

*Skripsi Geofisika*

**PERBANDINGAN KADAR Ni-Fe SAMPEL *RE-CHECK* DAN *RE-SAMPLING* BERDASARKAN ANALISIS XRF (*X-RAY FLUORESCENCE*)  
DI TAMBANG UTARA DAN TAMBANG TENGAH PT. ANTAM Tbk,  
UBPN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**



**OLEH:**

**ANNISA NUR RAHMADANI PRATIWI**

**H061 20 1005**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**



**HALAMAN JUDUL**

**PERBANDINGAN KADAR Ni-Fe SAMPEL *RE-CHECK* DAN *RE-SAMPLING* BERDASARKAN ANALISIS XRF (*X-RAY FLUORESCENCE*)  
DI TAMBANG UTARA DAN TAMBANG TENGAH PT. ANTAM Tbk,  
UBPN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**OLEH:**

**ANNISA NUR RAHMADANI PRATIWI**

**H061 20 1005**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**PERBANDINGAN KADAR Ni-Fe SAMPEL *RE-CHECK* DAN *RE-SAMPLING* BERDASARKAN ANALISIS XRF (*X-RAY FLUORESCENCE*)**  
**DI TAMBANG UTARA DAN TAMBANG TENGAH PT. ANTAM Tbk,**  
**UBPN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

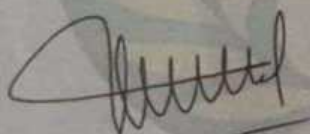
**ANNISA NUR RAHMADANI PRATIWI**

**H061 20 1005**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 05 Februari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.


**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**



**Makhrani, S.Si, M. Si**  
**NIP. 197202271998022002**

**Pembimbing Pertama**



**Muhammad Fawzy Ismullah M, S.Si, MT**  
**NIP. 199111092019031010**

**Ketua Departemen**



**Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng**  
**NIP. 196709291993031003**



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Nur Rahmadani Pratiwi

NIM : H061201005

Program Studi : Geofisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Perbandingan Kadar Ni-Fe Sampel Re-Check dan Re-Sampling Berdasarkan Analisis XRF (X-Ray Fluorescence) di Tambang Utara dan Tambang Tengah PT. Antam Tbk, UBPN Kolaka, Sulawesi Tenggara adalah karya ilmiah saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 05 Februari 2024  
Yang Menyatakan



Annisa Nur Rahmadani Pratiwi



## ABSTRAK

Dalam memastikan kadar bijih nikel agar dapat diproses, pengambilan sampel dilakukan dengan berbagai metode diantaranya adalah *Re-Check* dan *Re-Sampling*. Berdasarkan hasil uji XRF, kadar rata-rata Ni pada sampel *Re-Check* Tambang Utara adalah 1,95%, sementara Tambang Tengah adalah 2,02%. Kadar rata-rata Fe pada sampel *Re-Check* Tambang Utara adalah 15,56%, sedangkan Tambang Tengah adalah 11,75%. Sementara itu, pada sampel *Re-Sampling*, kadar rata-rata Ni Tambang Utara adalah 1,80%, dan Tambang Tengah adalah 1,86%. Kadar rata-rata Fe pada sampel *Re-Sampling* Tambang Utara adalah 17,87%, sedangkan Tambang Tengah adalah 11,05%. Penelitian ini menunjukkan bahwa Tambang Tengah memiliki kadar Ni yang cenderung tinggi dan kadar Fe yang rendah dibandingkan dengan Tambang Utara yang memiliki kecenderungan sebaliknya. Perbedaan kadar Ni dan Fe meliputi topografi wilayah penambangan, lapisan zona endapan nikel laterit, posisi pengotor (*waste*) terhadap badan bijih dalam kegiatan produksi, penyebaran bijih yang bersifat heterogen, dan landasan stockyard. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi agar menjamin kualitas kadar Ni (Nikel) dan Fe (Besi) dan mengoptimalkan proses produksi dan distribusi bijih khususnya di industri pertambangan.

**Kata Kunci:** Besi (Fe), Nikel (Ni), *Re-Check*, *Re-Sampling*, Tambang Utara, Tambang Tengah, Produksi dan Distribusi Bijih.



## ABSTRACT

In ensuring the nickel ore content for processing, sampling is conducted through various methods, including Re-Check and Re-Sampling. Based on XRF test results, the average Ni content in Re-Check samples from the Northern Mine is 1.95%, while the Central Mine is 2.02%. The average Fe content in Re-Check samples from the Northern Mine is 15.56%, whereas the Central Mine is 11.75%. Meanwhile, in Re-Sampling samples, the average Ni content in the Northern Mine is 1.80%, and the Central Mine is 1.86%. The average Fe content in Re-Sampling samples from the Northern Mine is 17.87%, while the Central Mine is 11.05%. This research indicates that the Central Mine has a tendency for higher Ni content and lower Fe content compared to the Northern Mine, which exhibits the opposite trend. Differences in Ni and Fe content involve the mining region's topography, layers of lateritic nickel deposit zones, the position of impurities (waste) relative to the ore body in production activities, the heterogeneous distribution of ore, and stockyard foundations. The results of this research can serve as a reference to ensure the quality of Ni (Nickel) and Fe (Iron) content and optimize the production and distribution processes of ore, particularly in the mining industry.

**Keywords:** Iron (Fe), Nickel (Ni), Re-Check, Re-Sampling, Northern Mine, Central Mine, Ore Production and Distribution.



## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin memulai kata pengantar ini dengan ungkapan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kekuatan dan hikmat-Nya, memungkinkan penulis menyelesaikan Penelitian Skripsi ini dengan judul " **Perbandingan Kadar Ni-Fe Sampel *Re-Check* Dan *Re-Sampling* Berdasarkan Analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Tambang Utara dan Tambang Tengah PT. Antam Tbk, UBPB Kolaka, Sulawesi Tenggara**" sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan, melampaui keterbatasan yang penulis miliki. Setiap saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai kalangan sangat dihargai dan menjadi motivasi penulis untuk terus meningkatkan kualitas karya-karya mendatang.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyatakan terima kasih sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta, khususnya kepada kedua orang tua, Bapak **Jumari** dan Ibu **Sri Juliati**, serta kepada Kakek **Muh. Ridwan** dan Nenek **Aty Suardi** yang tidak henti-hentinya memberikan semangat, selalu berada disamping penulis, memberikan cinta kasih, doa, dan pengorbanan yang tak terhingga. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh kerabat yang turut memberikan dukungan dan bantuan tulus, menjadi sentuhan indah dalam perjalanan

an ini.



