

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN BIJIH  
NIKEL LATERIT PADA BLOK X, PT. VALE INDONESIA TBK.,  
SOROWAKO, SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**SEKAR CHRISTMAULI  
D061181021**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN BIJIH  
NIKEL LATERIT PADA BLOK X, PT. VALE INDONESIA TBK.,  
SOROWAKO, SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**SEKAR CHRISTMAULI**

**D061181021**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 9 Juni 2023 dan dinyatakan  
telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



**Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T.**  
NIP 196509282000031002



**Meinarni Thamrin, S.T., M.T.**  
NIP 197105122008122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



**Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.**  
NIP 197712142005011002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sekar Christmauli  
NIM : D061181021  
Program Studi : Teknik Geologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Bijih Nikel Laterit pada Blok X  
PT. Vale Indonesia Tbk., Sorowako, 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 isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 Juni 2023

Yang Menyatakan

  
Sekar Christmauli

## SARI

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah PT. Vale Indonesia Tbk., Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, tersusun oleh batuan ultramafik yang merupakan sumber utama nikel. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan geokimia profil laterit pada daerah penelitian. Sumber data pada penelitian ini merupakan data hasil pengeboran 120 titik bor pada blok X. Metode yang digunakan adalah melakukan pengamatan dilapangan dan pengambilan data *drillhole*, analisis petrografi dan geokimia menggunakan XRF (*X-Ray fluorescence spectrometry*). Data diolah dengan menggunakan *software Arcgis10.4, Microsoft Excel, Statistical Program for Social Science (SPSS)*. Berdasarkan hasil penelitian, profil laterit daerah penelitian dibagi menjadi 3 zona yaitu zona limonit dengan mineral yang dijumpai yaitu hematit, magnetit, dan unsur yang dominan yaitu Fe (44.11% ), Al (5.77%), Cr (2.01%), zona saprolit dengan mineral yang dijumpai yaitu goetit, garnierit, dan unsur yang dominan yaitu Ni (1.51%), Co (0.024), Mn (0.19%) serta zona *bedrock* dengan mineral yang dijumpai yaitu olivin, piroksin, serpentin dan unsur yang dominan yaitu MgO (35.41%), SiO<sub>2</sub> (42.0%) dan Ca (0.41%). Hasil dari analisis petrografi diketahui bahwa batuan dasar pada daerah penelitian merupakan batuan *harzburgite, wehrlite*, dan *lherzolite* dengan tingkat serpentinisasi yang rendah. Berdasarkan korelasi dan tingkat kekuatan hubungan diketahui Ni memiliki korelasi positif terhadap SiO<sub>2</sub>, MgO. Sebaliknya, Ni memiliki korelasi negatif terhadap Fe, Al, dan Cr. Selain itu Ni tidak memiliki korelasi terhadap Mn, Co, dan Ca. Berdasarkan karakteristik mineralogi dan geokimia diketahui bahwa type nikel laterit pada daerah penelitian termasuk kedalam type *Hydrous Silicate Deposit*

**Kata Kunci** : Limonit; Saprolit; Batuan Dasar; Nikel

## **ABSTRACT**

*The research area is included in the area of PT. Vale Indonesia Tbk., East Luwu Regency, South Sulawesi Province, is composed of ultramafic rocks which are the main source of nickel. Purpose of the research is to determine the mineralogy characteristics and geochemical profiles in the study area. Data source for this research is data from the drilling of 120 drill holes in block X. The method used is field observations and drill hole data collection, petrographic and geochemical analysis using XRF (X-Ray fluorescence spectrometry). Data was processed using Arcgis 10.4 software, Microsoft Excel, Statistical Program for Social Science (SPSS). Based on the results of the study, laterite profile of the study area was divided into 3 zones, namely the limonite zone where the minerals found were hematite, magnetite, and the dominant elements were Fe (44.11%), Al (5.77%), Cr (2.01%), saprolite zone with minerals found namely goethite, garnierite, and dominant elements namely Ni (1.51%), Co (0.024), Mn (0.19%) and bedrock zone with minerals found namely Olivine, Pyroxene, Serpentine and the dominant elements are MgO (35.41%), SiO<sub>2</sub> (42.0%) and Ca (0.41%). The results of the petrographic analysis show that the bedrock in the study area is harzburgite, wehrlite, and lherzolite with a low degree of serpentinization. Based on the correlation and the strength of the relationship, it is known that Ni has a positive correlation with SiO<sub>2</sub> and MgO. Conversely, Ni has a negative correlation with Fe, Al, and Cr. In addition, Ni has no correlation with Mn, Co, and Ca. Based on the mineralogical and geochemical characteristics, it is known that the type of nickel laterite in the study area belongs to the type of Hydrous Silicate Deposit*

**Key word : Limonite; Saprolite; Bedrock; Nickel**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Bijih Nikel Laterit pada Blox X, PT. Vale Indonesia Tbk., Sorowako, Sulawesi Selatan**” dapat penulis selesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, antara lain :

1. **Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T.** sebagai pembimbing pemetaan geologi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga selama memberikan bimbingan dalam pengerjaan laporan pemetaan.
2. **Ibu Meinarni Thamrin, S.T., M.T** sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk penulis dalam melakukan bimbingan untuk menyusun tugas akhir.
3. **Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.** dan **Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS.** sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan laporan pemetaan dan tugas akhir ini.
4. **Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.** sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dalam memberikan ilmu kepada penulis selama ini

5. Bapak **Wanni, S.T.** (*Supervisor Mineral Resources Assessment and Database*) sebagai pembimbing kerja praktik di PT. Vale Indonesia Tbk., atas bimbingan dan arahan selama Kerja Praktik.
6. Tim *Database* yaitu Pak Ahmad, Pak Kristianus, Pak Mashury, Kak Bella, dan Mba Tuti, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
7. Kak Sulaeman, Kak Indra, Kak Wahyu, Kak Resga, dan Kak Agus yang telah membantu dalam pengambilan data serta penyusunan laporan.
8. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, serta memberikan dukungan baik secara materil maupun moril
9. Gloria, Alfiyyah, Fikri, Priadi dan Rahmat yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam penyusunan laporan.
10. Angkatan 2018 (Xenolith) yang saya kasihi dan banggakan atas saran dan bantuannya selama ini.

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

Gowa, Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SARI</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Lokasi Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Geologi Regional .....	4
2.1.1 Geomorfologi Regional .....	4
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	5
2.1.3 Struktur dan Tektonika .....	15
2.1.4 Sumberdaya Mineral .....	17
2.2 Batuan Ultrabasa.....	19
2.3 Endapan Laterit.....	22
2.4 Faktor Pengontrol Endapan Laterit.....	23
2.5 Genesa Endapan Nikel .....	25
2.6 Profil Laterit .....	27
2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit.....	29
2.7.1 Hydrous Silicate Deposits .....	29
2.7.2 Clay Silicate Deposits .....	30
2.7.3 Oxide Deposits.....	31

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Metode Penelitian .....	33
3.2 Tahap Observasi Lapangan .....	33
3.2.1 Tahap Pengeboran (Drilling Operation) .....	33
3.2.2 Tahap Preparasi Sampel.....	35
3.3 Tahap Analisis Data .....	40
3.3.1 Analisis Petrografi .....	40
3.3.2 Analisis XRF .....	40
3.4 Tahap Pengolahan Data .....	41
3.4.1 Proses Validasi Data .....	41
3.4.2 Metode Inverse Distance Weighted (IDW) .....	42
3.5 Tahap Penyusunan Laporan .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1 Karakteristik Profil Laterit.....	44
4.1.1 Lapisan Limonit .....	45
4.1.2 Lapisan Saprolit .....	47
4.1.3 Lapisan <i>Bedrock</i> .....	48
4.2 Karakteristik Geokimia pada Profil Laterit .....	53
4.2.1 Unsur Mayor .....	56
4.2.2 Unsur Minor .....	60
4.2.3 Distribusi Kadar Unsur Ni .....	63
4.3 Hubungan Bijih Nikel Laterit dengan Unsur-Unsur lainnya .....	70
4.3.1 Hubungan Ni dengan Fe .....	72
4.3.2 Hubungan Ni dengan SiO <sub>2</sub> .....	72
4.3.3 Hubungan Ni dengan MgO .....	73
4.3.4 Hubungan Ni dengan Cr .....	74
4.3.5 Hubungan Ni dengan Al .....	75
4.3.6 Hubungan Ni dengan Ca.....	76
4.3.7 Hubungan Ni dengan Co.....	77
4.3.8 Karakteristik Endapan Nikel Laterit .....	77
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan.....	79

