupakan suatu metode geostatistika terkait interpolasi yang digunakan untuk menaksir nilai pada lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data sekitarnya (Hendro Purnomo, 2018;49). Metode ini menggunakan penaksiran dari *average* dari nilai suatu titik bor terhadap wilayah disekitarnya. Wilayah yang berdekatan dengan titik bor akan mendapatkan bobot yang lebih besar jika dibandingkan dengan wilayah terluar dari titik bor tersebut (Agus Haris, 2005 dalam Arham Rahmat, 2021; 21 -23)

Metode IDW secara langsung mengimplementasikan asumsi bahwa sesuatu yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan yang saling berjauhan. Untuk menaksir sebuah nilai di setiap lokasi yang tidak di ukur, IDW akan menggunakan nilai-nilai ukuran yang mengitari lokasi yang akan ditaksir tersebut. Pada metode IDW, diasumsikan bahwa tingkat korelasi dan kemiripan antara titik yang ditaksir dengan data penaksir adalah proporsional terhadap jarak. (Hendro Purnomo, 2009; 53)

Pada tahapan prospeksi dan eksplorasi pendahuluan kegiatan eksplorasi nikel laterit, metode ini sering digunakan karena memiliki keunggulan dalam dalam proses perhitungannya metode ini lebih sederhana dan hanya memerlukan minimal data yang terbilang sedikit yaitu 14 data apabila sebaran datanya cukup mewakili (Yasrebi dkk, 2009 dalam Hendro Purnomo 2018; 50). Kekurangan dari metode ini adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data yang tersampel.

Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat yang gan dengan variasi lokal. Jika sampelnya agak jarang dan tidak merata, kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan.

