

SKRIPSI

**“PENENTUAN *ROCK TYPE* BERDASARKAN METODE RQD
TERHADAP PROSES PENAMBANGAN *WEST BLOCK*
SOROWAKO PADA PT VALE INDONESIA PROVINSI
SULAWESI SELATAN”**

Disusun dan diajukan oleh

**DIAZ AFIFAH AMIN
D061191090**



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

**GOWA
2024**

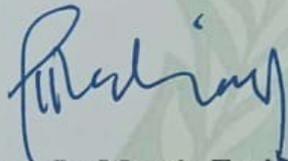
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENENTUAN *ROCK TYPE* BERDASARKAN METODE RQD
TERHADAP PROSES PENAMBANGAN *WEST BLOCK*
SOROWAKO PADA PT VALE INDONESIA PROVINSI
SULAWESI SELATAN****Disusun dan diajukan oleh****DIAZ AFIFAH AMIN
D061191090**

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

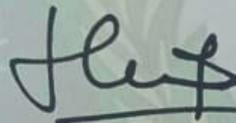
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Ir. Meutia Farida, S.T., M.T.
NIP. 19721003 200012 2 001



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Diaz Afifah Amin

NIM : D061191090

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul
"Penentuan *Rock Type* Berdasarkan Metode RQD terhadap Proses Penambangan
West Block Sorowako pada PT. Vale Indonesia Tbk Provinsi Sulawesi Selatan "

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

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

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

Gowa, Agustus 2024



Diaz Afifah Amin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur semoga selalu terpanjatkan kehadirat Allah SWT atas segala hidayah dan rahmat-Nyalah sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENENTUAN *ROCK TYPE* BERDASARKAN METODE RQD TERHADAP PROSES PENAMBANGAN WEST BLOCK SOROWAKO PADA PT VALE INDONESIA PROVINSI SULAWESI SELATAN**” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Strata 1 (S1). Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang telah telah membawa kita dari alam kegelapan menuju alam terang benderang seperti sekarang ini. Skripsi ini penulis susun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama kurang lebih 3 bulan di PT Vale Indonesia Tbk. dan juga telah dilakukan analisis di kampus serta telah melewati masa bimbingan yang cukup baik.

1. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing penulis yang telah membimbing selama masa perkuliahan serta telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi selama ini.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama menyusun Skripsi dan telah memberikan ilmu dalam perkuliahan selama ini yang telah banyak membantu penulis selama ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Busthan Azikin, M. T. sebagai Dosen Penguji dari penulis yang telah memberikan waktu dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Sultan, S. T., M. T. sebagai Dosen Penguji dari penulis yang telah memberikan waktu dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen Pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan, bantuan dan nasehatnya selama ini.
6. Bapak dan Ibu staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
7. Ibu **Nurlis Haddad** yang doanya tidak pernah berhenti mengalir, yang telah menjadi ibu sekaligus sahabat, serta sandaran yang begitu penulis kagumkan.

Terimakasih karena hingga detik ini ibu selalu sabar dan bertahan dalam masa-masa yang sulit untuk selalu menemani penulis dalam keadaan paling terpuruk sekalipun ibu berada dalam posisi yang terpuruk juga. Bapak **Muhammad Amin Syah** yang saat ini telah berpulang ke pangkuan Allah semoga bapak bisa melihat perjuangan penulis dalam menyelesaikan pemetaan penulis. Terimakasih karena telah menjadi bapak yang begitu hangat dalam menyayangi dan mencintai penulis dengan sepenuh hati, mungkin penulis tidak bisa seperti sekarang tanpa dukungan dan motivasi bapak dalam menyelesaikan studi penulis.

8. Kepada Jamaluddin Amin, Fitriati Amin dan Rini Nurhaeni Amin yang menjadi *support system* penulis
9. Bapak Frans Attong sebagai pembimbing dalam melakukan pengambilan data Tugas Akhir di PT Vale Indonesia Tbk.
10. Bapak Moh. Erwin Syam Noor yang telah memberikan banyak masukan dan saran kepada penulis dalam melakukan pengambilan data Tugas Akhir di PT Vale Indonesia Tbk.
11. Kak Indrawahyu A, kak Agus Munthe dan kak Aidul Fauzi Amri yang selalu sabar serta memberikan pengalaman dan ilmunya kepada penulis selama melakukan pengambilan data Tugas Akhir di PT Vale Indonesia Tbk.
12. Saudari Asyifah dan Ismi Zalsabilla yang menjadi tempat berkeluh kesah serta pendengar yang baik untuk penulis selama penulis melakukan penelitian sampai sekarang.
13. Teman-teman Lab Geologi Teknik yang selalu memberikan dukungan moral dan membantu penulis dalam asistensi ke pembimbing .
14. Saudara Reynaldi Dwi Cahyo yang telah memberikan dukungan moral dan membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir.
15. Saudari Alfia Nur Hidayah yang selalu menemani penulis untuk mengerjakan penelitian secara bersama-sama
16. Teman-teman Teknik Geologi Universitas Hasanuddin Angkatan 2019 (Jaeger) yang banyak memberikan dukungan.
17. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir

Penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam penyusunan Skripsi ini. Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu berbagai saran dan kritikan sangat diperlukan agar menjadi pelajaran dalam penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya Terimakasih.

Gowa, Juli 2024

Penulis

ABSTRAK

DIAZ AFIFAH AMIN. Penentuan Rock Type Berdasarkan Metode RQD terhadap Proses Penambangan *West Block* Sorowako pada PT. Vale Indonesia Tbk Provinsi Sulawesi Selatan (dibimbing oleh Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. dan Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.)

Seringkali kadar nikel terbaik berada di sepanjang zona-zona rekahan (fracture) yang intensif dengan topografi yang mendukung. Densitas rekahan pada bantuan ultramafik berperan penting selama proses laterisasi yang mempengaruhi kadar nikel. Penelitian ini dilakukan pada PT Vale Indonesia Tbk. Daerah Konde, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui peran RQD dalam penentuan rock type serta sebaran kadar nikel, mengetahui rekonsiliasi penambangan pada data aktual pengeboran dan data blok model, dan mengetahui tingkat resiko dan tingkat kesulitan dalam penambangan bijih nikel (ore). Metode dalam penelitian kali ini menggunakan pengamatan *corebox* berupa rekahan pada boulder (*Fracture Density*) melalui analisis *Rock Quality Designation (RQD)*. Adapun hasil yang dapat disimpulkan pada penelitian kali ini yaitu pada daerah penelitian termasuk dalam *rocktype* WT1 UF, WT 1 dan WT2. Perbandingan data aktual pengeboran dan data blok model termasuk dalam *overcut*. Tingkat resiko dan tingkat kesulitan dalam penambangan berada dalam level rendah.