5.2	Saran.....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>81</b>

**LAMPIRAN**

**DESKRIPSI PETROGRAFI**

**TABEL KADAR UNSUR DI KEDALAMAN PROFIL LATERIT**

**TABEL KADAR UNSUR 120 TITIK BOR**

**PETA SEBARAN TITIK BOR**

**PETA PENGAMBILAN SAMPEL**

**PETA SEBARAN Ni**

**PETA SEBARAN MgO**

**PETA SEBARAN SiO<sub>2</sub>**

**PETA SEBARAN Fe**

**PETA SEBARAN Al**

**PETA SEBARAN Cr**

**PETA SEBARAN Ca**

**PETA SEBARAN Co**

**PETA SEBARAN Mn**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1	Peta tunjuk lokasi daerah penelitian ..... 3
2.1	Peta geologi regional lembar Bungku, Sulawesi Selatan.....19
2.2	Klasifikasi batuan ultramafik terdiri dari olivin, ortopiroksin, dan clinopiroksin berdasarkan Streckeisen (1976)..... 22
2.3	Klasifikasi batuan ultramafik yang mengandung hornblende berdasarkan Streckeisen (1976) ..... 22
2.4	Generalisasi Profil Laterit (Elias, 2002) ..... 29
2.5	Profil nikel tipe hydrous silicate (Freyssnet et al, 2005). ..... 30
2.6	Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freyssnet et al, 2005)..... 31
2.7	Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet et al, 2005) ..... 32
3.1	Tahap Pemboran pada daerah eksplorasi PT. Vale Indonesia, Tbk..... 34
3.2	Pengambilan data <i>coring</i> ..... 35
3.3	Sampel <i>core</i> hasil pengeboran ..... 35
3.4	Tahapan <i>photo core</i> ..... 36
3.5	Tahapan (a) <i>screening sample</i> , (b) <i>Crushing sample</i> ..... 36
3.6	Tahapan (a) homogenisasi sampel, (b) <i>Quartering Sample</i> ..... 37
3.7	Tahapan (a) timbang basah sampel, (b) Meringkan sampel ..... 37
3.8	Tahapan timbang kering sampel ..... 38
3.9	Tahapan (a) memasukkan sampel ke boyd crusher, (b) <i>splitting sample</i> .... 39
3.10	Tahapan memasukkan sampel kedalam CRM..... 39
3.11	Tahapan (a) <i>Packing sample</i> (b) <i>Sample management</i> ..... 40
3.12	Data Spreadsheet daerah penelitian ..... 41
3.13	Diagram alir penelitian ..... 43
4.1	Profil laterit pada daerah penelitian terdiri dari lapisan limonit, saprolit dan bedrock.....44
4.2	Lapisan Limonit pada blok X PT. Vale Indonesia Tbk. .... 46
4.3	Kenampakan layer limonit yang terdiri atas (a) red limonite, dan (b) yellow limonite pada hole C358892 ..... 46
4.4	Lapisan saprolit pada area tambang PT. Vale Indonesia Tbk. .... 47
4.5	Kenampakan layer saprolit yang masih memiliki tekstur sisa dari batuan asal pada hole C358860 ..... 48
4.6	Batuan dasar penyusun daerah penelitian berupa batuan peridotit..... 49
4.7	Kenampakan bedrock yang memiliki struktur masif pada hole C358834... 49
4.8	Batuan peridotit pada hole C358834 dengan komposisi mineral olivin, piroksin, dan serpentin..... 50

<b>4.9</b>	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan C359025.....	51
<b>4.10</b>	Batuan Harzburgite pada hole C359025 dengan kandungan mineral olivin, ortopiroksin, dan krisotil berdasarkan Klasifikasi Streckeisen (1976).....	51
<b>4.11</b>	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan C358834.....	52
<b>4.12</b>	Batuan Wehrlite pada hole C358834 dengan kandungan mineral olivin, clinopiroksin, dan krisotil berdasarkan Klasifikasi Streckeisen (1976) .....	52
<b>4.13</b>	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan C358892.....	53
<b>4.14</b>	Batuan lherzolite pada hole C358892 dengan kandungan mineral olivin, ortopiroksin, dan clinopiroksin berdasarkan Klasifikasi Streckeisen(1976) 53	
<b>4.15</b>	Chart Profile pada unsur Mayor .....	58
<b>4.16</b>	Box plot unsur mayor pada lapisan limonit .....	59
<b>4.17</b>	Box plot unsur mayor pada lapisan saprolit.....	59
<b>4.18</b>	Box plot unsur mayor pada lapisan bedrock .....	59
<b>4.19</b>	Chart Profile pada unsur Minor.....	61
<b>4.20</b>	Box plot unsur minor pada lapisan limonit .....	62
<b>4.21</b>	Box plot unsur minor pada lapisan saprolit .....	62
<b>4.22</b>	Box plot unsur minor pada lapisan bedrock .....	62
<b>4.23</b>	Histogram distribusi unsur Ni sebanyak 120 titik bor pada daerah penelitian .....	67
<b>4.24</b>	Kenampakan mineral garnierite pada lapisan saprolit .....	67
<b>4.25</b>	Kenampakan garnierit yang mengisi rekahan batuan pada lapisan bedrock	68
<b>4.26</b>	Histogram pada unsur Ni .....	69
<b>4.27</b>	Peta sebaran unsur Ni pada blok X.....	70
<b>4.28</b>	Distribusi kadar Fe yang berkorelasi negatif dengan kadar Ni.....	72
<b>4.29</b>	Distribusi kadar SiO <sub>2</sub> yang berkorelasi positif dengan kadar Ni.....	73
<b>4.30</b>	Distribusi kadar MgO yang berkorelasi positif dengan kadar Ni.....	74
<b>4.31</b>	Distribusi kadar Cr yang berkorelasi negatif dengan kadar Ni.....	74
<b>4.32</b>	Distribusi kadar Al yang berkorelasi negatif dengan kadar Ni.....	75
<b>4.33</b>	Distribusi kadar Mn yang tidak berkorelasi dengan kadar Ni .....	76
<b>4.34</b>	Distribusi kadar Ca yang tidak berkorelasi dengan kadar Ni .....	76
<b>4.35</b>	Distribusi konsentrasi Co yang tidak berkorelasi dengan kadar Ni.....	77

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005).....	32
4.1 Rata-rata nilai unsur setiap kedalaman profil laterit pada 120 titik bor ...	54
4.2 Total kadar unsur pada setiap titik bor daerah penelitian .....	63
4.3 Tingkat korelasi dan kekuatan hubungan (Menurut Jonathan Sarwono, 2006).....	71
4.4 Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssnet, 2005) .....	78

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Pada setiap pulau yang ada di Indonesia selalu memiliki kekayaan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat Indonesia. Salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia yaitu sumber daya endapan nikel laterit. Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Syafrizal 2011; Burger,1996).

Nikel merupakan salah satu sumberdaya alam yang memiliki banyak manfaat seperti pembuatan logam anti karat, campuran pada pembuatan *stainless steel* dan berbagai jenis barang lainnya. Manfaat dari nikel ini membuat nikel sangat berharga dan memiliki nilai jual yang tinggi. Tuntutan terhadap pemenuhan kebutuhan energi oleh suatu perusahaan tambang nikel menjadi acuan perlunya dilakukan kegiatan penambangan. Penambangan nikel dengan kualitas yang memadai merupakan salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan.

Keberadaan endapan nikel laterit di Sulawesi umumnya banyak tersebar, sehingga memiliki perbedaan karakteristik pada sifat fisik yang nampak pada permukaan meliputi jenis laterit, litologi dan kondisi morfologi. Selain itu perbedaan sifat kimia berupa persentase kandungan unsur-unsur kimianya juga dapat berbeda. Oleh karena itu, perlunya dilakukan penelitian ini untuk mengetahui

“Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Bijih Nikel Laterit pada Blok X, PT. Vale Indonesia Tbk., Sorowako, Sulawesi Selatan.”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan studi literatur, rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik mineralogi pada profil laterit daerah penelitian?
2. Bagaimana karakteristik geokimia pada profil laterit daerah penelitian?
3. Bagaimana hubungan Ni terhadap unsur lainnya yang terdapat pada profil laterit daerah penelitian?