Penulis juga ingin menyampaikan penghormatan dan rasa terimakasih kepada:

1. Ayahanda **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si** selaku Dekan FMIPA Unhas serta Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dalam masalah akademik penulis.
2. Kepala Departemen Geofisika, Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng**, sekaligus dosen pengajar yang membimbing penulis selama perkuliahan.
3. Ibu **Makhrani, S.Si., M.Si** selaku dosen pembimbing utama dan Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M, S.Si., M.T** selaku dosen pembimbing pertama yang selalu meluangkan waktunya dan memberi perhatian, bimbingan, nasihat, motivasi serta masukan-masukan yang memberi semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Pak **Anto**, Pak **Putra**, Pak **Fadly**, Pak **Muslim**, Pak **Sangkala** dan Pak **Suardi** selaku bagian persuratan di Departemen Geofisika dan Fakultas MIPA yang senantiasa membantu dalam mengurus berkas dan persuratan selama perkuliahan.
5. Dosen-dosen pengajar terkhusus **Dosen-dosen Departemen Geofisika** yang telah memberikan banyak bentuk pengajaran dan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan.
6. Pembimbing Lapangan PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka khususnya kepada Bapak **Tamsil Indra Gunawan, S.T** selaku pembimbing lapangan di PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka atas bimbingan dan masukannya dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir hingga menjadi skripsi.





7. **TIM QC ANTAM** yang senantiasa membantu dan memberi semangat penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini.
8. Teman-teman **T20POSFER (Geofisika 2020)**, kawan seperjuangan dalam segala situasi dan kondisi yang telah memberikan pengalaman dan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
9. **KIYOWO ENTERTAINMENT (Wikal, Akbar, Regita, Abe)** sang sahabat sekaligus saudara yang memberikan warna dalam kehidupan penulis selama perkuliahan di **Universitas Hasanuddin** dan selalu memberikan kebahagiaan setiap harinya.
10. Partner dalam melewati skripsi – seminar hasil **Monica**, selalu meluangkan waktu untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi, tidak pernah lelah mendengarkan sambatan penulis dalam penyelesaian skripsi, seminar proposal, seminar hasil dan sidang tutup.
11. **Niki Zefanya**, penyanyi berdarah indonesia yang sukses membuat lagu dengan judul “**Take a Chance with Me**”. Lagu yang selalu didengarkan oleh penulis dalam mengerjakan skripsi hingga dapat selesai seperti saat ini.
12. Terakhir, **Annisa Nur Rahmadani Pratiwi** sang penulis. Terimakasih telah bertahan sejauh ini. Suka dan duka telah dilewati, segala bentuk masalah, cerita dan kenangan telah dilalui. Skripsi ini salah satu pembuktian dan awal untuk penulis bisa terus maju menggapai angan dan cita yang sedari kecil di impikan oleh penulis.



ihak-ihak lain yang membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.  
menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan, sehingga

kritik maupun saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan orang lain yang membacanya.

Makassar, 05 Februari 2024

Penulis,

Annisa Nur Rahmadani Pratiwi

H061201005



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Ruang Lingkup.....	3
I.3 Rumusan Masalah .....	3
I.4 Tujuan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
II.2.1 Klasifikasi Batuan Ultramafik.....	9
II.2.2 Unsur – Unsur Pada Batuan Ultramafik.....	11
II.3 Genesa Endapan Nikel Laterit .....	12
II.3.1 Endapan Nikel Laterit.....	15
II.4 Nikel dan Besi.....	18
II.4.1 Nikel.....	18
II.4.2 Besi.....	19
II.5 Penentuan Kadar Bijih Nikel Laterit.....	20
II.6 XRF ( <i>X-ray Fluorescence</i> ).....	21
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	26
Lokasi Penelitian .....	26



III.2 Alat dan Bahan .....	26
III.2.1 Alat .....	26
III.2.2 Bahan .....	26
III.3 Prosedur Penelitian .....	27
III.3.1 Prosedur Pengambilan Sampel .....	27
III.3.2 Prosedur Preparasi Sampel .....	27
III.3.2 Prosedur Uji Laboratorium Instrumen .....	27
III.4 Bagan Alir .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
IV.1 Hasil Analisa Kadar Ni <i>Re-Check</i> .....	30
IV.2 Hasil Analisa Kadar Ni <i>Re-sampling</i> .....	31
IV.3 Grafik Perbandingan Kadar Ni Tambang Utara dan Tambang Tengah....	33
IV.7.1 Topografi Wilayah Penambangan .....	35
IV.7.2 Ketebalan Lapisan Profil Endapan Nikel Laterit .....	37
IV.7.3 Posisi Pengotor Terhadap Badan Bijih Dalam Kegiatan Produksi....	39
IV.7.4 Penyebaran Bijih Bersifat Heterogen.....	40
IV.7.5 Landasan Stockyard .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
V.1 Kesimpulan.....	44
V.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Peta Geologi Daerah Penelitian .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Batuan Ultramafik. ....	8
<b>Gambar 2. 3</b> Klasifikasi Batuan Ultramafik (Ahmad, 2009).....	11
<b>Gambar 2. 4</b> Proses Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet dkk., 2005). .....	12
<b>Gambar 2. 5</b> Penampang Profil Endapan Nikel Laterit.....	15
<b>Gambar 2. 6</b> Skema dari Transformasi Mineral Akibat Adanya Pelapukan oleh Batuan Dasar (Batuan Ultramafik) (Nahon dkk., 1992). ....	17
<b>Gambar 2. 7</b> Nikel. ....	18
<b>Gambar 2. 8</b> Besi. ....	20
<b>Gambar 2. 9</b> Alat XRF.....	22
<b>Gambar 2. 10</b> Prinsip Kerja XRF (Gosseau, 2009).....	23
<b>Gambar 2. 11</b> Difraksi Radiasi Sinar-X dalam Struktur Kristal ( Alfarisa S dkk., 2018). ....	24
<b>Gambar 3. 1</b> Peta Lokasi Penelitian PT. Antam,Tbk UBPN Kolaka. ....	26
<b>Gambar 3. 2</b> Bagan Alir Penelitian.....	29
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik Perbandingan Kadar Ni Tambang Utara dan Tambang Tengah Pada Sampel Re-Check dan Re-Sampling. ....	33
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Perbandingan Kadar Fe Tambang Utara dan Tambang Tengah Pada Sampel Re-Check dan Re-Sampling. ....	34
<b>Gambar 4. 3</b> Keadaan Topografi Pada Tambang Utara.....	36
<b>Gambar 4. 4</b> Keadaan Topografi Pada Tambang Tengah. ....	37
<b>Gambar 4. 5</b> Profil Endapan Nikel Laterit Wilayah Tambang Utara (Kamaruddin dkk., 2018). ....	38
<b>Gambar 4. 6</b> Profil Endapan Nikel Laterit Wilayah Tambang Tengah (Kamaruddin dkk., 2018). ....	39
<b>4. 7</b> Posisi Pengotor Terhadap Badan Bijih.....	40
<b>4. 8</b> Penyebaran Bijih Bersifat Heterogen. ....	42
<b>4. 9</b> Stockyard Transito.....	42



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tabel Batuan Ultramafik dan Batuan Ultrabasa (Ahmad, 2008). ....	9
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Analisa Re-Check Kadar Ni dan Fe Pada Tambang Utara. ....	30
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Analisa Re-Check Kadar Ni dan Fe Pada Tambang Tengah.....	31
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Analisa Re-Sampling Kadar Ni dan Fe pada Tambang Utara dan Tambang Tengah.....	32