Kunci : Nikel, *Rock Type*, Rekonsiliasi, *Fracture Density*, *Rock Quality Designation*

ABSTRACT

DIAZ AFIFAH AMIN. *Determination of Rock Type Based on the RQD Method for the West Block Sorowako Mining Process at PT. Vale Indonesia Tbk South Sulawesi Province (supervised by Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. dan Dr. Eng. He ndra Pachri, S.T., M.Eng..)*

Often the best nickel grades are along intensive fracture zones with favorable topography. Fracture density in ultramafic relief plays an important role during the laterization process that affects nickel content. This research was conducted at PT Vale Indonesia Tbk. Konde area, South Sulawesi province. The objectives of this study are to determine the role of RQD in determining rock type and distribution of nickel content, to determine mining reconciliation on actual drilling data and model block data, and to determine the level of risk and difficulty in mining nickel ore. The method in this research uses corebox observation in the form of fractures in the boulder (Fracture Density) through Rock Quality Designation (RQD) analysis. The results that can be concluded in this research are that the research area is included in the WT1 UF, WT 1 and WT2 rocktypes. Comparison of actual drilling data and model block data is included in the overcut. The level of risk and difficulty in mining is at a low level.

Key words: Nickel, Rock Type, Reconciliation, Fracture Density, Rock Quality Designation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Geologi Regional	4
2.2 Batuan Ultramafik.....	8
2.3 Ofiolit.....	9
2.4 Endapan Laterit.....	11
2.5 Rock Quality Designation (RQD).....	16
2.6 Pembagian Tipe Ore PT. Vale Indonesia.....	18
2.7 Rekonsiliasi.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi Penelitian.....	24
3.2 Metode Penelitian	25
3.2.2 Pengolahan Data	25

3.2.3	Penyusunan Laporan.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1.	Analisis <i>Rocktype</i>	27
4.1.2	Analisis <i>Rock Type</i>	28
4.2.2	Hubungan <i>Rock Type</i> dan Kemiringan Lereng Terhadap Distribusi Kadar Ni	30
4.2.2	Korelasi Kemiringan Lereng Terhadap Kadar Ni	32
4.3	Rekonsiliasi Data	33
4.4	Tingkat Resiko dan Tingkat Kesulitan Penambangan	35
BAB V KESIMPULAN		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta geologi Regional daerah Penelitian termasuk kedalam Geologi regional Lembar Malili.....	6
Gambar 2 Struktur dan Litologi utama pulau Sulawesi.....	7
Gambar 3 Sifat fisik ofiolit menurut Penrose Field Conference, 1972.....	10
Gambar 4 Pembentukan Ofiolit (Penrose Field Conference, 1972)	11
Gambar 5 Generalisasi profil laterit (Elias, 2002)	14
Gambar 6 Peta Adminitrasi Penelitian	24
Gambar 7 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 8 Singkapan Dunit didaerah Konde South	27
Gambar 9 Perhitungan RQD Hole ID C156650Z.....	28
Gambar 10 Perhitungan RQD Hole ID C146183Z.....	29
Gambar 11 Perhitungan RQD Hole ID C364976.....	30
Gambar 12 Peta Hubungan Rock Type dan Kadar Nikel Daerah Penelitian.....	31
Gambar 13 Sayatan Peta Rock Type A-B	31
Gambar 14 Peta Kemiringan Lereng dan Korelasinya Terhadap Kadar Ni.....	33
Gambar 15 Peta Rock Type.....	34
Gambar 16 Peta Persebaran Pinnacle pada Daerah Penelitian.....	35
Gambar 17 Peta Ore Thickness.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan RQD dan kualitas massa batuan (Deere, 1989).....	17
Tabel 2 Klasifikasi Tipe Bijih Pada Sorowako dan Petea (Ahmad, 2009).....	19
Tabel 3 Kelas Kemiringan Lereng	33
Tabel 4 Hasil Rekonsiliasi Data Daerah penelitian.....	34
Tabel 5 Parameter Tingkat Resiko dan Tingkat Kesulitan Penambangan.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Perhitungan *Rock Quality Designation*
2. Data Spreadsheet Analisis Geokimia

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
%	Persen
➤	Lebih dari
±	Kurang lebih
RQD	<i>Rock Quality Designation</i>
WT 1 UF	<i>West Type 1 Unfracture</i>
WT 1	<i>West Type 1</i>
WT 2	<i>West Type 2</i>
WT3	<i>West Type 3</i>
Ni	Nikel
Fe	Besi
Mg	Magnesium
OT	<i>Ore Thickness</i>
BOR	<i>Bottom Ore</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel laterit diartikan sebagai suatu endapan bijih nikel yang terbentuk dari proses laterisasi pada batuan ultramafik yang mengandung Ni dengan kadar tinggi dan pada umumnya terbentuk pada daerah tropis dan subtropis. Laterit memiliki tiga zona yaitu limonit, saprolit, dan bedrock atau batuan dasar. Kandungan Ni di batuan asal berkisar 0.28 % dan dapat mengalami kenaikan menjadi 1% sebagai konsentrasi sisa (residual concentration) pada zona limonit (Ahmad, 2009)

Endapan laterit Sorowako merupakan sumber logam nikel dan telah ditambang oleh PT. Vale Indonesia sejak tahun 1975. Eksplorasi awal di wilayah Sorowako menunjukkan adanya dua bedrock berbeda yang mendasari endapan laterit. Di bagian barat wilayah Sorowako, endapan laterit terdiri atas peridotit yang ditandai dengan adanya batu besar dan keras dengan tingkat serpentinisasi rendah – tidak terserpentinisasi. Di bagian timur wilayah Sorowako endapan laterit terdiri dari batuan dasar peridotit yang menunjukkan berbagai tingkat serpentinisasi (Ahmad, 2009)

Perbedaan pada batuan dasar, struktur batuan, tatanan tektonik serta topografi menjadi faktor penting yang mempengaruhi pengkayaan nikel pada profil laterit. Golightly (1979) menyatakan bahwa seringkali kadar nikel terbaik berada di sepanjang zona-zona rekahan (fracture) yang intensif dengan topografi yang mendukung. Densitas rekahan pada batuan ultramafik berperan penting selama proses laterisasi yang mempengaruhi kadar nikel.