## **1.3 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui karakteristik profil laterit berdasarkan pada mineralogi dan geokimia pada daerah penelitian . Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik mineralogi pada profil laterit daerah penelitian.
2. Mengetahui karakteristik geokimia pada profil laterit daerah penelitian.
3. Mengetahui hubungan Ni terhadap unsur lainnya yang terdapat pada profil laterit daerah penelitian.

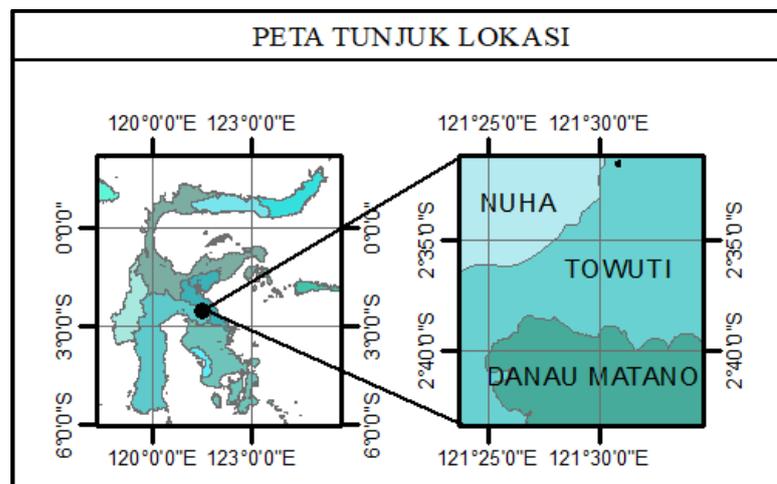
## **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian yang dilakukan, penulis membatasi masalah yang akan diangkat yaitu karakteristik mineralogi dan geokimia pada profil laterit dengan menggunakan data hasil uji laboratoium petrografi dan XRF (*X-Ray fluorescence*

*spectrometry*) yang kemudian diolah menggunakan *software Arcgis10.4, Microsoft Excel, dan Statistical Program for Social Science (SPSS)*.

### 1.5 Lokasi Penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian berada di Daerah Sorowako Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada koordinat  $121^{\circ}30'25'' - 123^{\circ}33'40''$  BT dan  $2^{\circ}31'40'' - 2^{\circ}32'00''$  LS. Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat dari Makassar menuju daerah penelitian pada Daerah Sorowako, Kecamatan Towuti Kabupaten Luwu Timur yang ditempuh sekitar 12 jam dengan jarak sekitar  $\pm 650$  km.



**Gambar 1.1** Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geologi Regional**

Pembahasan geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai morfologi, stratigrafi, tektonika, sumberdaya mineral dan energi, dan struktur geologi regional. Pembahasan tersebut berdasarkan (Simandjuntak, 1997) yang melakukan pemetaan geologi Lembar Bungku, Sulawesi Selatan.

##### **2.1.1 Geomorfologi Regional**

Morfologi di daerah lembar Bungku dapat dibagi menjadi 5 satuan, yaitu dataran rendah, dataran menengah, perbukitan bergelombang, karst dan morfologi pegunungan. Morfologi dataran rendah umumnya mempunyai ketinggian antara 0-50m diatas muka laut. Dataran ini menempati daerah sepanjang pantai timur lembar, kecuali pantai dekat toda, tabo, dan lalompe. Batuan penyusunnya terdiri atas endapan sungai, pantai, dan rawa.

Morfologi dataran menengah menempati daerah sekitar desa Tokalimbu dan Tosea yang terletak di pantai timur danau Towuti , serta daerah yang terletak antara Danau Mahalona dan Bulu Biniu . Dataran ini tersusun oleh endapan danau , dan memiliki ketinggian sekitar 300 m di atas muka laut.

Morfologi perbukitan menggelombang , berketinggian antara 100 dan 400 m di atas muka laut . Perbukitan ini menempati daerah antara S. Ongkaya dan S. Bulu Mbelu, sebelah Utara Peg. Verbeek, sekitar daerah Lamona, sekitar daerah Bahu Mahoni, sekitar kampung Tabo serta disekitar Bulu Talowa. Batuan penyusun perbukitan ini ialah batuan sedimen formasi Tomata.

Morfologi karst, memiliki ketinggian antara 400 dan 800 m di atas muka laut, dicirikan oleh adanya perbukitan kasar, sungai bawah tanah dan dolina. Perbukitan karst meliputi daerah S. Ongkaya, S. Tetambahu, antara S. Bahu Mbelu dan S. Wata, G. Wahombaja, serta daerah perbukitan seletan membentang dari Peg. Wawoombu di Barat sampai Peg. Lalompa di Timur. Daerah perbukitan karst ditempati oleh batuan karbonat dari formasi Tokala, Fm. Matano, dan Fm. Salodik

Morfologi pegunungan menempati hampir separuh daerah lembar, yakni pegunungan sekitar punggung pemisah air Bulu Karoni yang ke arah Barat laut Tenggara, serta punggung pemisah air Wawoombu yang arahnya Barat - Timur laut. Puncak - puncaknya antara lain Bulu Lampesu ( 1068 ) dan Bulu Karoni (1422).

Pola aliran sungai umumnya meranting, beberapa sungai memiliki pola hampir sejajar, yaitu S. Bahodopi, dan S. Wosu. Sungai - sungai yang terletak di sebelah Timur punggung pemisah air Bulu Karoni, mengalir ke arah Timur dan bermuara di Teluk Tolo : yang terletak di sebelah Barat punggung pemisah air Bulu Karoni dan Wawoombu mengalir ke arah Barat dan bermuara di Danau Towuti. Sedangkan sungai yang terletak antara punggung pemisah air Wawoombu dan Bulu Karoni mengalir ke arah selatan dan bermuara di Teluk Tolo dekat Kendari di luar lembar Bungku.

### **2.1.2 Stratigrafi Regional**

Satuan batuan di Lembar Bungku dapat dikelompokkan dan ditempatkan dalam dua mendala, yaitu Mendala Banggai-Sula dan Mendala Sulawesi Timur (Sukanto, 1975a). Mendala Banggai-Sula meliputi Formasi Tokala (TR Jt) terdiri

atas batugamping klastika dengan sisipan batupasir sela, diduga berumur Trias - Jura Awal. Formasi Tokala ditindih secara selaras oleh Formasi Nanaka (Jn) yang terdiri atas konglomerat, batupasir kuarsa mikaan, serpih dan lensa batubara yang diperkirakan berumur Jura Akhir. Formasi Masiku (KJn) terdiri dari batusabak, filit, batupasir, batugamping, berumur Jura Akhir - Kapur Awal. Formasi Salodik (Tems) diendapkan pada Eosen Akhir - Miosen Awal terdiri atas kalsilit, batugamping pasir dan batupasir.

Mendala Sulawesi Timur meliputi Kompleks Ultramafik (Ku) yang sampai saat ini umumnya masih dianggap yang paling tua. Batuannya terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterlit, serpentinit, dunit dan gabro. Secara tektonik Kompleks Ultramafik menindih satuan batuan yang berumur Mesozoikum, baik dari Mendala Banggai-Sula ataupun Mendala Sulawesi Timur. Formasi Matano (Km) terdiri atas kalsilit hablur bersisipan napal, serpih dan rijang diduga berumur Kapur Akhir. Formasi Matano secara tak selaras tertindih oleh Formasi Tomata (Tmpt) yang terdiri dari atas batupasir, lempung, tuf, dan konglomerat dengan sisipan lignit, yang diperkirakan berumur Miosen Akhir - Pliosen. Di beberapa tempat terdapat aluvium (Qa) yang menindih secara tak selaras Formasi Tomata. Aluvium berupa endapan sungai, pantai rawa dan danau, terdiri dari atas kerikil, kerakal, pasir lempung dan sisa tumbuhan. Endapan muda tersebut diduga berumur Plistosen - Holosen.

#### **ENDAPAN PERMUKAAN**

Qa **ALUVIUM** : lumpur, lempung, pasir, kerikil, dan kerakal.

Lempung, berwarna coklat muda sampai coklat tua; kelabu tua sampai kehitaman berselingan dengan pasir, kerikil dan kerakal. Sebagian endapan danau agak padat. Tebal lapisannya beberapa cm sampai puluhan cm. Pasir, berwarna coklat, berbutir halus sampai kasar, perlapisan buruk dan tidak padat. Tebalnya dari beberapa cm sampai puluhan cm. Setempat membentuk struktur perlapisan bersusun, mengandung sisa tumbuhan.