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1. 1</b> Lokasi Penelitian.....	50
<b>Lampiran 2. 1</b> Foto Alat dan Bahan. ....	51
<b>Lampiran 3. 1</b> Hasil Analisa XRF Unsur Re-check. ....	58
<b>Lampiran 4. 1</b> Hasil Analisa XRF Unsur Re-Sampling. ....	59
<b>Lampiran 5. 1</b> Proses Pengambilan Sampel. ....	60
<b>Lampiran 6. 1</b> Proses Preparasi Sampel. ....	61
<b>Lampiran 7. 1</b> Proses Analisa Lab Instrumen menggunakan XRF. ....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara yang sangat berlimpah sumber daya alamnya, tersebar di seluruh wilayah nusantara. Sumber daya alam tersebut meliputi berbagai jenis mineral berharga, seperti logam, yang memiliki peran penting sebagai bahan baku dasar untuk berbagai keperluan dalam kehidupan manusia. Mineral logam yang cukup signifikan di Indonesia termasuk emas, nikel, timah, dan besi.

Nikel, sebagai salah satu logam utama, memiliki peran strategis dalam industri sebagai bahan baku untuk pembuatan berbagai produk seperti baja tahan karat, baja tahan suhu tinggi, material magnet, proses pelapisan logam, paduan logam non-besi, katalis, sel bahan bakar, dan berbagai bahan kimia. Indonesia memiliki potensi besar dalam sumber daya nikel, terutama bijih nikel laterit. Cadangan bijih nikel laterit di Indonesia mencapai 12% dari total cadangan nikel dunia dan tersebar di berbagai wilayah, seperti Pulau Sulawesi, Maluku, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya (Dalvi dkk., 2004).

Sulawesi Tenggara khususnya di PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka beroperasi memiliki sumber daya mineral yaitu bijih nikel. Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan bijih nikel berjenis nikel laterit dengan visi menjamin kualitas bijih nikel menjadi produk *Feronikel* (FeNi) yang



dimanfaatkan sebagai komponen dalam pembuatan baja anti karat (*stainless steel*). Dalam memastikan kadar bijih nikel agar dapat diproses, analisis sampel dilakukan dengan berbagai metode diantaranya adalah *Re-*



*Check dan Re-Sampling.*

*Re-Check* merupakan proses pengambilan sampel yang dilakukan di *stockyard* penambangan dengan tujuan pengambilan sampel tersebut untuk memastikan kadar nikel yang di produksi sesuai dengan COG (*Cut Off Grade*). *Re-Sampling* dalam proses pertambangan nikel merupakan proses pengambilan ulang sampel untuk melakukan pengecekan atau memastikan kembali hasil analisa dari sampel *Re-Check* dengan kualitas kadar yang sesuai dalam kategori HG (*High Grade*) dan pengambilan sampel nya dilakukan di *stockyard*.

Pada saat hasil analisa sampel *Re-Check* keluar, kadar Ni akan dikategorikan menjadi HGSO (*High Grade Saprolite Ore*) kadar Ni  $\geq 1.8\%$  untuk kebutuhan umpan pabrik (yang akan diolah menjadi produk Feronikel), LGSO (*Low Grade Saprolite Ore*) kadar Ni dalam range 1.7%-1.79% untuk penjualan domestik, MNP (*Material Non Produksi*) kadar Ni  $< 1.50\%$  untuk pembuatan jalan. Untuk kadar Ni  $> 2.0\%$  akan dipertimbangkan dengan melihat kadar Fe (%), karena kadar Fe yang tinggi akan mempengaruhi proses kalsinasi *rotary kiln* (proses pemisahan *ore* dengan air agar dapat diproses dalam pabrik FeNi).

Informasi mengenai nilai kadar bijih nikel dapat diperoleh melalui analisis sampel menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*). Menurut penelitian Kusuma, R, dkk (2019) dilakukan pengujian laboratorium dengan metode analisa XRF (*X-Ray Fluorescence*) menunjukkan Unsur Ni (nikel) tinggi pemerayaan di zona saprolit, sedangkan unsur Fe (besi) tinggi berada di zona limonit, dengan demikian metode



u sangat efektif dalam membaca unsur suatu sampel.

ses penambangan di PT. Antam Tbk, UBPN Kolaka seringkali terdapat

permasalahan seperti adanya perbedaan hasil analisa kadar HG (*High Grade*) khususnya untuk kadar Ni dan Fe pada sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling*, jika tidak teratasi maka akan menghambat proses pengolahan bijih dalam pabrik FeNi (*Feronikel*). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan judul “Perbandingan Kadar Ni-Fe Sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling* Berdasarkan Analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Tambang Utara dan Tambang Tengah Pt. Antam Tbk, UBPN Kolaka, Sulawesi Tenggara”.

## **I.2 Ruang Lingkup**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kadar Ni-Fe dan faktor penyebab terjadinya perbedaan kadar HG (*High Grade*), berdasarkan hasil analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling* di Tambang Utara dan Tambang Tengah PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka.

## **I.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbandingan hasil analisis kadar Ni-Fe antara Tambang Utara dan Tambang Tengah di PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka berdasarkan sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling*?
2. Apa faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil analisis kadar Ni-Fe antara Tambang Utara dan Tambang Tengah pada sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling*?

## **I.4 Tujuan**



1. Membandingkan kadar Ni-Fe antara Tambang Utara dan Tambang Tengah pada sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling*.