Adanya struktur dan tektonik pada daerah penelitian mengakibatkan terbentuknya rekahan-rekahan pada batuan yang mempengaruhi kadar serta kualitas massa batuan yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan kegiatan penambangan eksplorasi dan penambangan. Sehingga hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“Penentuan *Rock Type* Berdasarkan Metode RQD terhadap Proses**

Penambangan West Block Sorowako pada PT. Vale Indonesia Tbk Provinsi Sulawesi Selatan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

- a. Bagaimana hubungan RQD dalam penentuan *rock type*
- b. Bagaimana hubungan *rock type* dan morfologi dalam penentuan kadar nikel
- c. Bagaimana hasil rekonsiliasi penambangan pada data aktual pengeboran dan data blok model
- d. Bagaimana tingkat resiko dan tingkat kesulitan dalam penambangan bijih nikel (ore)

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui hubungan RQD dalam penentuan *rock type*
- b. Mengetahui hubungan *rock type* dan morfologi dalam penentuan kadar nikel
- c. Mengetahui hasil rekonsiliasi penambangan pada data aktual pengeboran dan data blok model
- d. Mengetahui tingkat resiko dan tingkat kesulitan dalam penambangan bijih nikel (ore)

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui bagaimana sebaran kadar nikel melalui rekahan batuan dan morfologi daerah penelitian serta sebagai acuan dalam perencanaan eksplorasi bahan tambang nikel serta memberikan ilmu bagi para pembacanya.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini meliputi pengamatan rekahan batuan dasar melalui *core box* pada zona *saprolite boulder* dan *bedrock* menggunakan metode RQD, melakukan interpretasi sebaran kadar Ni dan morfologi terhadap data hasil analisis geokimia *X-Ray Flouresence* (XRF) menggunakan metode *Inverse Distance Weighted*

(IDW), serta melakukan estimasi ore menggunakan data aktual dan data blok model dari lubang bor.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Menurut Sukanto (1975) dalam Hall & Wilson (2000) Sulawesi dibagi menjadi beberapa provinsi tektonik, dari barat ke timur ; Busur Pluton-Vulkanik Sulawesi Barat, Lajur Metamorfik Sulawesi Tengah, Ofiolit Sulawesi Timur dan Mikro-kontinen Banggai-Sula dan Buton-Tukang Besi. Daerah penelitian termasuk dalam provinsi Ofiolit Sulawesi Timur. Secara regional daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Malili Skala 1 : 250.000 yang dipetakan oleh Simandjuntak, dkk (1979).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Secara morfologi daerah dalam Lembar Malili dapat dibagi atas 4 satuan : Daerah Pegunungan, Daerah Pebukitan, Daerah Karst dan Daerah Pedataran.

Daerah Pegunungan menempati bagian barat dan tenggara lembar Malili. Di bagian barat terdapat 2 rangkaian pegunungan: Pegunungan Tineba dan Pegunungan Koro-Ue yang memanjang dan baratlaut - tenggara, dengan ketinggian antara 700-3016 m di atas permukaan laut dan dibentuk oleh batuan granit dan malihan. Sedangkan di bagian tenggara lembar peta terdapat Pegunungan Verbeek dengan ketinggian antara 800 - 1346 m di atas permukaan laut, dibentuk oleh batuan ultramafik dan batugamping. Puncak-puncaknya antara lain G. Baliase (3016 m), G. Tamboke (1838 m), Bulu Nowinokel (1700 m), G. Kaungabu (1760 m), Buhi Taipa (1346 m), Bulu Ladu (1274 m), Bulu Burangga (1032 m) dan Bulu Lingke (1209 m). Sungai-sungai yang mengalir di daerah ini yaitu S. Kalaena, S. Pincara, S. Rongkong, S. Larona dan S. Malili merupakan sungai utama. Pola aliran sungai umumnya dendritik.

2.1.2 Stratigrafi

Berdasarkan himpunan batuan, struktur dan biostratigrafi, secara regional Lembar Malili termasuk Mendala Geologi Sulawesi Timur dan Mendala Geologi Sulawesi Barat, dengan batas sesar Palu koro yang membujur hampir utara-selatan.

Mendala Geologi Sulawesi Timur dapat dibagi menjadi dua lajur (Telt): lajur batuan malihan dan lajur ofiolit Sulawesi Timur yang terdiri dari batuan ultramafik dan batuan sedimen petagos Mesozoikum. Di Mendala Geologi Sulawesi Timur, batuan tertua adalah batuan ofiolit yang terdiri dari ultramafik termasuk harzburgit, dunit, piroksenit, wehrlit dan serpentinit, setempat batuan mafik termasuk gabro dan basal. Umurnya belum dapat dipastikan, tetapi diperkirakan sama dengan ofiolit di lengan timur Sulawesi yang berumur Kapur – Awal Tersier (Simandjuntak, 1979).

Lajur ofiolit Sulawesi Timur

MTosu Batuan Ultramafik terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit dan dunit, sebagai berikut:

Harzburgit, hijau sampai kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Mineralnya halus sampai kasar, terdiri atas olivin (60%) dan piroksen (40%). Di beberapa tempat menunjukkan struktur perdaunan. Hasil penghabluran ulang pada mineral piroksen dan olivine mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi.

Lherzolit, hijau kehitaman; hotokristalin, padu dan pejal. Mineral penyusunnya ialah olivin (45%), piroksen (25%), dan sisanya epidot, yakut, klorit dan bijih dengan mineral berukuran halus sampai kasar.