Kerikil dan kerakal, bersifat lepas dan kemas terbuka; komponennya berukuran sampai 5 cm, membulattanggung sampai membulat, terdiri atas kepingan batuan ultramafik, sedimen malih, kuarsit, batugamping terdaunkan dan rijang. Aluvium berupa endapan sungai, rawa, danau dan pantai; diperkirakan berumur Plistosen - Holosen. Sebarannya terdapat di sepanjang tepi danau dan pantai timur Lembar Bungku.

## **BATUAN SEDIMEN**

Mendala Banggai- Sula

**TRJt FORMASI TOKALA** : perselingan batugamping klastika, batupasir sela, wake, serpih, napal dan lempung pasir dengan sisipan argilit. Batugamping klastika, berwarna kelabu muda, kelabu sampai merah jambu, berbutir halus, sangat padu, serta memiliki perlapisan yang baik, dengan kekar yang diisi urat kalsit putih kotor. Umumnya telah mengalami pelipatan kuat; tidak jarang ditemukan sinklin dan antiklin, serta lapisan yang hampir tegak (melebihi  $80^\circ$ ). Setempat terdaunkan.

Batupasir sela, berukuran halus sampai kasar, berwarna kelabu kehijauan sampai merah kecoklatan terakat lempung dan oksida besi lunak, setempat padat, mengandung sedikit kuarsa, berlapis baik. Wake, berwarna kelabu kehijauan

sampai kecoklatan, berbutir sedang sampai kasar, terekat lempung. Perlapisan berkisar dari tidak jelas sampai baik. Di beberapa tempat tampak perlapisan bensusun; tebal lapisan mencapai 50 cm.

Serpih dan napal, berwarna kelabu sampai kekabu tua, memiliki perlapisan baik, tebal lapisan antara 10 - 20 cm. Lempung pasiran, berwarna kelabu sampai kecoklatan, perlapisan baik, tebal lapisan antara 1 - 10 cm berselingan dengan batuan yang disebutkan terdahulu. Argilit, menunjukkan kesan rijang, berwarna kelabu, bebepa sisipan. Batugamping, mengandung fosil Halobia, Amonit dan belemnit yang diperkirakan berumur Trias - Jura Awal dan lingkungan laut dangkal (neritik).

Formasi Tokala tersingkap di bagian selatan dan tenggara Lembar. Sedang nama formasi berdasarkan pada tempat singkapan yang baik di G. Tokala, Lembar Batui (Surono, drr., 1984). Satuan batuan ini berketebalan melebihi 1000 m, secara selaras tertindih Formasi Nanaka dan secara tektonik bersentuhan dengan batuan ultramafik.

Jn **FORMASINANAKA** : konglomerat, batupasir mikaan, serpih dan lensa batubam. Konglomerat, berkomponen batuan gunungapi, granit merah, batuan malihan, kuarsa, serta sedikit rijang. Komponennya membulat tanggung sampai membulat berdiameter sampai 10 cm terekat padu oleh batupasir kecoklatan; berselingan dengan batupasir dan serpih tebal lapisan dapat melebihi satu meter. Batupasir mikaan, berwarna merah kecoklatan, berbutir halus sampai kasar, setempat kerikilan, berlapis baik terekat lempung dan oksida besi, padat, tebal lapisan berkisar antara 3 - 30 cm. Serpih, berbutir halus, berwarna kelabu sampai

kecoklatan, berlapis baik, padat, tebal lapisan mencapai 5 cm. Batubara, berwarna kelabu tua sampai kehitaman, berupa sisipan atau lensa dalam serpih ketebalan sampai 30 cm.

Umur satuan batuan ini diperkirakan Jura, berdasarkan korelasi dengan batuan yang sama di Lembar Poso. Keterdapatannya batubara menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya darat hingga laut dangkal. Formasi Nanaka menyebar di daerah selatan Desa Sawaitole; dibatasi Sesar Matano dan bersentuhan tektonik dengan batuan ultramafik. Tebal seluruh lapisan sulit ditentukan; tetapi di P. Banggai dan Sula dapat mencapai 2000 m (Sukamto, 1975b).

JKm **FORMASI MASIKU** : batusabak, serpih, flit, batupasir, batugamping dengan buncak rijang. Batusabak, berwarna kelabu sampai coklat kehitaman, berlapis baik, padat. Tebal tiap lapisannya sampai 5 cm. Serpih, berwarna kelabu kehitaman, berlapis baik, padat. Tebal tiap lapisannya mencapai 5 cm. Setempat ditemukan lensa tipis dan sisipan batupasir, berwarna kelabu, berbutir kasar, padat. Tebal lensa sampai 0,5 cm. Filit, berwarna kelabu tua, berbutir halus, padat, berlapis baik, perdaunan Sebagai ciri khusus, setempat berurat kuarsa sampai 1 cm, yang sejajar arah perdaunan; tebal filit mencapai 5 cm. Batupasir, berwarna kelabu kecoklatan, berbutir halus sampai kasar, padat, lapisan cukup baik, ketebalan sampai 10 cm. Batugamping, berwarna putih kotor, kelabu muda sampai coklat kemerahan, berbutir halus, berlapis baik. Di beberapa tempat rekahan terisi kalsit, tebal lapisan sampai 1 cm. Tebal lapisan batugamping sekitar 15 cm. Setempat ditemukan buncak rijang.

Rijang, berwarna coklat kemerahan, mengandung radiolaria, berupa lensa setebal 5 cm, dan berupa buncak dalam batugamping, membulattanggung sampai membulat; ukuran mencapai 5 cm, perlapisan cukup baik. Berdasarkan kandungan fosil *Globotruncana* sp di dalam batugamping dan *Radiolaria* di dalam rijang, Formasi Masiku diduga berumur Jura Akhir Kapur Awal, dan lingkungan pengendapannya laut dalam. Hubungannya dengan Formasi Nanaka tidak diketahui. Sebaran satuan ini meliputi daerah hulu S. Ongkaya dan Peg. Wawoombu di bagian utara dan baratdaya Lembar. Singkapan yang baik terdapat dekat Kampung Masiku di Peg. Wawoombu. Tebal satuan sekitar 500 m. Formasi Masiku tertindih secara selaras oleh Formasi Matano.

Tems **FORMASI SALODIK** : kalsilitit, batugamping pasiran, napal, batupasir dan rijang. Kalsilitit, berwarna putih kelabu sampai kelabu, berbutir halus, padat, perlapisan baik, dengan tebal tiap lapisan antara 10 dan 30 cm. Batugamping pasiran, berwarna kelabu kecoklatan, berbutir halus sampai sedang; padat; berlapis baik, dengan tebal tiap lapisan sampai 20 cm. Napal, berwarna kuning kecoklatan; berlapis baik, dengan tebal tiap lapisan sampai 15 cm. Batupasir, berwarna kekuningan sampai kelabu, berbutir halus, padat, di beberapa tempat karbonatan; ditemukan bempa sisipan di dalam batugamping kalsilitit; tebal tiap lapisan sampai 10 cm. Rijang, berwarna kecoklatan sampai kemerahan; berupa lensa atau sisipan dalam batugamping kalsilitit; tebal tiap lapisan sampai 7 cm. Sebaran satuanbatuan ini terdapat di sebelah timur Peg. Wawoombu, di bagian selatan Lembar. Tebalnya sekitar 250 m.

*Mendala Sulawesi Timur*

Km **FORMASI MATANO** : kalsilitit, napal, serpih dan rijang. Kalsilitit, berbutir halus, berwarna kelabu, padat dan keras, lapisannya baik, tebal lapisan berkisar antara 10 - 15 cm. Napal, berwarna, kelabu, berlapis baik, padat dan keras. Tebal masing-masing lapisan mencapai 15 cm. Setempat sisipan rijang setebal 10 cm. Serpih, berwarna kelabu, berlapis baik, padat. Tebal tiap lapisannya sampai 5 cm. Rijang, berupa sisipan dalam batugamping dan napal. Tebal sisipan sampai 10 cm, berwarna merah sampai coklat kemerahan.