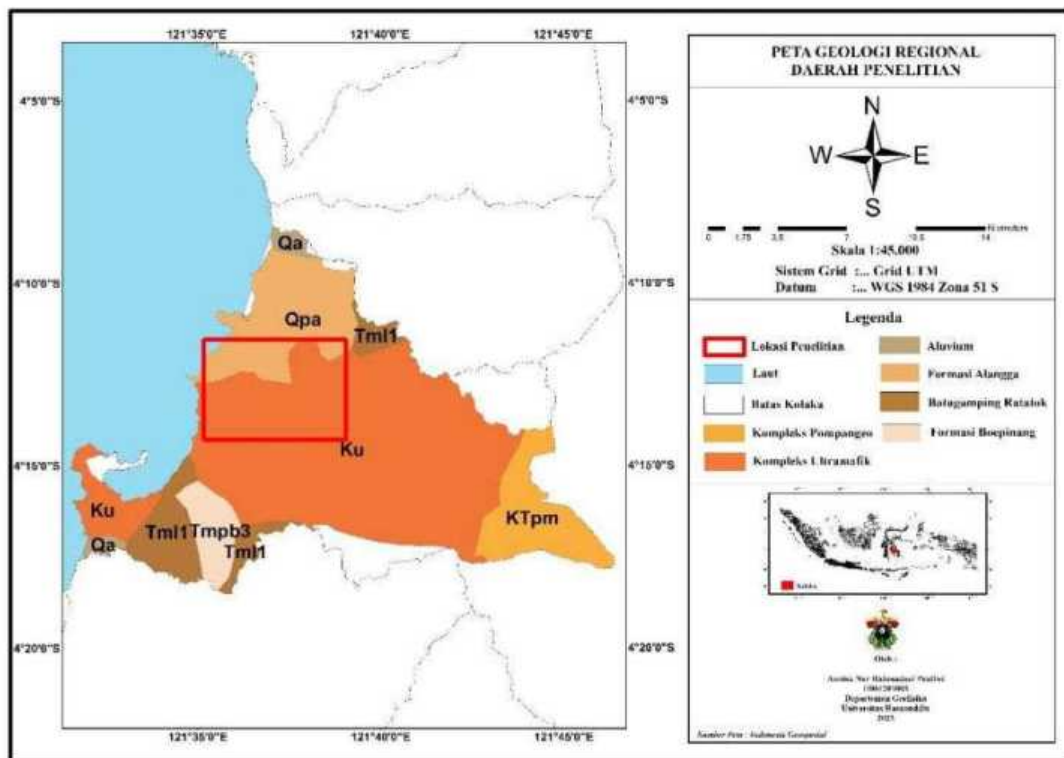
2. Menganalisis faktor-faktor penyebab adanya perbedaan hasil analisis kadar Ni-Fe antara Tambang Utara dan Tambang Tengah pada sampel *Re-Check* dan *Re-Sampling*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian



**Gambar 2. 1** Peta Geologi Daerah Penelitian

Pada Gambar 2.1 memvisualisasikan kondisi geologi di wilayah penelitian. Sulawesi Tenggara secara geologis termasuk dalam Kompleks Ophiolit di bagian tenggara Sulawesi, yang merupakan bagian dari Ophiolit Sulawesi Timur (OST). Istilah "Ophiolit" sendiri berasal dari bahasa Yunani dan telah lama digunakan untuk merujuk pada batuan ultramafik. Pada awalnya, istilah ini digunakan untuk menggambarkan batuan serpentinit yang memiliki kilap mirip sisik kulit ular.



Lebih spesifik, istilah ini kemudian merujuk pada asosiasi batuan mafik, kuarsa, dan sedimen laut dalam (*pelagic sediments*) yang didominasi oleh

batuan ultramafik, terutama peridotit (serpentin), bersama dengan subordinat gabro, diabas, atau norit, serta batuan terkait lainnya (Ahmad, 2008; Van Leeuwen and Pieters, 2011; Martosuwito, 2012; Surono, 2013).

Terdapat beberapa kompleks geologi di daerah penelitian diantaranya yaitu:

- Kompleks Ultramafik (Ku) mencakup berbagai jenis batuan seperti harzburgit, dunit, wherlit, serpentin, gabro, basal, dolerit, diorit, mafikmeta, amphibolit, magnesit, dan rodingit setempat. Satuan ini diperkirakan memiliki usia Kapur, dengan batuan tersebut berasal dari Jura bagian atas hingga Kapur bagian bawah, sekitar 160-100 juta tahun.
- Kompleks Pompangeo (MTpm) terdiri dari sekis mika, sekis glaukofan, sekis amphibolit, sekis klorit, rijang, dan batugamping meta. Satuan ini memiliki kontak struktur geser dengan satuan yang lebih tua di bagian utara, yaitu Kompleks Mekongga (Pzm). Berdasarkan penentuan usia oleh P3G (1993), Kompleks Pompangeo memiliki usia Kapur Akhir Paleosen bagian bawah (100 - 65 juta tahun), sementara Dinas Pertambangan dan Energi Sultra (2005) mencatat usianya sebagai Karbon Akhir - Permian (290-250 juta tahun), yang setara dengan Kompleks Mekongga (Pzm).
- Formasi Langkowala (Tml) terdiri dari konglomerat, batupasir, serpih, dan kalkarenit setempat. Konglomerat ini mengandung fragmen bervariasi, terutama dari kuarsa dan kuarsit, serta sebagian batupasir, sekis, dan ultrabasa. Formasi ini sering dibatasi oleh kontak struktur dengan batuan in dan bagian atasnya bersinggungan dengan bagian bawah Formasi oepinang (Tmpb). Berdasarkan penanggalan usia, batuan ini terbentuk



pada Miosen Tengah sekitar 15 juta tahun (P3G, 1993), sementara Dinas Pertambangan dan Energi Sultra (2005) mencatat kisaran usia Miosen Tengah bagian atas hingga Miosen Akhir bagian bawah (15-12 juta tahun).

- Formasi Alangga (Qpa) terdiri dari konglomerat dan batupasir dengan usia Plistosen, dan lingkungan pengendapannya adalah daerah darat-payau. Formasi ini menerobos secara tidak selaras formasi yang lebih tua yang termasuk dalam kelompok molasa Sulawesi. Usia formasi ini diperkirakan sekitar 5-3 juta tahun.
- Aluvium (Qa) merupakan endapan terkini yang masih terus berlanjut, terdiri dari lumpur, lempung, pasir kerikil, dan kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa, dan endapan pantai, dengan usia Holosen (S. Fajriasa'adah, 2019).

## II.2 Batuan Ultramafik

Istilah "ultramafik" dan "ultrabasa", masing-masing berhubungan secara klasifikasi mineralogi dan kimia batuan, namun istilah keduanya digunakan fleksibel artinya tidak sepenuhnya batuan tersebut memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Batuan ultramafik didefinisikan sebagai batuan dengan indeks warna lebih dari 70, dan batuan ultrabasa mengandung SiO<sub>2</sub> kurang dari 45 persen (Williams dkk., 1954).

Kebanyakan batuan ultramafik adalah batuan ultrabasa dan sebagian besar batuan ultrabasa juga ultramafik, tetapi ada pengecualian; jika ada magma ultrabasa (penggunaan komposisi), maka batumannya bisa tidak ultramafik (penggunaan

gi). Oleh karena itu, kedua istilah ini memiliki kegunaan spesifik dan harus nkan. Sebagian besar batuan ultramafik awalnya peridotit, terbentuk di



mantel atas, dan kemudian berubah menjadi serpentin, secara sempurna ataupun sebagian, oleh fluida kerak selama perjalanannya ke posisi tektoniknya saat ini. Batuan ultramafik di bagian kerak bumi yang tampak, khas terdapat dalam tubuh relatif kecil di jalur sempit orogen sedang hingga kuat. Singkapan batuan ultramafik dapat menempati ratusan kilometer persegi atau kira-kira sekecil sampel setangan yang tergabung ke dalam zona sesar (Hutabarat, 2015).

Menurut Golightly (1979) endapan nikel laterit dihasilkan dari proses pelapukan batuan ultramafik yang kaya akan mineral olivin dengan kandungan nikel 0,3-0,4%. Pelapukan adalah proses perubahan fisik dan kimia pada batuan atau mineral yang berlangsung di atau dekat permukaan bumi. Pelapukan kimia yang mengakibatkan pengayaan sekunder pada unsur-unsur tertentu dan menghasilkan endapan yang ekonomis seperti nikel, disebut lateritisasi (Waheed, 2002).

Lateritisasi meningkatkan kandungan nikel hingga 30 kali dari batuan asalnya. Asal endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik yang tersusun oleh mineral olivin, piroksen, dan serpentin yang merupakan mineral-mineral dengan stabilitas rendah dan rentan terhadap pelapukan kimia (Supit & Asy'ari, 2013)

Batuan ultramafik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Batuan Ultramafik.



Batuan Ultrabasa hadir dalam bumi sebagai komponen utama penyusun mantel atas di bawah kerak benua atau kerak samudera (Kadarusman, 2009). Kandungan mineralnya didominasi oleh mineral-mineral berat dengan kandungan unsur-unsur seperti Fe dan Mg (Ahmad, 2006). Menurut McDonough dan Rudnick (1998), batuan ultrabasa umumnya tersusun atas olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, dan fase alumina baik plagioklas, spinel atau garnet tergantung kesetimbangan suhu dan tekanannya.

Berikut ini adalah tabel klasifikasi batuan ultramafik dan ultrabasa.

	<b>Ultramafic rock (Mafics &gt; 70%)</b>	<b>Ultrabasic rock (Silica &lt; 45%)</b>
Dunite	Yes, mafics 100%	Yes, silica = 43%
Serpentinite	Yes, mafics 100%	Yes, silica = 43%
Harzburgite (50% olivine, 50% enstatite)	Yes, mafics 100%	No, silica = 51%
Orthopyroxenite (enstatite)	Yes, mafics 100%	No, silica = 60%
Anorthosite	No, mafics < 10%	Yes, silica = 43%

**Tabel 2. 1** Tabel Batuan Ultramafik dan Batuan Ultrabasa (Ahmad, 2008).

## II.2.1 Klasifikasi Batuan Ultramafik

Menurut Ahmad (2009) Batuan ultramafik diklasifikasikan sebagai berikut.

### 1. Dunit

Menurut Ahmad (2002) 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 (Williams dkk., 1954).

## 2. Piroksenit

Piroksenit merupakan batuan ultramafik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral piroksen.

## 3. Hornblendite

Hornblendite merupakan batuan ultramafik mono mineral yang seluruhnya mengandung mineral hornblend.

## 3. Serpentin

Serpentin merupakan batuan ultramafik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral serpentin, yang kaya akan mineral mafik. Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultramafik, dengan mineral-mineral olivin dan piroksen ketika alterasi akan membentuk mineral serpentin. Batuan ini dapat terbentuk dari batuan dunit yang terserpentinisasi, dari hornblendit, ataupun peridotit (Ahmad, 2006).

## 4. Peridotit

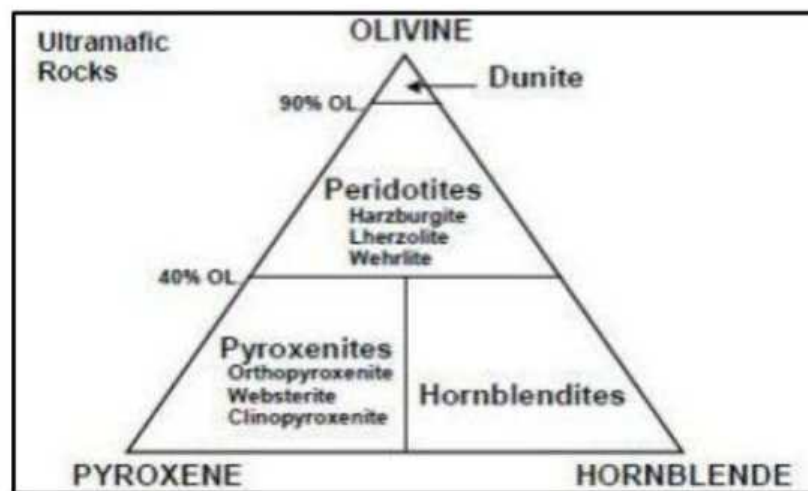
Peridotit merupakan batuan ultramafik yang mengandung lebih banyak olivin tetapi juga mengandung mineral-mineral mafik lainnya di dalam jumlah yang signifikan. Berdasarkan mineral-mineral mafik yang menyusunnya, maka batuan peridotit dapat diklasifikasikan sebagai piroksen peridotit, hornblende peridotit, mika peridotit. Salah satu batuan peridotit yang dikelompokkan

sarkan mineral mafik, yaitu piroksen peridotit. Berdasarkan dari tipe sen, maka piroksen peridotit dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu;



- Harzburgit: tersusun oleh olivin dan orthopiroksen.
- Wehrlit: tersusun oleh olivin dan klinopiroksen.
- Lherzolit: tersusun oleh olivin, orthopiroksen dan klinopiroksen.

Dibawah ini klasifikasi batuan ultramafik menurut Ahmad (2009) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3** Klasifikasi Batuan Ultramafik (Ahmad, 2009).

## II.2.2 Unsur – Unsur Pada Batuan Ultramafik

Menurut Ahmad (2009) pada batuan ultramafik sering dijumpai unsur-unsur sebagai berikut.

1. Unsur yang bersifat *mobile*, unsur ini mudah hilang dalam profil pelapukan dan sangat larut dalam aliran air tanah seperti: Ca, Na, K, Mg, Si.
2. Unsur yang bersifat *non mobile*. Unsur ini tidak dapat larut dalam air tanah, sebagian besar unsur – unsurnya merupakan penyusun dari residu tanah (*residual soil*), seperti: Al, Fe, Cr, Ti, Mn, dan Co.



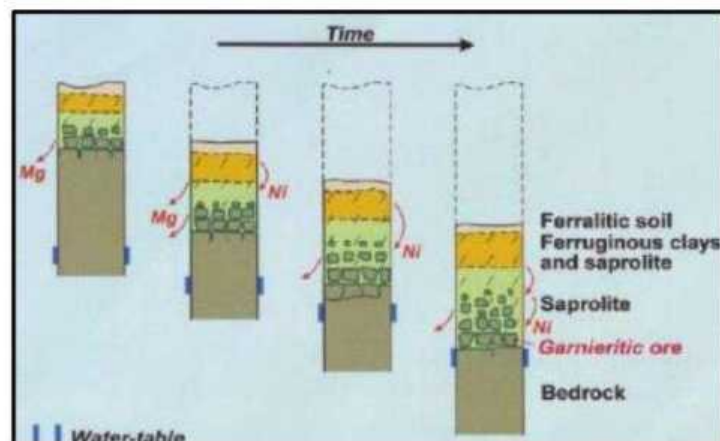
3. Unsur yang bersifat *semi mobile*. Elemen dengan daya larut yang terbatas dan mobilitas terbatas. Sebagian larut dalam air tanah yang bersifat asam, seperti: Ni dan terkadang Mn dan Co.

### II.3 Genesa Endapan Nikel Laterit

Proses laterisasi adalah proses pelapukan pada mineral yang mudah larut dan silika pada profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam dan lembab serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co (Rose dkk, 1979, dalam Nushantara, 2002).

Proses pelapukan yang terjadi akan menyebabkan unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co terkayakan di zona limonit dan terikat sebagai mineral-mineral oksida atau hidroksida, seperti limonit, hematit, dan goetit (Hasanudin, 1992). Umumnya endapan nikel terbentuk pada batuan ultrabasa dengan kandungan Fe di olivin yang tinggi dan nikel berkadar antara 0,2% - 0,4%.

Berikut ini merupakan proses pembentukan nikel laterit yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



· 2. 4 Proses Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freysnet dkk., 2005).

ikan bijih nikel laterit dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-



faktor yang memengaruhi pembentukan nikel laterit (Ahmad, 2005) adalah:

### 1. Batuan Asal

Keberadaan batuan induk menjadi syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit. Nikel laterit awalnya merupakan batuan ultrabasa. Dalam hal ini batuan ultrabasa mengandung nikel (Ni) yang berlimpah diantara batuan lainnya. Batuan ultrabasa mengandung unsur-unsur yang larut dan menyediakan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel serta mengandung mineral yang mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksen.

### 2. Iklim

Perubahan musim kemarau dan musim hujan akan menyebabkan muka air tanah naik dan turun sehingga terjadi proses pemisahan dan penumpukan unsur-unsur. Perbedaan suhu yang cukup besar akan mendorong terjadinya pelapukan mekanis, di mana akan terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.

### 3. Reagen-Reagen Kimia

Reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu dalam mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO<sub>2</sub> memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia. Asam-asam pada humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat mengubah pH larutan. Asam-asam pada humus berkaitan erat dengan vegetasi yang ada di daerah tersebut. Vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah mengalir.



#### 4. Topografi

Keadaan topografi setempat akan sangat memengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang meluncur (*run off*) lebih banyak daripada air yang meresap sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

#### 5. Waktu

Waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapukan, transportasi, dan konsentrasi endapan pada suatu tempat. Untuk terbentuknya endapan nikel laterit membutuhkan waktu yang lama, mungkin ribuan atau jutaan tahun. Bila waktu pelapukan terlalu muda maka terbentuk endapan yang tipis. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi.

#### 6. Struktur Geologi

Struktur geologi yang penting dalam pembentukan endapan laterit adalah rekahan (*joint*) dan patahan (*fault*). Adanya rekahan dan patahan ini akan mempermudah rembesan air ke dalam tanah dan mempercepat proses pelapukan terhadap batuan induk. Selain itu rekahan dan patahan dapat pula berfungsi sebagai tempat pengendapan larutan-larutan yang mengandung



nikel (Ni) sebagai vein-vein. Seperti diketahui bahwa jenis batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan memudahkan masuknya air dan proses pelapukan yang terjadi akan lebih intensif.

### II.3.1 Endapan Nikel Laterit

Endapan Nikel Laterit terbentuk sebagai hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa yang mengandung Ni-Silikat. Umumnya, endapan ini dapat ditemukan di wilayah dengan iklim tropis hingga subtropis. Dampak dari iklim tropis di Indonesia menyebabkan terjadinya proses pelapukan yang intensif, menjadikan sejumlah daerah di bagian timur Indonesia kaya akan endapan nikel laterit. Batuan ultrabasa rata-rata memiliki kandungan nikel sekitar 0,2%. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi kristal mineral olivin dan piroksen, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Substitusi ini terjadi karena radius ion dan muatan ion yang hampir sama di antara ketiga unsur tersebut (Vinogradov, 2017). Berdasarkan zonasi nya, endapan nikel laterit terbagi menjadi empat, yaitu (Elias, 2002):



Gambar 2. 5 Penampang Profil Endapan Nikel Laterit.



### 1. Zona Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup merupakan bagian paling atas dari penampang laterit. Komposisinya melibatkan akar tumbuhan, humus, oksida besi, dan residu organik lainnya. Warna khasnya adalah coklat tua hingga kehitaman, dan bersifat gembur. Kandungan nikelnya sangat rendah sehingga tidak diambil dalam kegiatan penambangan. Ketebalan zona tanah penutup rata-rata berkisar antara 0,3 hingga 6 meter.

### 2. Zona Limonit

Limonit terletak di bagian bawah zona tanah penutup. Ini merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan beku ultrabasa. Komposisinya mencakup oksida besi yang dominan, goetit, dan magnetit. Ketebalan zona ini rata-rata antara 8-15 meter. Meskipun dalam persentase kecil, dalam limonit dapat ditemukan akar tumbuhan. Kemunculan bongkah-bongkah batuan beku ultrabasa pada zona ini umumnya tidak dominan atau hampir tidak ada, karena mineral-mineral dalam batuan basa hingga ultrabasa telah berubah menjadi serpentin akibat pelapukan yang belum tuntas.

### 3. Zona Saprolit

Zona saprolit terletak di bagian bawah zona limonit dan merupakan zona pengayaan unsur nikel (Ni). Komposisinya terdiri dari oksida besi, serpentin, magnetit, dan struktur batuan asal yang masih terlihat. Ketebalan zona ini berkisar antara 5-18 meter. Bongkah batuan asal sering muncul, dan pada peretakan-an-rekahan batuan asal, dapat ditemukan magnesit, serpentin, krisopras,



dan garnierit. Bongkah batuan asal yang muncul umumnya memiliki kadar SiO<sub>2</sub> dan MgO yang tinggi serta kandungan Ni dan Fe yang rendah.

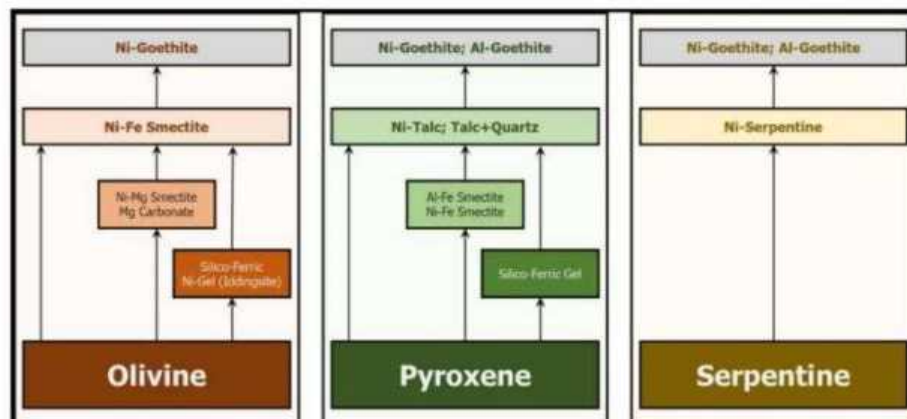
#### 4. Zona Batuan Dasar (*Bedrock*)

Zona batuan dasar terletak di bagian paling bawah dari profil laterit. Batuan dasar ini merupakan batuan asal dari nikel laterit, umumnya berupa batuan beku ultrabasa, yakni peridotit yang rekahannya telah diisi oleh oksida besi sekitar 5-10%, dengan garnierit minor, dan kandungan silika > 35%.