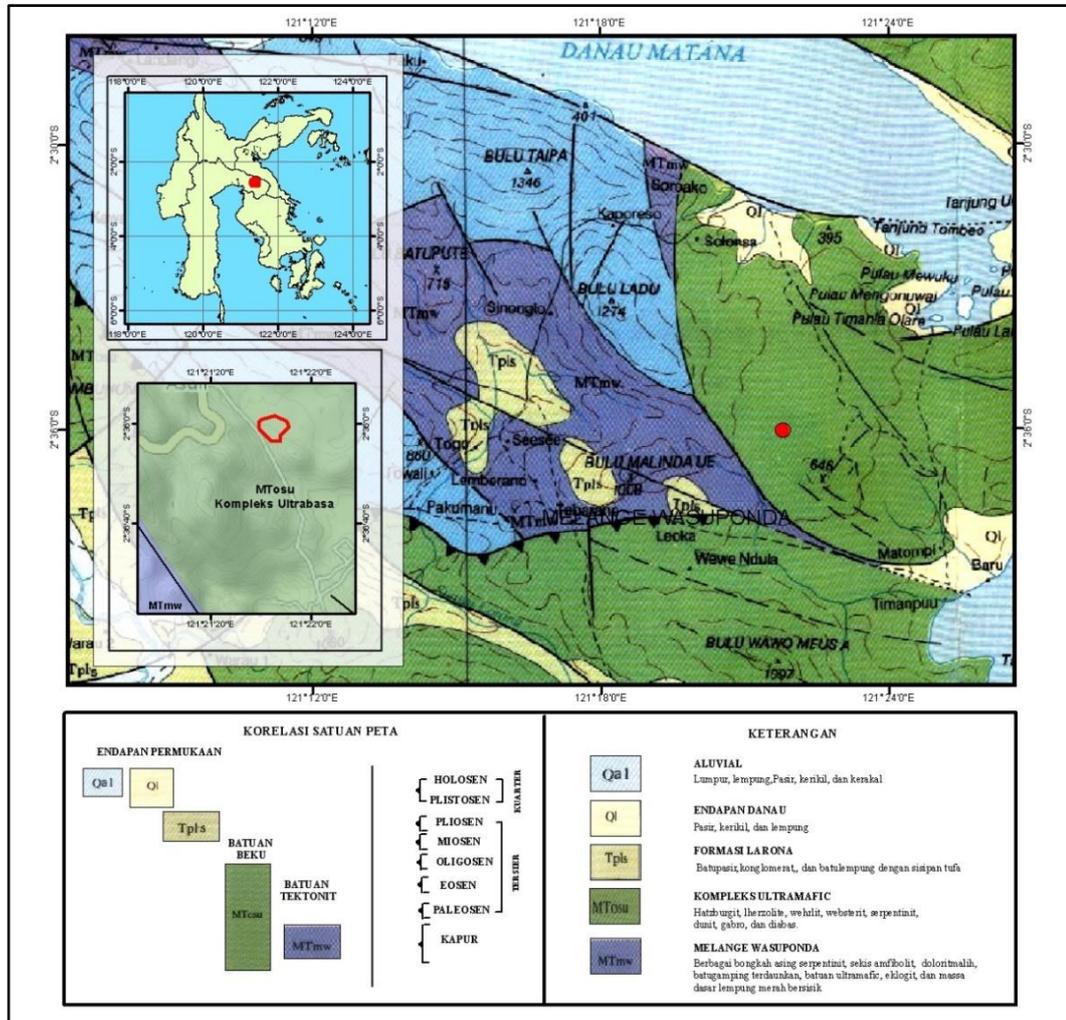
Wehrlit, bersifat padu dan pejal; kehitaman; bertekstur afanitik. Batuan ini tersusun oleh mineral olivin, serpentin dan piroksen.

Websterit, hijau kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Batuan ini terutama tersusun oleh mineral olivin dan piroksenkilno berukuran halus sampai sedang. Juga ditemukan mineral serpentin, klorit, serisit dan mineral kedap cahaya. Batuan ini telah mengalami penggerusan, hingga di beberapa tempat terdapat pemilonitan dalam ukuran sangat halus yang memperlihatkan struktur kataklas.

Serpentinit, kelabu tua sampai kehitaman; padu dan pejal. Batuannya bertekstur afanitik dengan susunan mineral antigorit, lempung dan magnetit. Umumnya memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar yang berukuran megaskopis.

Dunit, kehitaman; padu dan pejal, bertekstur afanitik. Mineral penyusunnya ialah olivin, piroksen, plagioklas, sedikit serpentin dan magnetit; berbutir halus sampai sedang. Mineral utama Olivin berjumlah sekitar 90%: Tampak adanya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada piroksen.

Mencirikan adanya gejala deformasi yang dialami oleh batuan ini. Di beberapa tempat dunit terserptinkan kuat yang ditunjukkan dari struktur sisa seperti jaring dan barik-barik mineral olivine dan piroksen; serpentin dan talc sebagai mineral pengganti.



Gambar 1 Peta geologi Regional daerah Penelitian termasuk kedalam Geologi regional Lembar Malili

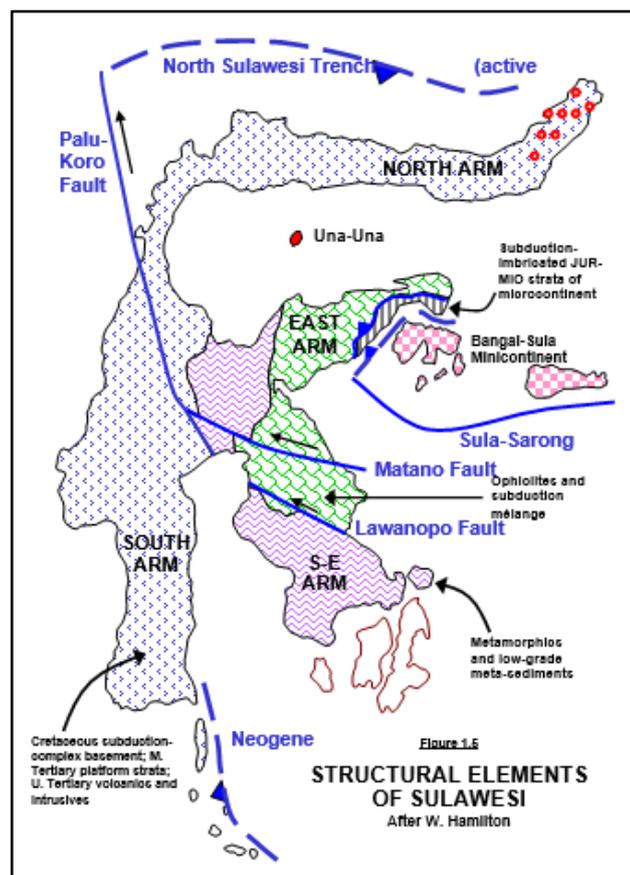
2.1.3 Struktur dan Tektonik

Struktur penting di daerah ini adalah sesar lipatan, selain itu terdapat kekar dan perdaunan. Secara umum kelurusan sesar berarah barat laut-tenggara. Yang terdapat di daerah ini berupa sesar naik, sesar sungkup, sesar geser dan sesar turun, yang diperkirakan sudah mulai terbentuk sejak Mesozoikum. Beberapa sesar utama tampaknya aktif kembali. Sesar Matano dan sesar Palu-Koro merupakan sesar

utama berarah barat-laut-tenggara, dan menunjukkan gerak mengiri. Diduga kedua sesar itu masih aktif sampai sekarang.

Sesar lain yang lebih kecil berupa tingkat pertama dan/atau kedua yang terbentuk bersamaan atau setelah sesar utama tersebut. Dengan demikian sesar-sesar ini dapat dinamakan Sistem Sesar Matano-Palu-Koro.