Berdasarkan kandungan fosil *Heterohelix* sp., dalam batugamping, dan *Radiolaria* dalam rijang, Formasi Matano diduga berumur Kapur Akhir (Budiman, 1980, hubungan tertulis); berlingkungan pengendapan laut dalam. Sebaran satuan meliputi daerah antara hulu S. Ongkaya dan Peg. Verbeek, Peg. Wawoombu dan Bulu Warungkelewatu, di bagian utara dan selatan Lembar. Tebalnya sekitar 550 m. Formasi Matano tertindih secara selaras oleh Formasi Salodik. Di beberapa tempat persentuhan tektonik dengan batuan ultramafik; hubungan dengan batuan sedimen yang lebih tua tidak jelas.

Tmpt **FORMASI TOMATA** : perselingan batupasir konglomerat, batulempung dan tuf dengan sisipan lignit. Batupasir, berwarna kelabu kuning kecoklatan, kelabu sampai coklat, berbutir halus sampai kasar kerikilan, berlapis baik, di beberapa tempat terdapat lapisan bersusun tebal lapisan mencapai 30 cm, kurang padat sampai padat, komponen kepingan batuan, kuarsa dan mineral hitam; setempat gampingan. Juga ditemukan batupasir hijau berbutir kasar, hampir seluruhnya terdiri dari batuan ultramafik.

Konglomerat, berkomponen sampai 10 cm, sesekali 30 cm; membulattanggung sampai membulat; terikat padu oleh batupasir kasar berwarna kecoklatan; setempat gampingan; komponen berupa batuan ultramafik, batugamping terdaunkan, kuarsit, dan rijang. Pilahan dan kemas umumnya kurang baik. Tebal lapisan minimum 40 cm; ditemukan perlapisan bersusun.

Batulempung, bewarna kelabu, kecoklatan sampai coklat kemerahan; setempat bersifat gampingan; mengandung fosil moluska. Setempat ada jejak daun, sering ada kongkresi oksida besi, berukuran mencapai 10 cm, atau berupa sisipan setebal 3 cm. Perlapisan kurang baik sampai cukup baik, umumnya kurang padu, kecuali di beberapa tempat. Tebal tiap lapisan sampai 400 cm. Tuf, berbutir halus sampai sedang, berwarna kelabu muda sampai kelabu tua, kurang padu sampai padu, perlapisan cukup baik, dengan tebal masing-masing lapisan sampai 15 cm. Lignit, berwarna kelabu kehitaman; kurang padat; berupa sisipan dalam batulempung dengan tebal sampai 200 cm.

Satuan ini di bagian atas lebih dikuasai oleh batuan klastika kasar, di bagian bawah dikuasai oleh klastika halus. Sebarannya meliputi daerah selatan Desa Tanoa, Bahu Mbelu dan dekat Desa Sawogi, Lamona, Bahu Mahoni, sepanjang S. Bahodopi, dan daerah sebelah barat Bulu Warungkelewatu. Tebal satuan sekitar 1000 m. Ciri litologi satuan sama dengan Molasa Sulawesi Sarasin dan Sarasin (1901). Nama Formasi Tomata berasal dari Desa Tomata (Lembar Malili) tempat diketemukannya singkapan yang baik.

## **BATUAN BEKU**

Ku **KOMPLEKS ULTRAMAFIK** : harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit, diabas dan gabro. Harzburgit, berwarna hijau sampai kehitaman, padat dan pejal setempat ada perhaluan mineral; tersusun dan mineral halus sampai kasar, terdiri atas olivin (sekitar 55%), dan piroksin (sekitar 35%), serta mineral serpentin sebagai hasil ubahan piroksin dan olivin (sekitar 10%). Setempat dijumpai blastomilonit dan porfiroblas dengan megakris piroksin yang tumbuh dengan massa dasar minolit.

Lherzolit, berwarna hijau kehitaman, pejal dan padat, berbutir sedang sampai kasar hipidiomorf. Di beberapa tempat terdapat tekstur ofit dan poikilitik. Batuan terutama terdiri dari mosaik olivin dan klinopiroksin atau ortopiroksin; yakut dan epidot merupakan mineral ikutan. Nampaknya batuan ini telah mengalami gejala penggerusan yang dicirikan oleh pelengkungan pada kembaran polisintesis dan pada mineral piroksin.

Werhlit berwarna kehitaman, pejal dan padat, berbutir halus sampai kasar, alotriomorf. Batuan terutama terdiri atas olivin, dan kadang-kadang klinopiroksin. Mineral olivin, dan piroksin hampir seluruhnya memperlihatkan retakan dalam jalur memanjang yang umumnya terisi serpentin dan talkum, strukturnya menyerupai jala. Gejala deformasi telah terjadi dalam batuan ini dengan diperlihatkannya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada mineral klinopiroksin.

Websterit, berwarna hijau kehitaman, padat dan pejal. Terutama tersusun oleh mineral olivin dan klinopiroksin, berukuran halus sampai sedang, serta hampir

seluruh kristalnya berbentuk anhedral. Serpentin hasil ubahan olivin dan piroksin terutama mengisi rekahan kristal tembah, dan membentuk struktur jala. Batuan mengalami penggerusan, hingga setempat terdapat pemilonitan dalam ukuran sangat halus dan memperlihatkan struktur kataklastik. Klorit, zoisit dan mineral gelap, terdapat terutama pada lajur milonit, kecuali itu mineral ini terdapat pula di seluruh bagian batuan.

Serpentinit, berwarna kelabu tua sampai hijau kehitaman, pejal dan padat. Mineral penyusunnya terdiri dari antigont, lempung dan magnetit, berbutir halus, dengan retakan tidak teratur, yang umumnya terisi magnetit hitam kedap. Mineral lempung berwarna kelabu, sangat halus, berkelompok pada beberapa tempat. Batuan ini umumnya memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar (slickenside) yang dapat dilihat dengan mata telanjang.

Diabas, berwarna kelabu, kelabu kehijauan sampai hitam kehijauan, padat dan pejal, berbutir halus sampai sedang, setempat hablur penuh. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, ortoklas, piroksin dan bijih, jenis plagioklasnya labradorit. Di beberapa tempat batuan berubah kuat.

Dunit, berbutir halus sampai kasar, berwarna kehijauan, kelabu kehijauan sampai kehitaman, pejal dan padat. Setempat tampak porfiroblastik. Susunan mineral terdiri atas olivin (sekitar 90%), piroksin, plagiokias, dan bijih; mineral ubahan terdiri dari serpentin, talkum, dan klorit, masingmasing hasil ubahan olivin dan piroksin. Di beberapa tempat batuan berubah kuat; memperlihatkan struktur sarang, bank-bank, bentuk sisa, dan bentuk semu dengan serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti.

Gabro, berbintik hitam, berbutir Sedang sampai kasar, padat dan pejal. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, dan olivin jenis plagioklas yakni labradorit-bitonit. Sebagian olivin berubah jadi antigorit, dan bijih, plagioklas jadi serisit. Batuan ini ditemukan berupa retas menerobos batuan ultramafik.

### **2.1.3 Struktur dan Tektonika**

Struktur utama di daerah ini berupa sesar dan lipatan. Sesar meliputi 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 lurus 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. Lipatan yang terdapat di Lembar ini tergolong lipatan terbuka, tertutup, dan pergentengan.

1. Lipatan terbuka berupa lipatan lemah yang mengakibatkan kemiringan lapisan tidak melebihi  $35^\circ$ . Lipatan ini terdapat dalam batuan yang berumur Miosen hingga Plistosen. Biasanya sumbu lipatannya menggelombang dan berarah barat-timur sampai baratlaut-tenggara.
2. Lipatan tertutup berupa lipatan sedang sampai kuat yang mengakibatkan kemiringan lapisan dan  $50^\circ$  sampai tegak. Setempat, lapisan itu hingga terbalik. Lipatan ini terdapat dalam batuan sedimen Mesozoikum, dengan

sumbu lipatan yang umumnya berarah barat-laut-tenggara. Diduga, lipatan ini terbentuk pada Oligosen atau lebih tua.

3. Lipatan pergentengan (superimposed fold) terdapat dalam satuan batuan Mesozoikum, pada Mendala Sulawesi Timur dan Mendala Banggai-Sula. Sumbu lipatannya berarah barat-laut-tenggara.

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.

Sejarah pengendapan batuan sedimen dan perkembangan tektonik di Lembar Bungku diduga sangat erat hubungannya dengan perkembangan Mendala Banggai-Sula yang sudah terkratonkan pada akhir Paleozoikum. Pada Zaman Trias, terjadi pengendapan Formasi Tokala yang berlangsung sampai Jura Awal.