### II.3.2 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik (*bedrock*) dapat menghasilkan mineral sekunder, sebagai berikut (Nahon dkk., 1992):

1. *Olivin* menjadi *Krisotil*, *Magnetit*, *Saponit*, *Nontronit*, *Silika*, *Amorf* dan *Goetit*.
2. *Piroksin* menjadi *Talc*, *Smektit* dan *Goetit*.
3. *Serpentin* menjadi *Smektit* dan *Goetit*.



**Gambar 2. 6** Skema dari Transformasi Mineral Akibat Adanya Pelapukan oleh Batuan Dasar (Batuan Ultramafik) (Nahon dkk., 1992).



sekunder yang terbentuk selama pembentukan laterit memiliki proses



pembentukan yang berbeda dari mineral primer. Pelapukan kimia yang terjadi pada olivin dan pyroxene lebih kompleks dibandingkan dengan serpentin karena tekstur serpentin yang lebih halus dan komposisi kimia yang lebih seragam dibandingkan dengan *olivin* dan *pyroxene* (Nahon dkk., 1992).

## II.4 Nikel dan Besi

### II.4.1 Nikel

Nikel memiliki peran yang signifikan dalam berbagai produk konsumen, industri, militer, transportasi, penerbangan, kelautan, dan aplikasi arsitektur. Keistimewaan sifat fisik dan kimianya menjadikan nikel sangat penting dalam banyak produk yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Keunikan sifat fisik dan kimia nikel terletak pada kemampuannya memiliki titik lebur yang tinggi, ketahanan terhadap korosi dan oksidasi, keuletan yang sangat lentur, sifat magnetis pada suhu ruangan, kemampuan untuk dilapisi secara elektrokimia, potensinya sebagai katalis dalam reaksi kimia, dan kemampuannya untuk didaur ulang (The Life of NI, 2016).

Berikut produk nikel dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2. 7** Nikel.

ring dianggap sebagai sumber daya yang terbatas, dengan risiko ngan yang dapat menghabiskan sumber daya ini. Namun, dengan



penerapan teknologi, kebijakan, dan program yang tepat dalam pengelolaan sumber daya, nikel dapat didaur ulang secara efisien, mengizinkan penggunaan yang berkelanjutan. Tantangan utama dalam proses daur ulang termasuk kebutuhan energi, dampak lingkungan, dan biaya ekonomi (Mudd, 2010).

Nikel memiliki peranan penting dalam infrastruktur dan teknologi, dengan aplikasi utama dalam pembuatan baja tahan karat (58%), paduan nikel (14%), pengecoran dan baja paduan (9%), pelapisan elektro (9%), dan baterai isi ulang (5%). Sumber daya ekonomi nikel dapat ditemukan dalam bijih sulfida dan laterit. Meskipun sebagian besar produksi nikel berasal dari bijih sulfida, mayoritas sumber daya nikel diketahui terkandung dalam bijih laterit. Permintaan akan nikel terus meningkat, mendorong peningkatan eksploitasi nikel dari bijih laterit (Mudd, 2010).

#### II.4.2 Besi

Besi merupakan logam yang paling banyak terdapat di alam. Besi juga diketahui sebagai unsur yang paling banyak membentuk bumi, yaitu kira-kira 4,7 - 5% pada kerak bumi. Besi adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi dan jarang dijumpai dalam keadaan bebas, kebanyakan besi terdapat dalam batuan dan tanah sebagai oksida besi, seperti oksida besi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) mengandung besi 65%, hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) mengandung 60 - 75% besi, limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) mengandung 20% besi dan siderit ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ) mengandung 10% besi (Manahan, 2000). Berikut produk besi dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.





**Gambar 2. 8** Besi.

Besi merupakan logam yang paling luas digunakan, mencakup 92% dari total produksi logam di seluruh dunia. Keterjangkaunya yang tinggi dan kekuatannya yang mencolok menjadikannya sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik seperti pembuatan mesin, peralatan otomotif, lambung kapal besar, dan struktur bangunan. Mengingat besi murni relatif lunak, biasanya digabungkan dengan unsur paduan untuk membentuk baja (Camp & Francis, 1920).

Besi yang tersedia secara komersial dikategorikan berdasarkan kemurniannya dan kandungan aditifnya. Pig iron, misalnya, memiliki kandungan karbon sekitar 3,5 - 4,5% dan mengandung berbagai kontaminan seperti belerang, silikon, dan fosfor. Pig iron bukanlah produk komersial secara langsung, tetapi merupakan tahap antara dalam proses pembuatan besi tuang dan baja. Upaya untuk mengurangi kontaminan seperti belerang dan fosfor yang dapat mempengaruhi sifat material menghasilkan besi tuang dengan kandungan karbon sekitar 2 - 4%, silikon 1 - 6%, dan sejumlah kecil mangan (Beukes dkk., 2003).



#### **Penentuan Kadar Bijih Nikel Laterit**

Bijih nikel dari mineral oksida (*Laterite*) ada dua jenis yang umumnya ditemui yaitu hematit dan Limonit dengan berbagai variasi kadar. Perbedaan menonjol dari 2

jenis bijih ini adalah kandungan Fe (Besi) dan Mg (Magnesium), bijih saprolit mempunyai kandungan Fe rendah dan Mg tinggi sedangkan pada bijih limonit kandungan Fe tinggi dan Mg rendah (Munandar A dkk., 2018).

PT. Antam, Tbk UBPN Kolaka membagi bijih menjadi tiga tingkat kualitas. Adapun klasifikasi *Cut Of grade* (COG) yang digunakan pada daerah penelitian adalah: Kategori Material Non Produksi (MNP) karena kadarnya <1,50%, kategori *Low Grade Saprolite Ore* (LGSO) karena kadarnya berada di range 1,7%-1,79%, kategori *High Grade Saprolite Ore* karena kadarnya  $\geq 1,8\%$ .

Sedangkan untuk bijih dengan kadar Ni > 2,0% akan mempertimbangkan kadar Fe dari bijih tersebut. Apabila Fe < 15% maka tergolong kedalam *High Grade Saprolite Ore* (HGSO) dan jika Fe > 15% maka tergolong kedalam *Low Grade Saprolite Ore* (LGSO).

## II.6 XRF (*X-ray Fluorescence*)

Metode analisis *X-ray Fluorescence* (XRF) merupakan teknik yang memanfaatkan radiasi sinar-X yang terserap dan dipantulkan oleh sampel atau target untuk menganalisis unsur-unsur yang membentuk suatu bahan. Namun, XRF kurang efektif dalam skala kecil atau mikro, dan umumnya lebih cocok untuk menganalisis bahan dengan fraksi yang lebih besar, seperti bahan-bahan geologi. Teknik ini banyak digunakan, terutama dalam analisis unsur-unsur yang terdapat dalam batuan, mineral, dan sedimen (Fitton, 1997).

XRF umumnya digunakan untuk mengidentifikasi komposisi unsur dalam suatu



Keunggulan dari metode ini adalah kecepatan dan kemampuannya yang uktif, sehingga menjadi pilihan utama dalam pengendalian kualitas

material di lapangan dan industri. Terdapat berbagai sumber eksitasi primer yang dapat digunakan untuk XRF, selain sinar-X, seperti partikel alfa, proton, atau bahkan sumber elektron dengan energi yang tinggi, tergantung pada kebutuhan penggunaannya (Jamaluddin, 2016).

Berikut Alat XRF dari PT. Antam, Tbk UBPB Kolaka disajikan pada **Gambar 2.9**.



**Gambar 2. 9** Alat XRF.

Ketika sinar-X primer dihasilkan oleh tabung X-Ray atau sumber radioaktif dan menyentuh sampel, sinar-X tersebut dapat diserap atau tersebar oleh material. Proses di mana sinar-X diserap oleh atom dan energinya ditransfer ke elektron yang berada pada kulit atom yang lebih dalam dikenal sebagai efek fotolistrik. Saat ini terjadi, jika sinar-X primer memiliki energi yang mencukupi, sebuah elektron dapat berpindah dari kulit yang lebih dalam, menyebabkan terbentuknya kekosongan, kondisi ini menyebabkan atom menjadi tidak stabil.

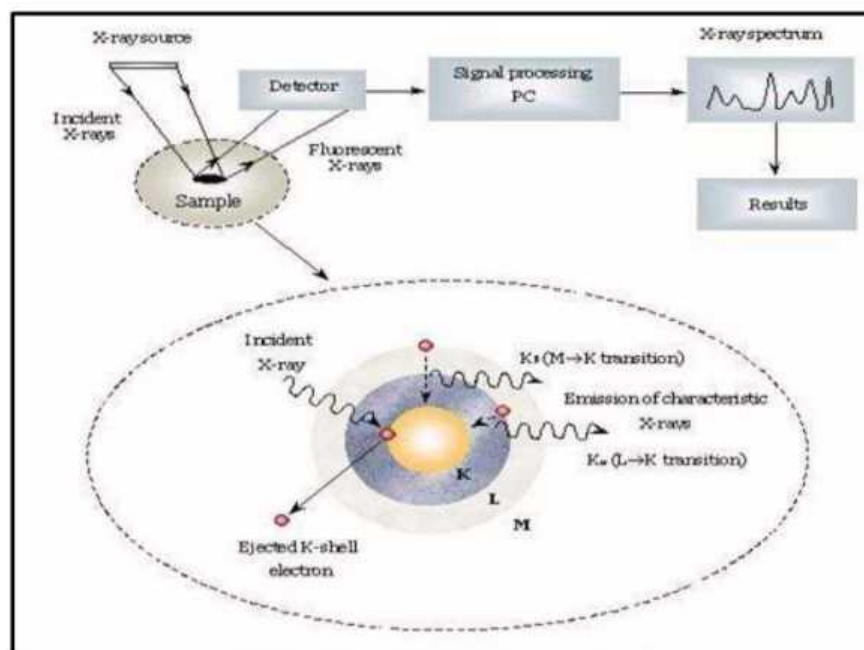
Apabila atom kembali ke keadaan stabil, maka elektron dari kulit luar berpindah ke kulit yang lebih dalam, dan proses ini menghasilkan sinar-X dengan energi tertentu

a dengan selisih energi antara dua kulit tersebut. Emisi sinar-X ini berasal es yang dikenal sebagai Fluoresensi Sinar-X. Proses pendeteksian dan



analisis emisi sinar-X disebut sebagai spektrometri analisis XRF. Secara umum, kulit K dan L terlibat dalam deteksi XRF, sehingga sering ditemukan istilah  $K\alpha$ ,  $K\beta$ ,  $L\alpha$ , dan  $L\beta$  dalam spektrometri analisis XRF. Jenis spektrum sinar-X yang dihasilkan oleh sampel yang diradiasi akan menunjukkan puncak-puncak dengan intensitas yang berbeda (Viklund, 2008).

Prinsip kerja XRF seperti yang tertera pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Prinsip Kerja XRF (Gosseau, 2009).

**Gambar 2.11** menunjukkan difraksi yang terjadi. Pola-pola difraksi tersebut sebenarnya menyerupai pola gelap dan terang. Pola gelap terbentuk ketika terjadi interferensi destruktif, sedangkan pola terang terbentuk ketika terjadi interferensi konstruktif dari pantulan gelombang-gelombang sinar-X yang saling bertemu.

Interferensi konstruktif tersebut terjadi sesuai dengan Hukum Bragg berikut ini:



$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.1)$$

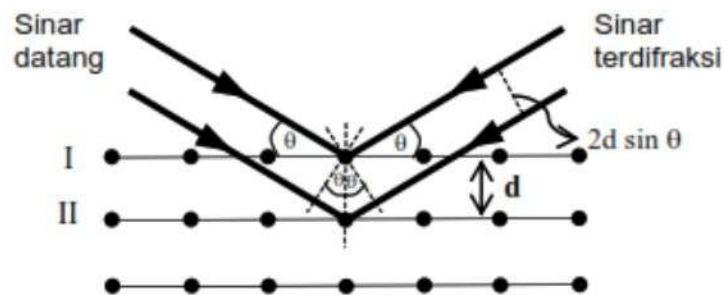
Dimana,

$n$  = urutan difraksi;

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X;

$d$  = jarak antar bidang kristal; dan

$\theta$  = sudut difraksi.



**Gambar 2. 11** Difraksi Radiasi Sinar-X dalam Struktur Kristal ( Alfarisa S dkk., 2018).

Adapun kelebihan dan kekurangan dari XRF (Panalytical, 2009 ) :

1. Kelebihan

- Cukup mudah, murah, dan analisisnya cepat. • Jangkauan elemen hasil analisa akurat.
- Membutukan sedikit sampel pada tahap preparasinya (untuk Trace elemen).
- Dapat digunakan dan sampel dapat berupa padat, bubuk, dan cairan.
- Tidak merusak sampel (Non-Destructive Test).
- Banyaknya unsur yang dapat dianalisa sekaligus (Na-U).

Konsentrasi dari ppm hingga 100%.

Hasil keluar dalam beberapa menit, tergantung aplikasi.

Menjadi metoda analisa unsur standar dengan banyaknya metoda



analisaISO dan ASTM yang mengacu pada analisa XRF.

## 2. Kekurangan

- Tidak cocok untuk analisa elemen yang ringan seperti H dan He.
- Analisa sampel cair membutuhkan Volume gas helium yang besar.
- Tidak dapat mengetahui senyawa apa yang dibentuk oleh unsur-unsur yang terkandung dalam material.
- Tidak dapat menentukan struktur dari atom yang membentuk material itu.
- Membutuhkan perlakuan yang banyak.