Perkembangan tektonik dan sejarah pengendapan batuan sedimen di daerah ini tampaknya sangat erat hubungannya dengan perkembangan Mendala Banggai-Sula yang sudah terkeratonkan pada akhir Paleozoikum (Simandjuntak dkk,1979).



Gambar 2 Struktur dan Litologi utama pulau Sulawesi

2.1.4 Sumber Daya Mineral dan Energi

Bahan galian yang terdapat di Lembar Malili di antaranya nikel, bijih besi, kromit, emas, batugamping, granit, basal, andesit, batubara, pasir dan kerikil bijih nikel pada saat ini sedang ditambang oleh PT. Vale. Bijih tersebut biasanya terdapat dalam endapan laterit berasal dari batuan ultramafik yang melapuk. Di samping itu

bijih besi yang potensial terdapat pada bagian atasnya (sebagai penudung) yang biasanya berupa daerah-daerah datar (Sukanto, 1975).

2.2 Batuan Ultramafik

Menurut Ahmad (2009), Batuan Ultramafik merupakan batuan yang terdiri dari mineral-mineral yang bersifat mafik (ferromagnesian), seperti olivin, piroksin, hornblend dan mika. Semua batuan ultramafik memiliki indeks warna $>70\%$.

Perlu diperhatikan bahwa istilah “ultrabasa” dan “ultramafik” tidak identik. Sebagian besar batuan ultramafik juga ultrabasa, sementara tidak semua batuan ultrabasa yang ultramafik. Dengan demikian batuan yang kaya akan feldspathoid merupakan ultrabasa namun bukan batuan ultramafik, karena tidak mengandung mineral ferromagnesian (Ahmad, 2009).

Berikut adalah jenis – jenis dari batuan ultramafik, antara lain:

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri dari atas harsburgit, lertzolit, werlite dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit dan garnet.

2. Piroksinit

Menurut Waheed Ahmad (2009), piroksinit merupakan kelompok batuan ultramafik monomineral dengan kandungan mineral yang hampir sepenuhnya adalah piroksin. Dalam hal ini Piroksinit diklasifikasikan lebih lanjut apakah masuk kedalam Piroksin ortorombik atau monoklin.

- a. Orthopyroxenites: Bronzitites
- b. Clinopyroxenites: Diopsidites; diallagites

3. Hornblendit

Hornblendit merupakan batuan ultramafik monomineral dengan komposisi mineral sepenuhnya hornblende.

4. Dunit

Dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%), umumnya hadir sebagai forsterit atau kristolit, terdapat sebagai sill atau korok-korok halus (dalam dimensi kecil). Ahmad (2009), menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivine (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivine anhidral yang saling mengikat.

Terbentuk batuan yang terdiri dari olivine murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (liquid) berkomposisi olivine memisah dari larutan yang lain.

5. Serpentin

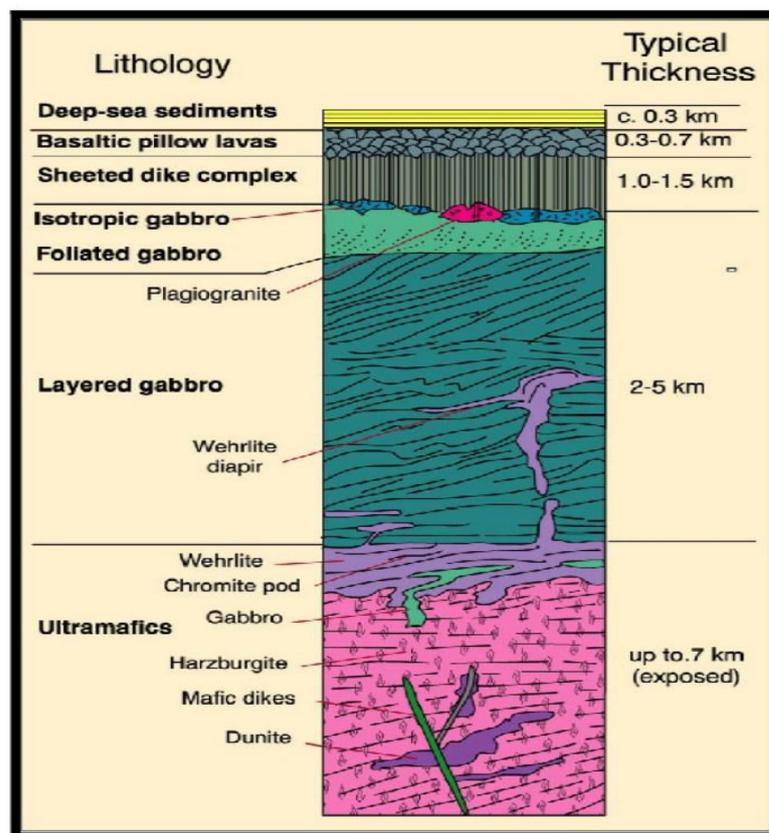
Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultramafik, dimana mineral-mineral olivin dan piroksin jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2009). Serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultramafik (mantel peridotit dan dunit). Dibawah pegunungan tengah samudera (Mid Oceanic Ridge) pada temperatur $<500^{\circ}\text{C}$.

2.3 Ofiolit

Ofiolit merupakan kompleks batuan dengan berbagai karakteristik dari layer ultramafik, dengan ketebalan dari beberapa ratus meter sampai beberapa kilometer bersusun atau berlapis dengan batuan gabro dan batuan dolerite, dan pada bagian atanya tersusun oleh pillow lava dan breksi, sering berasosiasi dengan batuan sediment pelagik (Ringwood, 1975). Sedangkan menurut Hutchison (1983), ofiolit merupakan kumpulan khusus dari batuan mafik-ultramafik dengan batuan beku sedikit kaya asam sodium dan khas berasosiasi dengan batuan sediment laut dalam.

Definisi ofiolit menurut Penrose Field Conference, (1972) adalah sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik yang sekuennya dari bawah ke atas, yaitu :

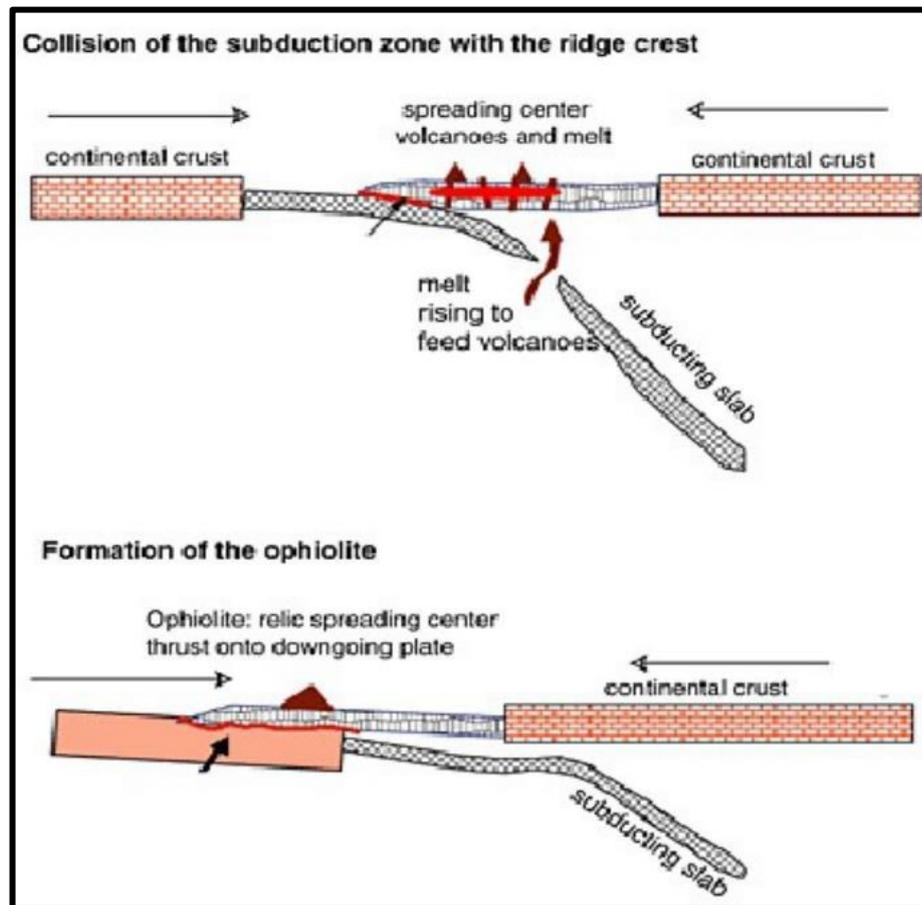
1. Kompleks ultramafik (peridotit termetamorfik), terdiri dari lherzolit, hazburgit dan dunit. Umumnya batuan memperlihatkan struktur tektonik metamorfik (banyak atau sedikit terserpentinisasi).
2. Kompleks gabro berlapis dan gabro massif. Gabro memiliki tekstur cumulus (mencakup peridotit cumulus serta piroksenit). Komplek gabro biasanya sedikit terdeformasi dibandingkan dengan kompleks ultramafik.
3. Kompleks retas berkomposisi mafik (diabas).



Gambar 3 Sifat fisik ofiolit menurut Penrose Field Conference, 1972

Secara litostratigrafi, ofiolit merupakan sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik dengan sekuen dari bawah ke atas, disusun oleh: komplek ultramafik, komplek gabro berlapis dan gabro massif, komplek retas berkomposisi mafik (diabas) dan kelompok batuan vulkanik berkomposisi mafik bertekstur bantal / basalt (Penrose Field Conference, 1972).

Berikut ditunjukkan diagram pembentukan ofiolit pada subduction zone dengan pematang kerak (ridge crust)



Gambar 4 Pembentukan Ofiolit (Penrose Field Conference, 1972)

2.4 Endapan Laterit

Nikel Laterit adalah tanah sisa yang telah berkembang di atas batuan ultramafik melalui proses pelapukan kimia dan proses pengayaan (supergen enrichment). Ketebalannya bervariasi dari beberapa meter hingga 150 meter tergantung pada periode pembentukan laterit.

Istilah "laterite" bisa diartikan sebagai endapan yang kaya akan iron-oxide, miskin unsur silica dan secara intensif ditemukan pada endapan lapukan di iklim tropis. Batuan induk dari endapan Nikel Laterite adalah batuan ultramafik; umumnya peridotite (harzbugit dan lherzolite), dunite dan jenis peridotite yang lain. Endapan laterit yang signifikan memiliki rentang usia dari Paleozoikum hingga Baru-baru ini dan sebagian besar endapan di sabuk tropis saat ini masih mengalami

laterisasi. Endapan laterit semakin menjadi sumber penting nikel dan kobalt primer di dunia, terutama karena endapan sulfida alternatif sedang habis atau tambang yang ada perlu menggali lebih dalam di bawah tanah untuk mengeksploitasi sumber daya yang tersisa (Ahmad, 2009).

Laterit deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah humid, warm maupun tropic dan kaya akan mineral lempung yang bersifat kaolinitic serta Fe- dan Al- oxide/hydroxide. Endapan laterit pada umumnya menampilkan bidang perlapisan yang baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembaban tanah yang naik ke atas permukaan (Maulana, 2013)

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

Berdasarkan proses pembentukannya endapan nikel laterit terbagi menjadi beberapa zona dengan ketebalan dan kadar yang bervariasi. Daerah yang mempunyai intensitas pengkekarannya yang intensif akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekarannya kurang begitu intensif. Batuan ultramafik yang berada di wilayah bercurah hujan tinggi, bersuhu hangat, topografi yang landai, banyak vegetasi (melimpahnya humus), akan mengalami pelapukan membentuk endapan laterit nikel (Burger, 1996).

2.4.1 Profil Nikel Laterit

Menurut Golightly (1981) profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi, yaitu:

1. Zona Limonit (LIM)

Zona ini berada paling atas pada profil dan masih dipengaruhi aktivitas permukaan dengan kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Mineral-mineral penyusunnya adalah goethit, hematit, tremolit dan mineral-mineral lain yang terbentuk pada kondisi asam dekat permukaan dengan relief relatif datar.

Secara umum material-material penyusun zona ini berukuran halus (lempung-lanau), sering dijumpai mineral stabil seperti spinel, magnetit dan kromit.

2. Zona Medium Grade Limonite (MGL)

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

3. Zona Saprolit

Zona saprolit merupakan zona bijih, tersusun atas fragmen-fragmen batuan induk yang teralterasi, sehingga mineral penyusun, tekstur dan struktur batuan dapat dikenali. Derajat serpentinisasi batuan asal laterit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana peridotit yang sedikit terserpentinisasi akan memberikan zona saprolit dengan batuan sisa yang keras, pengisian celah oleh mineral – mineral garnierit, kalsedon-nikel dan kuarsa, sedangkan serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen dengan sedikit kuarsa atau garnierit.