Kemudian pada Jura Akhir menyusul pengendapan Formasi Nanaka secara selaras di atasnya. Pada Eosen Akhir-Miosen Awal, Formasi Salodik diendapkan secara tidak selaras di atasnya; lingkungannya laut dangkal sampai darat. Ketiga satuan ini terbentuk di tepian benua yang saat ini berupa Mendala Banggai - Sula.

Di bagian lain, dalam cekungan laut dalam di barat Banggai-Sula, pada Zaman Jura terendapkan bahan pelagos Formasi Masiku. Pengendapan ini terus berlangsung hingga awal Zaman Kapur. Formasi Matano secara selaras terendapkan di atas Formasi Masiku. Kedua satuan ini terendapkan di laut dalam.

Pada Zaman Paleogen Akhir pengendapan batuan karbonat Formasi Salodik berlangsung dalam busur luar yang semakin mendangkal. Proses ini berlangsung sampai awal Kala Miosen.

Pada Kala Oligosen, Sesar Sorong yang menerus ke Sesar Matano dan Palu-Koro mulai aktif dalam bentuk sesarjurus mendatar, sehingga benua mini Banggai-Sula bergerak ke arah barat dan memisahkan diri dan Benua Australia.

Pada Kala Miosen Tengah, bagian timur kerak samudra di Mendala Sulawesi Timur menumpang tindih (obducted) benua mini Banggai - Sula yang bergerak ke arah barat lajur penunjaman dan busur luar tersungkupkan (overthrust) di atas rumpang parit busur gunungapi, yang mengakibatkan ketiga mendala geologi tersebut saling berdempetan.

Pada akhir Miosen hingga Pliosen batuan klastika halus sampai kasar dan bagian bawah Formasi Tomata mulai terendapkan dalam lingkungan laut-dangkal dan terbuka. Pada Kala Pliosen keseluruhan daerah mengalami orogenesis yang dibarengi oleh lipatan dan sesar bongkah, mengakibatkan terbentuknya cekungan kecil dan dangkal. Batuan klastika kasar dan bagian atas Formasi Tomata terendapkan di dalamnya, kemudian seluruh daerah terangkat.

Pada bagian tertentu, endapan aluvium, danau, sungai dan pantai berlangsung terus hingga sekarang.

#### **2.1.4 Sumberdaya Mineral**

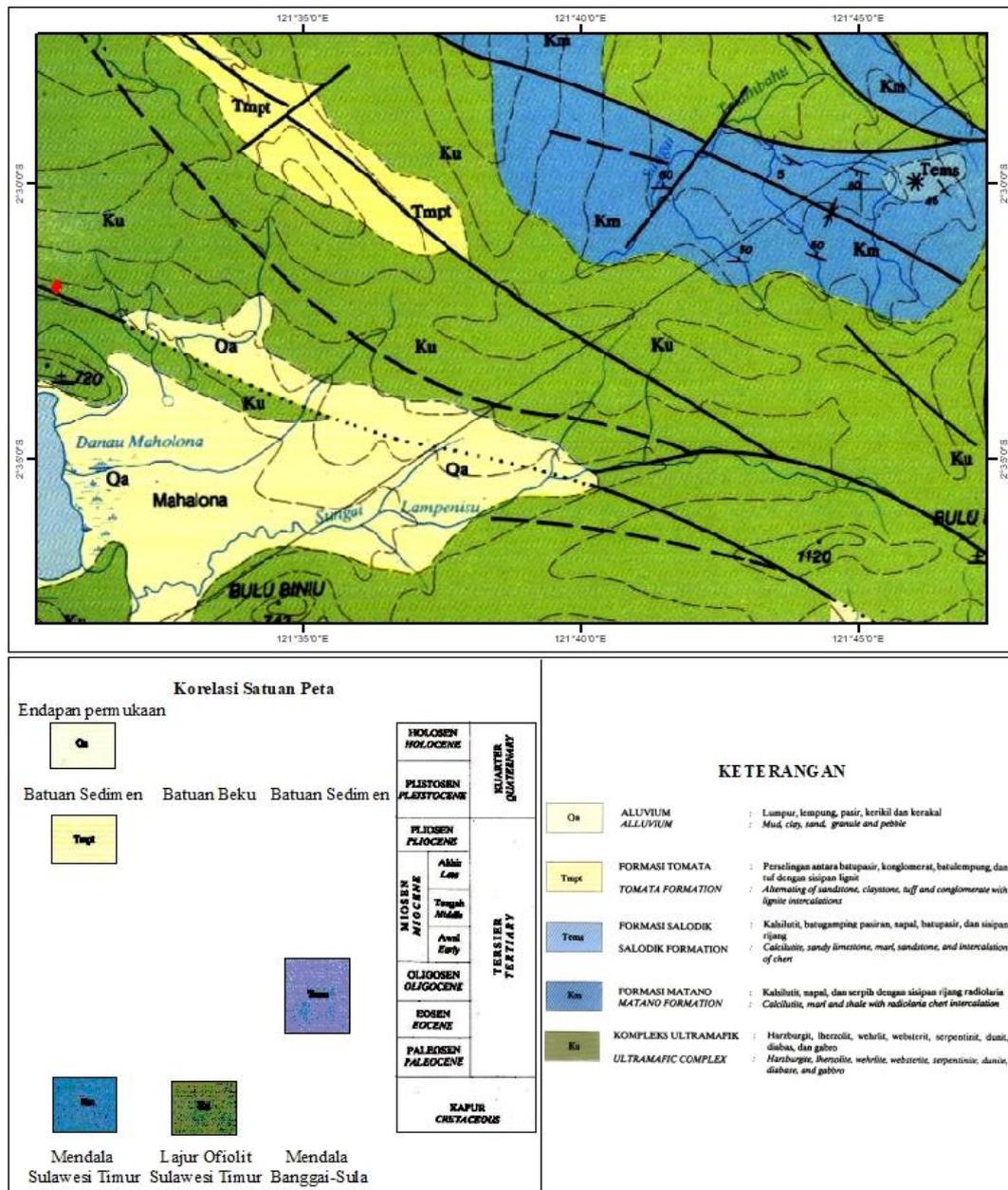
Bahan galian yang ditemukan di daerah Bungku di antaranya nikel, bijih besi, pasir besi, minyak bumi, batugamping, batuan beku, pasir dan kerikil. Bijih nikel sudah dieksplorasi oleh PT. INCO tetapi tidak dilanjutkan karena secara ekonomi tidak menguntungkan. Bijih tersebut biasanya terdapat dalam endapan laterit berasal dan batuan ultramafik yang melapuk. Bijih nikel ini biasanya

berasosiasi dengan bijih besi, yang merupakan lapisan penutup endapan laterit yang biasanya berupa daerah datar (PT. Inco, 1972; Sukanto, 1975b).

Pasir besi berupa endapan pantai setebal 1 - 2 m, ditemukan disepanjang pantai mulai dari Wata sampai Wosu, di bagian timurlaut Lembar. Endapan tersebut pernah diteliti oleh PT. Indochrom pada tahun 1978/1979, tetapi tidak dilanjutkan, mungkin secara ekonomi kurang menguntungkan.

Rembesan minyak bumi merupakan petunjuk adanya sumber minyak bumi, yang banyak dijumpai terutama di sepanjang S. Wosu, di bagian timurlaut Lembar; diduga berasal dari satuan batuan sedimen Mendala Banggai-Sula. Dengan diketemukannya rembesan minyak bumi tersebut, diperkirakan daerah Bungku memiliki potensi penting dimasa mendatang.

Batuan beku terdiri atas batuan ultramafik, gabro dan diorit; terdapat di sekitar D. Towuti dan bagian tengah Lembar. Batuan ini bersifat pejal dan padat, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengeras jalan dan bahan bangunan.



Gambar 2.1 Peta geologi regional lembar Bungku, Sulawesi Selatan

## 2.2 Batuan Ultrabasa

Batuan ultrabasa merupakan batuan yang kaya mineral basa (mineral ferromagnesia) dengan komposisi utama batumannya adalah mineral olivin, piroksin, hornblende, mika dan biotit, sehingga batuan ultrabasa memiliki indeks warna > 70

% gelap dan sebagian besar berasal dari plutonik (Ahmad, 2002). Jenis-jenis batuan ultrabasa, antara lain:

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultrabasa yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri atas harzburgit, lertzolit, wehrlit, 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. Dunit

Dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90% - 100%). Menurut Ahmad (2002) menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (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 olivin anhedral yang saling mengikat. Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain.