4. Zona batuan induk (Bedrock zone)

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

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4	0.02 to 0.1	25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3		10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Gambar 5 Generalisasi profil laterit (Elias, 2002)

2.4.2 Faktor Pengontrol Laterit

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

a) Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmad, 2009). Menurut Ellias (2005) curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian. Sebenarnya tingkat curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda-beda pula

b) Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2005). Topografi / morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng (Maulana, 2013). Menurut (Ahmad, 2009) tanah laterit membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.

Lereng dengan kemiringan relatif landai – agak curam merupakan kemiringan yang ideal untuk berlangsungnya proses mekanik dan kimia, sehingga menjadi faktor pendukung dalam proses pengayaan unsur Ni. Menurut (Sutisna dkk., 2006), terdapat lima kelas kemiringan lereng yang mempengaruhi proses pengayaan Ni dalam laterit, yaitu:

- Kemiringan lereng $< 10^\circ$, proses kimia $<$ mekanik, kadar Ni kecil, Fe tinggi
- Kemiringan lereng $10 - 20^\circ$, keseimbangan ideal, kadar Ni tinggi
- Kemiringan lereng $20-25^\circ$, proses mekanik relatif $>$ kimia, kadar Ni sedang
- Kemiringan lereng $25-30^\circ$, proses mekanik $>$ kimia, kadar Ni dan Fe kecil
- Kemiringan lereng $> 30^\circ$, proses mekanik $>$ kimia, kadar Ni dan Fe sangat kecil.

Struktur dan pembentukan profil nikel laterit dapat dikaitkan dengan daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. susunan profil lengkap dari atas ke bawah adalah sebagai berikut, yaitu : zona limonit, zona pelindihan (leaching zone) dan zona saprolit yang terletak di atas batuan asalnya.

c) PH

PH menurut (Ahmad, 2009) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis basah melalui hujan asam alami.

d) Tektonik

Tektonisme dapat menghasilkan pengangkatan yang menyebabkan tanah atau batuan tersingkap dan mempercepat proses erosi, menurunkan muka air tanah, dan merubah relief. Untuk menghasilkan pembentukan endapan laterit yang stabil diperlukan kondisi tektonik yang stabil karena dapat mengurangi proses erosi dan memperlambat gerak air tanah (Elias, 2005)

e) Struktur

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

f) Batuan Asal

Laterit Ni – Fe menurut (Ahmad, 2009) dapat berkembang pada batuan yang mengandung mineral ferromagnesian yang cukup. Oleh karena itu batuan ultramafik merupakan batuan yang paling cocok untuk menghasilkan laterit Ni – Fe karena memiliki proporsi mineral ferromagnesian yang tinggi.

2.5 Rock Quality Designation (RQD)

Efisiensi operasi pengeboran dan peledakan di tambang terbuka dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk jenis batuan, kekuatan dan kepadatan serta keberadaan air dan diskontinuitas alami (yaitu rekahan, rongga dan lain-lain). Dalam mengembangkan desain ledakan untuk area pertambangan tertentu, tingkat dan luasnya faktor-faktor ini perlu dievaluasi dan dipertimbangkan sepenuhnya, sehingga fragmentasi yang optimal dan jumlah pergerakan material yang dapat diterima dapat dicapai. Hasil dari pendekatan tersebut akan menghasilkan kinerja ekskavator yang lebih efisien dan produktivitas yang lebih tinggi karena kondisi fragmentasi dan penggalian yang lebih baik serta pengenceran yang lebih sedikit. Untuk menggambarkan model tubuh bijih dalam operasi penambangan, pengambilan sampel inti bor eksplorasi, pemetaan geologi, dan uji laboratorium merupakan cara yang umum dilakukan untuk menentukan sifat fisik batuan serta sifat struktural, misalnya frekuensi rekahan, jarak, orientasi, dan regional versus lokal. Karena biaya yang diperlukan, inti bor umumnya dilakukan pada lubang

dengan area yang luas dengan analisis statistik dan teknik interpolatif digunakan untuk menafsirkan hasil (Khorzoughi, 2017)

Konsep dari klasifikasi RQD ini sederhana yaitu persentase patahan batuan dari total panjang uji bor inti, semakin tinggi nilai RQD maka semakin baik kualitas batuan. Kelemahan RQD adalah pada saat *no recovery* atau pengeboran yang tidak menghasilkan sampel inti, kesulitan dalam mendapatkan data pada batuan aluvium (batuan lunak), hasil sampel inti akan terganggu saat ada isian di antara lapisan batuan dan hasil RQD yang hanya berdasar presentase retakan tidak merepresentasikan parameter kekuatan serta jenis batuannya.

Didefinisikan sebagai persentase dari perolehan inti bor / core yang secara tidak langsung diodadasarkan pada jumlah bidang lemah dan bagian yang lunak dari massa batuan yang diamati dari ini bore (core). Hanya bagian yang utuh dengan panjang lebih besar dari 100 mm (4 inchi) yang dijumlahkan kemudian dibagi panjang total pengeboran (core run) (Deere, 1989). Diameter ini bor (core) harus berukuran minimal NW (54,7 mm atau 2,15 inchi) dan harus berasal dari pemboran menggunakan double-tube core barrel (Deere, 1989).

$$RQD = \frac{\sum \text{Lenght Of Core Pieces} > 1 \text{ cm leng}}{\text{Total Lenght Of Core Run}} \times 100\%$$

Hubungan antara nilai RQD dan kualitas dari suatu massa batuan diperkenalkan oleh Deere (1989) seperti tabel berikut ini.

Tabel 1 Hubungan RQD dan kualitas massa batuan (Deere, 1989)

RQD (%)	Kualitas Batuan
< 25	Sangat Jelek (<i>Very Poor</i>)
25 – 50	Jelek (<i>Poor</i>)
50 – 75	Sedang (<i>Fair</i>)
75 – 90	Baik (<i>Good</i>)
90 – 100	Sangat Baik (<i>Excellent</i>)

Pada lokasi tambang PT. Vale Indonesia Pengukuran fragmen batuan dilakukan untuk mengetahui tipe batuan daerah tambang, Pengklasifikasian tipe tersebut berdasarkan boulder size, Rock Quality Designation (RQD) dan Fracture Density (FRD). Klasifikasi berdasarkan RQD , yaitu:

0 – 25 % = *Fractured area (Type 3)*

25 – 50 % = *Medium fractured area (Type 2)*

50 – 75 % = *Type 1*

75 – 100 % = *Unfractured Area (Type 1)*

2.6 Pembagian Tipe Ore PT. Vale Indonesia

Eksplorasi awal di daerah Sorowako menunjukkan adanya dua batuan yang berbeda yang mendasari endapan laterit. Di bagian barat dari daerah Sorowako (Sorowako West Block), endapan laterit terbentuk melalui proses yang dimana peridotit pada dasarnya tidak terserpentinisasi yang ditandai dengan adanya batu-batu besar dan keras. Nikel dalam endapan ini hadir dalam fraksi yang halus. Di bagian timur dari wilayah Sorowako (Sorowako East Block) Endapan laterit terbentuk dari batuan dasar peridotitik yang menunjukkan berbagai tingkat serpentinisasi. Ketika tingkat serpentinisasi rendah, batuan dasar blok timur yang muncul agak mirip dengan yang Blok Barat. Namun, ketika tingkat serpentinisasi tinggi, batuan dasar Block East dapat menampilkan tingkat kandungan nikel yang tinggi dalam lapisan bijih (Ahmad, 2009).

Jenis endapan laterit Timur dan Barat menunjukkan tanda stratifikasi dengan lapisan limonit-besi yang tinggi bawahnya zona saprolit dan yang paling bawah batuan dasar yang belum teralterasi. Dalam profil laterit umum ini, zona bijih didefinisikan secara ketat atas dasar nilai nikel. Sementara banyak dari bijih (di atas cut of grade) hanya terbatas pada zona saprolit, beberapa nilai bijih berada dalam zona limonit, khususnya di endapan Sorowako Blok Barat. Sementara bijih limonit dan bijih saprolit sangat berbeda satu sama lain, mereka ditambang bersama-sama dan tidak ada pemisahan dilakukan atas dasar ini. Namun, tipe bijih Timur dan Barat dipisahkan sampai ke penempatan tumpukan terpisah dari bijih kering di Dry Ore Storage di pabrik pengolahan (Ahmad, 2009).

Tipe bijih diklasifikasikan di daerah Sorowako-Petea secara sangat praktis yang mengarah ke benefisiasi bijih efektif, menentukan kemudahan pertambangan, dan meningkatkan efisiensi peleburan. Secara umum, parameter utama berikut digunakan untuk klasifikasi bijih (Ahmad, 2009):

1. Jenis batuan ultramafik.
2. Tingkat serpentinisation.
3. Unsur Kimia: silika untuk magnesia rasio & konten besi.
4. Optimum ukuran fraksi untuk upgrade.
5. Tingkat kesulitan pertambangan (tanpa peledakan).
6. Kandungan mineral Olivin

Tabel 2 Klasifikasi Tipe Bijih Pada Sorowako dan Petea (Ahmad, 2009)

Class. Parameters	WEST BLOCK ORE TYPES			EAST BLOCK & PETEA ORE TYPES			
	-1" Type-1	-1" Type-2	-1" Type-3	-1" Hi Olivine	-1" Lo Olivine	-6"	-18"
Main ore types	Generally harzburgite with some dunite			Generally Iherzolite at Sorowako East Block; generally harzburgite at Petea.			
Level of serpentinisation	Nil <5%	Low 5-10%	Low 10-15%	Low 10-15%	Medium 15-25%	High 30-60%	V. High 60-100%
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			

2.7 Rekonsiliasi

Untuk memaksimalkan ketercapaian produksi yang optimal maka dilakukan pembuatan perencanaan penambangan. Perencanaan penambangan dibagi menjadi

rencana jangka panjang, rencana tahunan dan rencana sequence bulanan. Penahapan ini dibuat untuk menjaga kemenerusan produksi pada penambangan dan memberi informasi tentang lokasi-lokasi yang akan ditambang sesuai dengan yang ditargetkan dan sesuai dengan *mineplan design* atau *in of plan* (Didan dan Rizto, 2021)

Dalam kegiatan penambangan, masalah yang sering terjadi yaitu adanya ketidaksesuaian antara rencana penambangan dengan kondisi aktual di lapangan. Ketidaksesuaian ini ditemukan setelah dilakukanya rekonsiliasi antara peta kemajuan tambang dan mineplan design di akhir bulan. Pada proses rekonsiliasi terdapat istilah overcut (kelebihan penggalian berdasarkan rencana), over-stripping (pengupasan melebihi target posisi yang ditentukan) dan undercut (kekurangan penggalian dari target yang telah ditentukan).

Rekonsiliasi merupakan pencocokan antara dua hal atau lebih yang memiliki keterkaitan satu sama lain. Dalam industri pertambangan rekonsiliasi merupakan pencocokan antara rencana penambangan (*mineplan design*) dengan realisasi aktual hasil penambangan di lapangan. Pada rekonsiliasi penambangan terdapat istilah overcut, over-stripping, undercut dan *in of plan* (Eddy dan Swardi, 2015 dalam Didan dan Rizto, 2021).

2.6.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Produktivitas alat gali muat dan angkut dipengaruhi oleh waktu edar (*cycle time*), kapasitas *bucket* teoritis, *bucket fill factor*, *swell factor* dan faktor koreksi lainnya. Pengaruh lainnya yaitu densitas dari material dan skill dari operator itu sendiri

a. Overcut

Overcut merupakan bentuk dan jumlah material yang berasal dari penggalian yang melebihi dari rencana elevasi penambangan yang telah direncanakan.

b. Over-stripping

Over-stripping merupakan bentuk dan jumlah material berasal dari penggalian diluar dari batas area rencana penambangan (*boundary*).

c. Undercut

Undercut merupakan bentuk jumlah material yang tidak tertangani dan sudah masuk kedalam perencanaan penambangan.

d. In of plan

In of plan merupakan bentuk dan jumlah material yang telah tergali dan penggalan sesuai dengan target yang telah di rencanakan.

d. Ketersediaan alat mekanis

Faktor ketersediaan alat mekanis merupakan faktor yang menunjukkan kondisi dan kinerja alat mekanis. Hal ini dapat diketahui melalui jam kerja dari alat gali muat, ketersediaan alat berpengaruh langsung terhadap produktivitas dari alat gali muat.

2.6.3 Pengawasan

Menurut Husen (2013) dalam Didan dan Rizto (2021), pengawasan merupakan pengukuran dan perbaikan serta evaluasi terhadap pelaksanaan kerja mulai dari pekerja bawahan hingga atasan, agar rencana yang telah ditargetkan atau dibuat dapat mencapai tujuan-tujuan perusahaan dapat terselenggarakan. Dalam pertambangan banyak hal yang menjadi pengaruh terhadap produktivitas dari alat mekanis yang digunakan. Hal ini menyebabkan naik turunnya produksi dalam suatu periode tertentu. Kinerja operator alat mekanis juga dapat berpengaruh terhadap produksi, maka dari itu pengawasan diperlukan agar operator berkerja dengan baik sehingga dapat meningkatkan produktivitas alat mekanis dan meningkatkan produksi untuk mencapai target