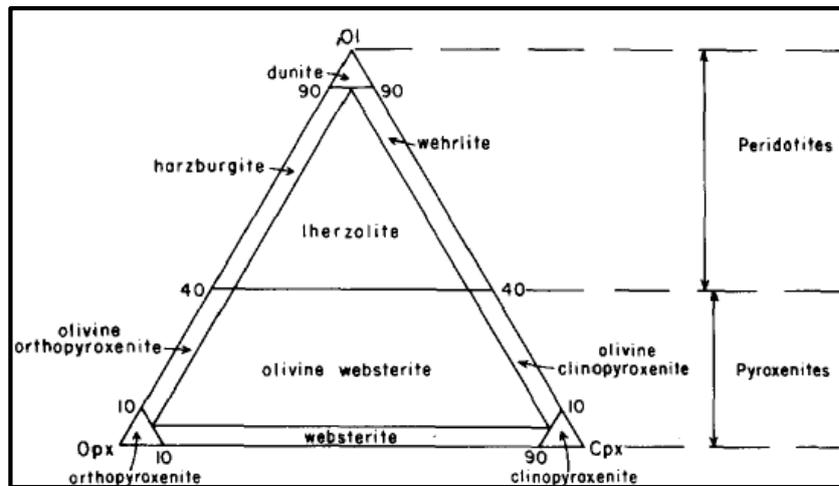
3. Serpentin

Serpentin memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2002). Serpentin tersusun oleh mineral grup serpentin > 50 % Menurut Hess (1965)

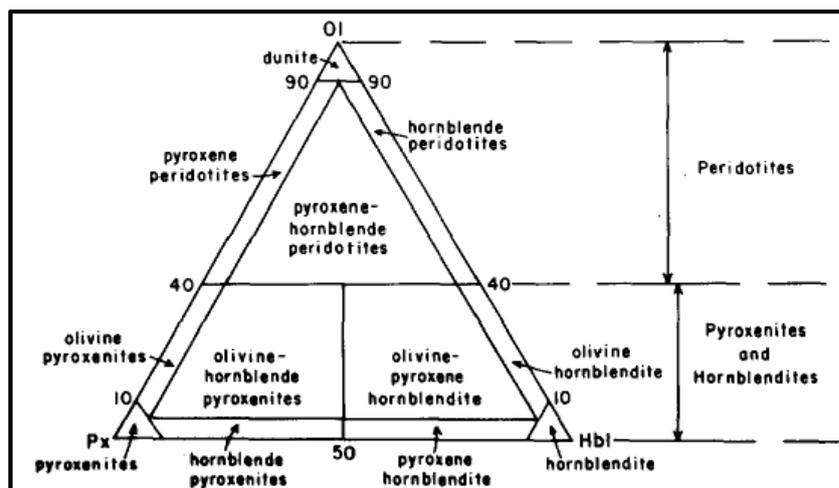
dalam Ringwood (1975), bahwa pada prinsipnya kerak serpentinit dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultrabasa (mantel peridotit dan dunit) di bawah punggung tengah samudera (*Mid Ocean Ridge*). Serpentin kemudian terbawa keluar melalui migrasi litosfer.

Serpentinisasi pada mineral olivine menurut Ahmad (2002), bahwa Serpentin merupakan suatu pola mineral dengan komposisi  $H_4Mg_3Si_2O_9$ , terbentuk melalui alterasi hidrothermal dari mineral feromagnesia seperti olivin, piroksin dan amfibol. Umumnya alterasi pada olivin dimulai pada pecahan / retakan pada kristalnya, secepatnya keseluruhan Kristal mungkin teralterasi dan mengalami pergantian. Menurut Ahmad (2002), bahwa serpentinisasi pada olivin memerlukan penambahan air, pelepasan magnesita atau penambahan silika, pelepasan besi (Mg, Fe) pada olivin, konversi pelepasan besi dari bentuk ferrous ( $Fe^{2+}$ ) ke ferri ( $Fe^{3+}$ ) ke bentuk magnetit.

Berdasarkan klasifikasi dari Streckeisen (1976) memperlihatkan klasifikasi untuk batuan ultramafik. Klasifikasi ini dibagi berdasarkan kandungan mineraloginya. Batuan ultramafik terdiri dari olivin, orthopyroxene, clinopyroxene, hornblende, kadang-kadang biotit, dan berbagai jenis mineral lainnya seperti garnet, spinel, dan opaq.



**Gambar 2.2** Klasifikasi batuan ultramafik terdiri dari olivin, ortopiroksin, dan clinopiroksin berdasarkan Streckeisen (1976)



**Gambar 2.3** Klasifikasi batuan ultramafik yang mengandung hornblende berdasarkan Streckeisen (1976)

### 2.3 Endapan Laterit

Laterit deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah lembab, hangat maupun tropis dan kaya akan mineral lempung yang bersifat kaolinitik serta Fe- dan Al- oxide/hydroxide. Endapan laterit pada umumnya menampilkan bidang pelapisan yang baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembaban tanah yang naik ke atas permukaan (Maulana, 2017).

Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan di permukaan bumi, dimana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai induk untuk endapan bijih ekonomis. Contoh terkenal dari endapan bijih laterit yaitu bauksit dan endapan bijih besi. Laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis diantaranya bauxite dan nikel (Ni), mangan (Mn), tembaga (Cu), emas (Au) dan platinum group element (PGE).

#### **2.4 Faktor Pengontrol Endapan Laterit**

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

a) **Iklm**

Iklm 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, 2006). Menurut Ellias (2002) 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, 2002). Topografi 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. 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.

c) pH

Menurut (Ahmad, 2008) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim 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, 2002)

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, 2002).

Golightly (1979), menyatakan bahwa kadar nikel tertinggi berada di sepanjang zona-zona kekar yang intensif. Kekar menjadi salah satu media yang cukup penting dalam mempercepat pelapukan melalui infiltrasi air ke dalam rekahan sehingga air akan lebih mudah masuk ke dalam tanah dan membantu mempercepat pelapukan batuan dasar. Selain itu air yang membawa unsur Ni akan terendapkan pada zona-zona rekahan dalam bentuk vein (Ahmad, 2006).

f) Batuan Asal

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

## 2.5 Genesa Endapan Nikel

Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit) yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat, dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.30%. Proses laterisasi pada endapan nikel laterit diartikan sebagai proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan mineral silika dari profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam, hangat, dan lembap, serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni, dan Co.

Air permukaan yang mengandung CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organik di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindian (*leaching zone*), tempat terjadinya fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini, air tanah yang kaya CO<sub>2</sub> akan mengalami kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin/serpentin dan piroksin. Unsur Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan membentuk mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali.

Endapan besi yang bersenyawa dengan oksida akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel, dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan pelindihan/*leaching*. Pada proses pelapukan lebih lanjut magnesium (Mg), Silika (Si), dan Nikel (Ni) akan tertinggal di dalam larutan selama air masih bersifat asam. Tetapi jika dinetralisasi karena adanya reaksi dengan batuan dan tanah, maka zat-zat tersebut akan cenderung mengendap sebagai mineral hidrosilikat (Ni-magnesium hidrosilicate) yang disebut mineral garnierit [(Ni,Mg)<sub>6</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>] atau mineral pembawa Ni.

Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, dalam hal ini berupa kekar atau rekahan pada batuan, maka Ni yang terbawa oleh air akan turun ke bawah, lambat laun akan terkumpul di zona ketika air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus batuan dasar (*bedrock*). Ikatan dari Ni yang berasosiasi dengan Mg, SiO, dan H akan membentuk mineral garnierit. Apabila proses ini berlangsung

terus-menerus maka yang akan terjadi adalah proses pengayaan supergen/*supergen enrichment*.

Zona pengayaan supergen ini terbentuk di zona saprolit (*saprolite zone*). Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama bergantung dari perubahan musim. Di bawah zona pengayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona batuan dasar (*bed rock*) (Maulana, 2017).

## **2.6 Profil Laterit**

Pelapukan kimia pada batuan ultrabasa biasanya disertai dengan fraksinasi dari elemen-elemen menjadi tipe yang larut dan tidak larut dalam air. Elemen-elemen yang larut dalam air nantinya akan tercuci keluar dari sistem pelapukan sementara elemen-elemen yang tidak larut dalam air akan tertinggal sebagai pengayaan residu. Proses pelapukan kimia pada akhirnya akan menghasilkan pembentukan profil laterit dengan urutan laterit termuda pada bagian bawah dan laterit tertua pada bagian atas. Menurut Golightly (1979) profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi, yaitu:

### **1. Zona Limonit (LIM)**

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

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

#### 2. Zona *Medium Grade Limonite* (MGL)

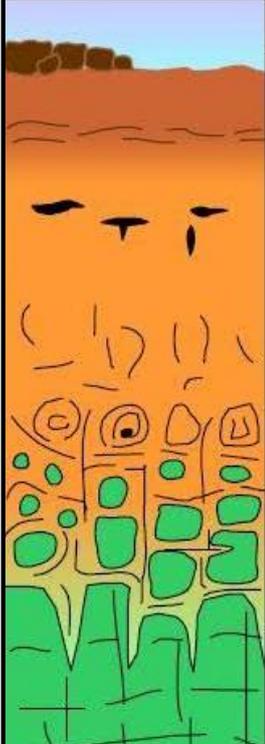
Sifat fisik zona *Medium Grade Limonite* (MGL) tidak jauh berbeda dengan zona overburden. Tekstur sisa batuan induk mulai dapat dikenali dengan hadirnya fragmen batuan induk, yaitu peridotit atau serpentinit. Rata-rata berukuran antara 1-2 cm dalam jumlah sedikit. Ukuran material penyusun berkisar antara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

#### 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 inti batuan sisa yang keras, pengisian celah oleh mineral – mineral garnierit, 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 2.4 Generalisasi Profil Laterit (Elias, 2002)

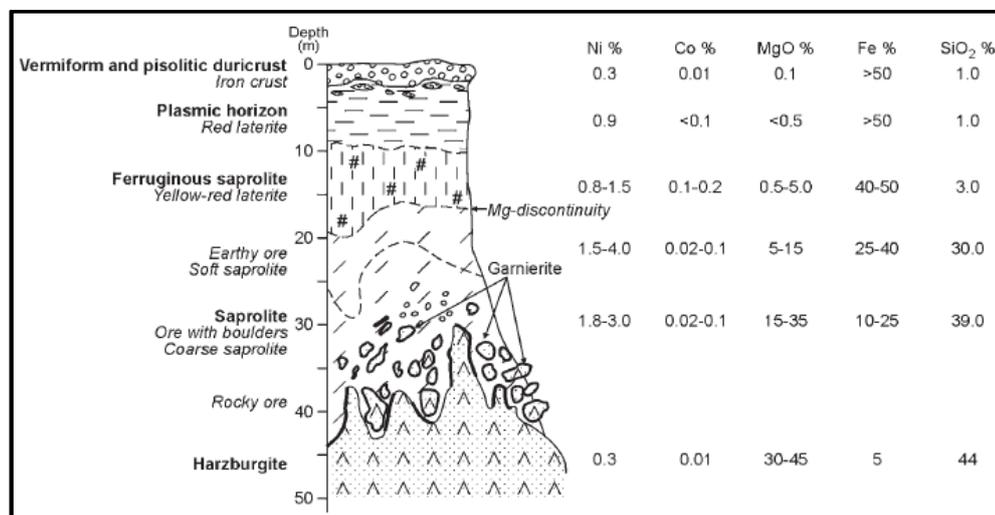
## 2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Secara mineralogi Nikel Laterit dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu (Freyssnet, 2005):

### 2.7.1 Hydrous Silicate Deposits

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral hydrous Mg-Ni silikat (Gambar 2.5) setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel. Sebagai contoh garnierit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase Fe-oxihydroxide akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai

*Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis. Endapan Ni silika, didominasi oleh hydrated Mg-Ni silicates (seperti garnierite), biasanya terdapat di lapisan saprolit. Pada endapan tipe *Hydrous Silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit (Freysnet, 2005).

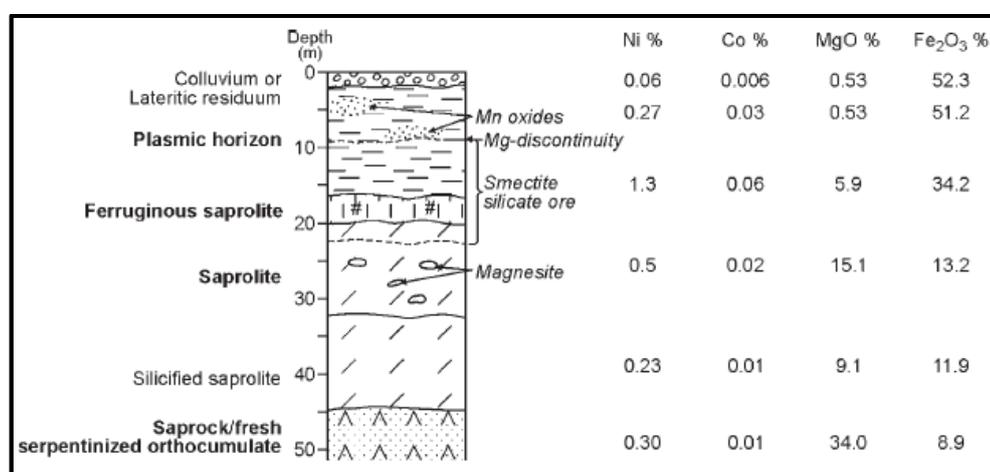


**Gambar 2.5** Profil nikel tipe *hydrous silicate* (Freysnet, 2005).

### 2.7.2 Clay Silicate Deposits

Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung seperti Ni-rich nontronite pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (Gambar 2.6). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan

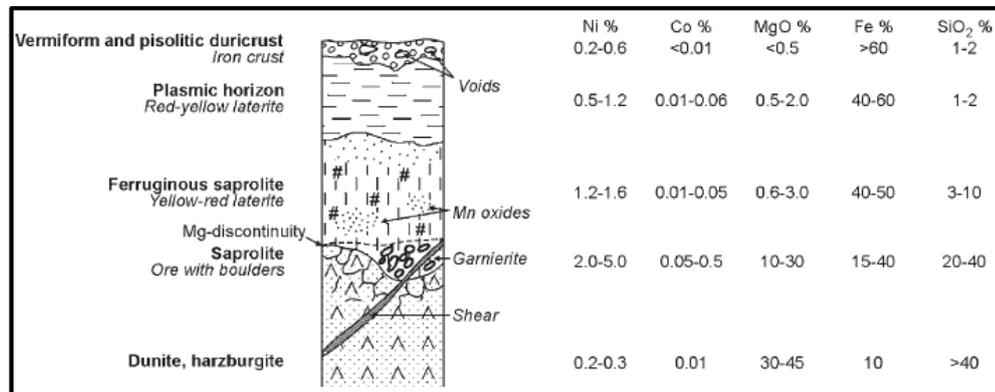
dengan tipe *Hydrous Silicate*. Endapan silicate Ni, didominasi oleh lempung smektit (seperti nontronit), biasanya terdapat di bagian atas saprolit atau pedolit. Pada endapan tipe clay deposit, posisi muka air tanah awal relatif lebih dangkal dan drainase terhambat, kondisi ini menyebabkan lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung dan akumulasi Ni pada lapisan lempung tersebut (Freyssnet, 2005).



**Gambar 2.6** Profil Nikel Tipe *Clay Silicate* (Freyssnet, 2005)

### 2.7.3 Oxide Deposits

Oxide deposits dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan Fe-oxyhydroxide, dengan mineral utama goetit. Kadang-kadang juga kaya dengan oksida Mn yang kaya dengan Co. Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1.0-1.6%, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe oxide deposit posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat (infiltrasi air lancar) sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas. Endapan oksida, didominasi oleh Fe oxyhydroxides (seperti goetit), membentuk lapisan di antara pedolit dan saprolit (Freyssnet, 2005).



Gambar 2.7 Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet, 2005)

Tabel 2.1 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet, 2005)

Parameter	Hydrous Silicate Deposit	Clay Silicate Deposit	Oxide Deposit
Kadar Ni	Kandungan Ni 1.8 - 2.5%	Kandungan Ni 1.0 - 1.5%	Kandungan Ni 1.0-1.6%
Mineral	Dominan mineral hydrous Mg-Ni silikat	Si bersama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung	Mineral utamanya Geothite
Posisi Muka Air Tanah	Posisi muka air tanah relatif dalam	Posisi muka air tanah awal relatif lebih rendah dan drainase terhambat	Posisi muka air tanah relatif dangkal dan drainase tidak terhambat
Akumulasi Ni	Nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit	Lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung	Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit