

*Skripsi Geofisika*

**Analisis Perubahan Kadar Bijih Nikel Laterit Dari  
Data Pengeboran *Inpit* Sampai ke Tahap  
Penambangan Berdasarkan Analisa XRF di PT.  
Antam Kolaka**

**Disusun dan di ajukan oleh**

**JACK AXEL**

**(HO61191011)**



**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS PERUBAHAN KADAR NIJIH NIKEL LATERIT DARI DATA  
PENGEBORAN INPIT SAMPAI KE TAHAP PENAMBANGAN  
BERDASARKAN ANALISA XRF DI PT. ANTAM KOLAKA.**

**SKRIPSI**

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

**OLEH:**

**JACK AXEL  
H061191011**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**Analisis Perubahan Kadar Bijih Nikel Laterit Dari  
Data Pengeboran Inpit Smpai ke Tahap  
Penambangan Berdasarkan Analisa XRF di PT.  
Antam Kolaka**

Disusun dan diajukan oleh

**JACK AXEL**

**H061 19 1011**

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 4 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

**Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT, Surv. IPM**  
NIP. 196406161989031006

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

**Ketua Departemen Geofisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin Makassar**



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Jack Axel  
NIM : H061191011  
Departemen : Geofisika  
Judul Skripsi : Analisis perubahan kadar bijih nikel laterit dari data pengeboran inpit sampai ke tahap penambangan berdasarkan analisa XRF di PT. Antam Kolaka

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 4 Mei 2023

Yang membuat pernyataan,



**Jack Axel**

## ABSTRAK

Nikel merupakan salah satu bahan baku penting dalam dunia industri, dikarenakan nikel yang memiliki sifat-sifat anti karat, daya tahan, dan dapat dipadukan dengan bahan logam lain. Sebelum dilakukan kegiatan penambangan, terlebih dahulu dilakukan pengambilan sampel *inpit & test pit* untuk mengetahui gambaran secara umum lapisan dan kadar endapan nikel laterit yang terbentuk, sampel *re-check* bertujuan mengkorelasikan hasil *test pit* (data awal) dengan ore yang diproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar yang terjadi pada bijih nikel khususnya pada sampel *Inpit, testpit, re-check* dan faktor-faktor yang menyebabkan perubahan kadar bijih nikel pada sampel *Inpit, testpit & re-check* di PT. Antam Kolaka berdasarkan hasil analisa *X-ray Fluorescence (XRF)* yang dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan terjadi perubahan kadar pada rata-rata sampel *re-check* yaitu sebesar 0,7% pada front strada dan 0,22% pada front rubicon. Hal ini dipengaruhi oleh lapisan, posisi waste terhadap bijih dan cuaca, penyebaran bijih yang bersifat heterogen dan blending yang bertujuan untuk menaikkan kadar ore yang berkadar rendah. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan agar kadar bijih nikel terus bisa terjaga kualitasnya dengan baik.

**Kata Kunci :** Nikel laterit, bijih nikel, Perubahan kadar, PT. Antam Kolaka

## ABSTRACT

Nickel is one of the important raw materials in the industrial world, because nickel has anti-rust properties, durability, and can be combined with other metals. Before mining activities are carried out, *inpit* sampling & *test pit* are first carried out to find out the general picture of the layer and levels of laterite nickel deposits formed, the *re-check* sample aims to correlate the *test pit* results (preliminary data) with the ore produced. This study aims to determine changes in nickel ore levels, especially in *Inpit*, *testpit*, *re-check* and factors that cause changes in nickel ore levels in *Inpit*, *testpit* & *re-check* samples at PT. Antam Kolaka based on the results of *X-ray Fluorescence* (XRF) analysis conducted in the laboratory. The results showed a change in the average level of the *re-check* sample, which was 0.7% on the front strada and 0.22% on the front rubicon. This is influenced by layers, waste position on ore and weather, heterogeneous ore distribution and blending which aims to increase low-grade ore levels. The results of this study can be used as a reference so that nickel ore levels can continue to be maintained in good quality.

**Keywords :** Nickel laterite, nickel ore, Level change, PT. Antam Kolaka

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yesus yang telah memberikan saya kekuatan dan hikmat sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Tanpa pertolongan Tuhan tentunya saya tidak akan sanggup untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi dengan Judul “**Analisis perubahan kadar bijih nikel laterit dari data pengeboran inpit sampai ke tahap penambangan berdasarkan analisa XRF di PT. Antam Kolaka**” dibuat sebagai syarat untuk bisa mendapatkan gelar Sarjana Sains. Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari keterbatasan penulis, akan tetapi berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan dengan baik. Berbagai bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun tentu sangat diharapkan penulis dalam peningkatan kualitas karya-karya berikutnya.

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati ucapan terimakasih yang tak terhingga saya ucapkan kepada keluarga saya, khususnya kedua orang tua saya, Bapak **Rudianto**, Ibu **Saptiyanti Sampetua**, kakak saya **Olivia** dan adek saya **Inggried aurelya**, sebagai orang yang berada pada posisi terdepan dalam memberikan cinta kasih, doa serta berbagai pengorbanan untuk penulis.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada kerabat atas segala bentuk bantuan dan dukungan yang tulus menjadi ungkapan terindah yang penulis dapat sampaikan.

Penulis juga ingin menyampaikan penghormatan dan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Muhammad Altin Massinai, M.T, Surv, IPM** selaku pembimbing utama dan Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M.,S.Si., M.T**

selaku pembimbing pertama yang selalu meluangkan waktunya dan memberi perhatian, bimbingan, nasihat, motivasi serta masukan-masukan yang memberi semangat saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

2. Ibu **Dra. Maria, M.Si** dan ibu **Makhrani, S.Si, MT** selaku selaku tim penguji yang telah memberikan saran, kritik, koreksi dan masukan kepada saya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dosen-dosen pengajar terkhusus **Dosen-dosen Departemen Geofisika** yang telah memberikan banyak bentuk pengajaran dan bimbingan selama saya menempuh pendidikan.
4. Kawan dan sobat Kerja Praktik (KP) dalam pengambilan data penelitian yaitu **Diky darmawan** dan **Asyifah**
5. **Dian Novia Regina Padatu** sebagai support system dan penyemangat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. **Diky Darmawan, Akbar Nabawi Faturrahman, Haikal Hasrat Selon, Andi Fausta Trixie, Riman tonapa** dan **Dominikus Mangopo Palangda** selaku teman perjuangan dalam dunia perkuliahan.
7. Teman-teman **Geofisika 2019** yang telah membantu dan menemani selama proses perkuliahan.
8. Kawan-kawan **HMGF 2019** sebagai teman seperjuangan dalam berposes dan berlembaga.
9. **SPE Unhas SC** sebagai wadah dalam mengembangkan soft skill dalam dunia perkuliahan
10. Teman-teman dari **GOLCC** yang telah memberi support dan doa agar bisa terselesainya skripsi ini yaitu : **Kak ezra, kak deby, Vero, Yusrin, Rival,**



**Yabes, Dian, Anggun, Abe, david, Kak aris, Gita** dan teman-teman yang lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

- 11.** Teman-teman **KKN Tercinta** khususnya **Posko 1 Desa wisata maros desa Pajukkukang** yang telah memberikan banyak pengalaman, Support dan semangat selama menjalani KKN yaitu : **Ardi, Aldi, Fuad, Yusril, Ince, Nurul, Yola dan Tenri.**
- 12.** Serta kepada seluruh pihak, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang ikut serta membantu hingga skripsi ini terselesaikan.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Ruang Lingkup.....	2
I.4 Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
II.1 Geologi Regional .....	4
II.2 Batuan.....	5
II.2.1 Batuan beku .....	7
II.2.2 Batuan ultramafik .....	7
II.3 Nikel .....	9
II.3.1 Sejarah nikel .....	9
II.3.2 Nikel laterit .....	10
II.3.3 Penampang laterit .....	13
II.3.4 Genesa Pembentukan Nikel Laterit .....	15
II.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Nikel Laterit .....	17
II.3.6 Penentuan Kadar Eksplorasi Bijih Nikel .....	19
II.7 Metode XRF .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
III.1 Lokasi Penelitian .....	23
III.2 Prosedur Penelitian.....	23
III.2.1 Prosedur Pengambilan Sampel.....	23
III.2.1.1 Prosedur Pengambilan Sampel <i>test pit</i> .....	23
III.2.1.1 Prosedur Pengambilan Sampel <i>re-check</i> .....	24
III.2.2 Prosedur Preparasi Sampel.....	24

III.2.3	Prosedur Uji Laboratorium Instrument .....	25
III.3	Bagan Alir .....	27
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
IV.1	Hasil Analisa Unsur Sampel <i>Inpit</i> .....	28
IV.2	Hasil Analisa Unsur Sampel <i>Testpit</i> .....	28
IV.3	Hasil Analisa Unsur Sampel <i>Re-check</i> .....	30
IV.4	Grafik Selisih Kadar Ni Sampel Test Pit dan Re-Check.....	32
IV.5	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Kadar.....	34
IV.5.1	Lapisan .....	34
IV.5.2	Penyebaran Bijih Bersifat Heterogen.....	35
IV.5.3	Posisi Waste Terhadap Bijih dan Cuaca.....	35
IV.5.4	Blending .....	35
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>37</b>
V.1	Kesimpulan.....	37
V.2	Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Peta Geologi Kolaka .....	4
<b>Gambar 2.2</b> Daur Batuan (Siklus Batuan) (Noor, 2009) .....	5
<b>Gambar 2.3</b> Ilustrasi profil laterit (Puspita dkk., 2022).....	13
<b>Gambar 2.4</b> Penampang Laterit.....	15
<b>Gambar 2.5</b> Proses pelapukan batuan asal menjadi laterit nikel (Ahmad ,2005).. .....	19
<b>Gambar 2.6</b> (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses analisis data (Sumantry, T., 2002) .....	21
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Penelitian PT. Antam Kolaka .....	23
<b>Gambar 3.2</b> Bagan Alir.....	27
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Selisih Kadar Ni Front Strada .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Selisih Kadar Ni Front Rubicon .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Ilustrasi Profil nikel laterit .....	34

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Analisa Unsur Inpit .....	28
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Analisa unsur sampel Test pit di front Strada.....	28
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Analisa unsur sampel Test pit di front Rubicon .....	29
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Analisa unsur sampel Re-Check di front Rubicon.....	31

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan penggunaan nikel yang meningkat pesat sebagai bahan baku industri. Hal tersebut dikarenakan nikel yang memiliki sifat-sifat anti karat, daya tahan, dan dapat dipadukan dengan bahan logam lain. PT. Antam Kolaka adalah salah satu perusahaan yang melakukan operasi penambangan serta pengolahan bijih nikel di Indonesia dikarenakan daerah Kolaka menunjukkan susunan batuan utamanya yaitu kompleks ultramafik dan memiliki cadangan nikel yang melimpah.

Kadar bijih nikel hasil kegiatan penambangan sangat bervariasi, sehingga untuk memenuhi kebutuhan perlu dilakukan proses penanganan material secara tepat. Sebelum bijih nikel masuk ke dalam pabrik, perlu terlebih dahulu diketahui nilai kadarnya. Nilai kadar bijih nikel dapat diketahui dari sampel yang telah dilakukan analisis menggunakan XRF.

Sampel merupakan suatu bagian kecil yang dianggap dapat mewakili satu tumpukan bijih. Sampel diambil menggunakan metode tertentu yang sesuai dengan standar perusahaan. Sampel-sampel yang telah di ambil dari suatu tumpukan bijih memiliki karakteristik yang bervariasi, seperti variasi ukuran material dan kandungan air. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil analisis laboratorium yang akurat, maka diperlukan sampel yang betul-betul homogen dan bisa mewakili nilai kadar tumpukannya.

Sebelum dilakukan kegiatan produksi, terlebih dahulu dilakukan pengambilan sampel *inpit & test pit* untuk mengetahui gambaran secara umum lapisan dan kadar endapan nikel laterit yang terbentuk menggunakan metode XRF. Pengambilan sampel *re-check* bertujuan mengkorelasikan hasil *test pit* (data awal) dengan ore yang diproduksi. Akan tetapi sering kali terjadi perbedaan kadar bijih nikel antara sampel test pit dengan sampel *re-check*, dan belum adanya penelitian yang menjelaskan mengapa perubahan kadar pada bijih nikel bisa terjadi, oleh karena itu penulis tertarik untuk meneliti “Analisis Perubahan Kadar Bijih Nikel Laterit Dari Data Pengeboran *Inpit* Sampai ke Tahap Penambangan Berdasarkan Analisa XRF di PT. Antam Kolaka”

## **I.2 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam penelitian ini di batasi pada sampel *inpit, pit test*, sampel *recheck* dan data hasil analisa XRF untuk mengetahui perubahan kadar yang terjadi dan faktor-faktornya. untuk Penelitian ini dilakukan di PT. Antam Kolaka Kecamatan Pomalaaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.

## **I.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Apakah terjadi perubahan kadar bijih nikel pada proses penambangan
2. Apa yang mempengaruhi perubahan kadar bijih nikel pada proses penambangan khususnya pada sampel *inpit, test pit* dan *re-check* di PT Antam Kolaka?

## **I.4 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui perubahan kadar yang terjadi pada bijih nikel pada proses penambangan terutama pada sampel *inpit, test pit* dan *re-check*

2. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan perubahan kadar bijih nikel pada proses penambangan khususnya pada sampel *inpit*, *test pit* dan *re-check* di PT Antam Kolaka.

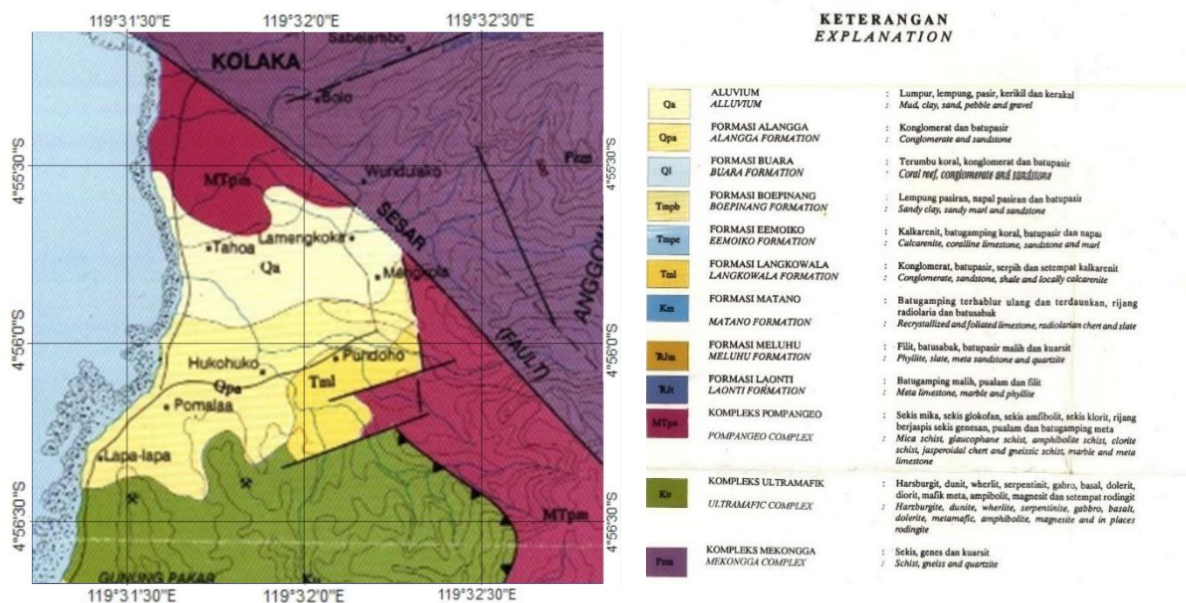


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Geologi Regional

Secara regional, kondisi geologi daerah penelitian berada pada lembar Kolaka menunjukkan bahwa susunan batuan utama pada daerah penelitian yakni berupa Kompleks Ultramafik, Berdasarkan peta geologi lokal, daerah Pomalaaa tersusun oleh batuan ultramafik antara lain batuan *peridotit*, *hasburgit*, *dunit* dan *serpentinit*. Batuan ultramafik merupakan batuan yang mengandung olivin magnesian ( $Mg_2SiO_4$ ) yang tinggi dan rendah  $SiO_2$  ( $< 45$  wt.%) ( Indra dkk, 2015 ).

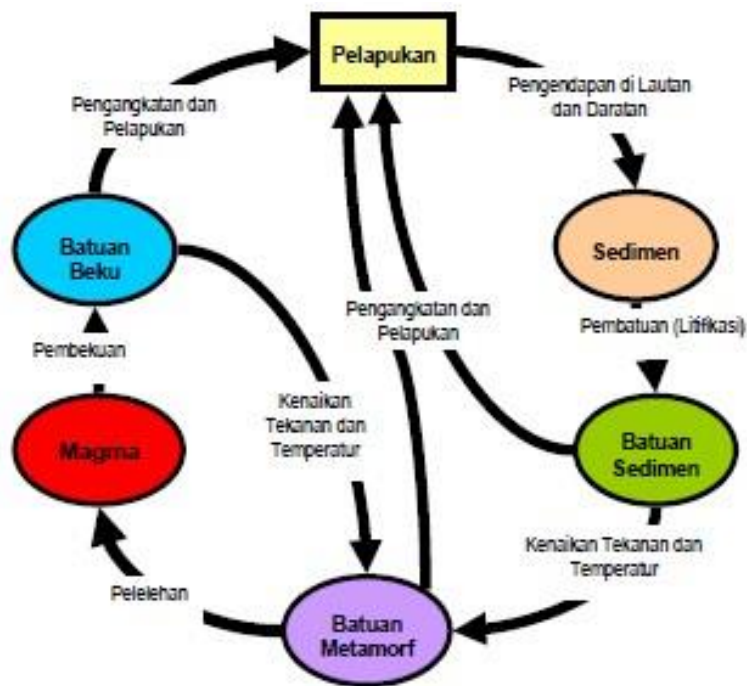


Gambar 2.1 Peta Geologi Kolaka

Batuan ultramafik yang ada di Pomalaaa memiliki komposisi *olivin* yang baik bahkan tergolong melimpah sehingga menjadikan Kompleks Ultramafik merupakan sumber pembentukan endapan laterit nikel yang cukup baik.

## II.2 Batuan

Pengetahuan ilmu geologi didasarkan kepada studi terhadap batuan. Diawali dengan mengetahui bagaimana batuan itu terbentuk, berubah, hingga batuan tersebut menempati bagian dari pegunungan, dataran-dataran di benua hingga didalam cekungan dibawah permukaan laut. Hasil pengamatan terhadap jenis-jenis batuan, dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan (Noor, 2009).



**Gambar 2.2** Daur Batuan (Siklus Batuan) (Noor, 2009)

Pada gambar 2.2 memperlihatkan perjalanan daur tersebut. Konsep daur batuan ini merupakan landasan utama dari geologi fisik. Dalam daur tersebut, batuan beku terbentuk sebagai akibat dari pendinginan dan pembekuan magma. Pendinginan magma yang berupa lelehan silikat, akan diikuti oleh proses penghabluran yang dapat berlangsung dibawah atau diatas permukaan bumi melalui erupsi gunung api. Kelompok batuan beku tersebut, apabila kemudian tersingkap dipermukaan,

maka ia akan bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfer, yang menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan.

Batuan akan mengalami proses penghancuran. Selanjutnya, batuan yang telah dihancurkan ini akan dipindahkan atau digerakkan dari tempatnya terkumpul oleh gaya berat, air yang mengalir di atas dan di bawah permukaan, angin yang bertiup, gelombang dipantai dan gletser di pegunungan-pegunungan yang tinggi. Media pengangkut tersebut juga dikenal sebagai alat pengikis, dalam bekerjanya berupaya untuk meratakan permukaan Bumi. Bahan-bahan yang diangkutnya baik itu berupa fragmen-fragmen atau bahan yang larut, kemudian akan diendapkan di tempat-tempat tertentu sebagai sedimen.

Proses berikutnya adalah terjadinya ubahan dari sedimen yang bersifat lepas, menjadi batuan yang keras, melalui pembebanan dan perekatan oleh senyawa mineral dalam larutan, dan kemudian disebut batuan sedimen. Apabila terhadap batuan sedimen ini terjadi peningkatan tekanan dan suhu sebagai akibat dari penimbunan dan atau terlibat dalam proses pembentukan pegunungan, maka batuan sedimen tersebut akan mengalami ubahan untuk menyesuaikan dengan lingkungan yang baru, dan terbentuk batuan malihan atau batuan metamorfis. Apabila batuan metamorfis ini masih mengalami peningkatan tekanan dan suhu, maka ia akan kembali leleh dan berubah menjadi magma. Panah-panah dalam gambar 2.2 daur batuan menunjukkan bahwa jalannya siklus dapat terganggu dengan adanya jalan jalan pintas yang dapat ditempuh, seperti dari batuan beku menjadi batuan metamorfis, atau batuan metamorfis menjadi sedimen tanpa melalui pembentukan magma dan batuan beku. Batuan sedimen dilain pihak dapat

kembali menjadi sedimen akibat tersingkap ke permukaan dan mengalami proses pelapukan (Noor, 2009).

### **II.2.1 Batuan Beku**

Batuan beku adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (*plutonik*) maupun di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik). Magma ini dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada, baik di mantel ataupun kerak bumi. Umumnya proses pelelehan terjadi oleh salah satu dari proses-proses berikut: kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi. Lebih dari 700 tipe batuan beku telah berhasil di deskripsikan, sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi (Noor, 2009).

### **II.2.2 Batuan Ultramafik**

Batuan ultramafik merupakan batuan yang mengandung olivin magnesian ( $Mg_2SiO_4$ ) yang tinggi dan rendah  $SiO_2$  ( $< 45$  wt.%). Batuan ultramafic dapat dijumpai sebagai batuan beku plutonik yang ditemukan di kerak maupun sebagai batuan metamorf yang berasal dari mantel (Hutabarat dan Ismawan, 2015).

Batuan ultramafik tersusun atas mineral primer olivine, piroksen dan hornblende yang mempunyai warna gelap dalam keadaan segar. Penguraian mineral-mineral primer tersebut yang menyebabkan unsurunsur yang terbawa dalam larutan kemudian akan mengendap pada suatu tempat tertentu. Proses ini berjalan secara dinamis dan lambat, sehingga terbentuk profil laterit yang merupakan pengembangan dari tahapan laterisasi (Hasria dkk., 2020).

Jenis-jenis batuan ultramafik, antara lain:

1. Peridotit. Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik 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 piroksen. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit, dan garnet (Williams dkk., 1954).

2. Dunit. Menurut Williams dkk. (1954), bahwa dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90 – 100%). Sedangkan Waheed (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 (Williams dkk., 1954). Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (liquid) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain (Wilson, 1989).

3. Serpentin. Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrabasa, dimana mineral – mineral olivin dan piroksen jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Waheed, 2002)

## **II.3 Nikel**

### **II.3.1 Sejarah Nikel**

Nikel telah digunakan sejak dari awal peradaban manusia. Analisa kimia dari artefak-artefak menunjukkan bahwa senjata, peralatan-peralatan, dan juga koin mengandung nikel dengan kadar tertentu. Kemungkinan besar, penggunaan paling awal dari nikel adalah *Pai-Thong* atau tembaga putih. Material yang dibuat di Cina ini ditambahi dengan seng terhadap bijih nikel-tembaga. Banyak ornamen- ornamen dekoratif seperti wadah lilin diproduksi dan pada akhirnya dibawa ke Eropa oleh *East India Company* pada abad ketujuh belas (Salinita S and Nugroho A, 2014).

Dan pada awal abad kedelapan belas, penambang di regional Saxony di Jerman mencoba untuk meleburkan beberapa mineral/bijih menyerupai tembaga yang baru ditemukan. Mereka menemukan bahwa logam putih yang mereka produksi terlalukeras untuk digunakan dan dibentuk menjadi barang-barang yang berguna. Para penambang mengira bahwa material tersebut terkena kutukan dan menyebutnya sebagai *Old Nick's Copper* atau "*Kupfer-Nickel*". Bijih yang sama ditemukan di tempat yang berbeda beberapa tahun kemudian, dan material ini juga disebut dengan nikel karena logam putih yang keras tersebut sangat sulit untuk dibentuk (Salinita S and Nugroho A, 2014).

Seorang ilmuwan bernama *A. F. Cronstedt*, yang bekerja untuk *Swedish epartmenet of Mines*, melakukan penelitian selama lima tahun terhadap material mencurigakan tersebut dan akhirnya dapat memisahkan dan mengidentifikasi unsur baru yang dia namakan nikel. Lima tahun kemudian setelah identifikasinya pada tahun 1751, ilmuwan Swedia lainnya bernama *Von Engestrom*, menemukan

bahwa nikel merupakan penyusun utama dari *Pai Tong* dan memicu dalam ditemukannya *German silver* atau nikel-perak.

Nikel (Ni) merupakan logam berwarna putih keperakan yang keras dan tahan korosi. Logam ini termasuk material yang cukup reaktif terhadap asam dan lambat bereaksi terhadap udara pada suhu dan tekanan normal. Logam ini cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida, sehingga sering digunakan sebagai koin dan pelapis yang sifatnya paduan. Dalam dunia industri, nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan memiliki banyak aplikasi; 62% dari logam nikel digunakan untuk baja tahan karat, 13% sebagai *superalloy* dan paduan tanpa besi karena sifatnya yang tahan korosi dan suhu tinggi (Salinita S and Nugroho A, 2014).

Deposit nikel di bumi dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu bijih sulfida dan bijih laterit (oksida dan silikat). 72% cadangan nikel dunia merupakan nikel laterit dan baru 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi. Meskipun 72% dari tambang nikel berbasis bijih laterit, 60% dari produksi primer nikel berasal dari bijih sulfida. Bijih nikel laterit banyak ditemukan di belahan bumi yang memiliki iklim tropis atau subtropis yang terdiri dari pelapukan batuan ultramafik yang mengandung zat besi dan magnesium kadar tinggi. Deposit sulfida nikel biasanya lebih kecil dari deposit laterit. Deposit laterit berkadar antara 1,0 - 1,5% Ni dengan rata-rata kadar nikel 0,6 - 1,5% dengan tonase yang jauh lebih besar (Salinita S and Nugroho A, 2014).

### **II.3.2 Nikel Laterit**

Nikel laterit adalah mineral logam hasil dari proses pelapukan dan pengkayaan mineral pada batuan ultramafik. Proses lateritisasi berlangsung selama jutaan

tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi sampai menghasilkan berupa residu nikel yang diakibatkan oleh faktor laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, reagen reagen kimia dan vegetasi, dan waktu (Kurniadi dkk, 2017).

Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif didukung oleh pecahan bentukan geologi *metamorphic belt* di Timur dan Tenggara. Selain itu kondisi ini juga tidak terlepas oleh iklim, reaksi kimia, struktur, dan topografi Sulawesi yang cocok terhadap pembentukan nikel laterit. Pelapukan pada batuan *dunit* dan *peridotit* menyebabkan unsur-unsur bermobilitas rendah sampai *immobile* seperti Ni, Fe dan Cr mengalami pengayaan secara residu dan sekunder.

Berdasarkan proses pembentukannya endapan nikel laterit terbagi menjadi beberapa zona dengan ketebalan dan kadar yang bervariasi. Daerah yang mempunyai intensitas pengkekarangan yang intensif akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekarannya kurang begitu intensif. Batuan ultramafik yang berada di wilayah bercurah hujan tinggi, bersuhu hangat, topografi yang landai, banyak vegetasi (melimpahnya humus), akan mengalami pelapukan membentuk endapan laterit nikel (Ringwood, 1975).

Logam nikel banyak dimanfaatkan untuk pembuatan baja tahan karat (*stainless steel*). Nikel merupakan logam berwarna kelabu perak yang memiliki sifat fisik antara lain (Guilbert, 1986):

1. Kekuatan dan kekerasan nikel menyerupai kekuatan dan kekerasan besi.



2. Mempunyai sifat daya tahan terhadap karat dan korosi.
3. Pada udara terbuka memiliki sifat yang lebih stabil daripada besi.

Laterit berasal dari Bahasa latin yaitu *later*, yang artinya bata (membentuk bongkah-bongkah yang tersusun seperti bata yang berwarna merah bata). Laterit merupakan hasil proses pelapukan dan pengkayaan batuan *mafic/ultramafic* di daerah tropis. Oleh karena itu komposisi kimia dan mineraloginya berbeda antara satu endapan dengan endapan lainnya. Nikel dalam bijih nikel laterit berasosiasi dengan besi oksida dan mineral silikat sebagai hasil substitusi *isomorphous* unsur besi dan magnesium dalam struktur kristalnya, sehingga secara kimia dan fisik, bijih nikel laterit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu bijih jenis *saprolit* (*silika/hidrosilikat*) dan jenis *limonit* (*oksida/hidroksida*) (Puspita dkk., 2022).

Laterit dapat dijumpai terutama pada daerah yang beriklim tropis sampai subtropis yang memiliki suhu tinggi dan curah hujan yang cukup. Akibatnya laterit banyak ditemukan di daerah Indonesia (daerah Sulawesi), serta beberapa wilayah lain. Bijih nikel laterit biasanya ditemukan pada daerah yang relatif dangkal yaitu berkisar di kedalaman 15-20 m di bawah permukaan tanah. Bijih nikel laterit berkontribusi hingga 60-70% dari cadangan nikel dunia dan sebagian besar berada di negara-negara tropis dan subtropis seperti Indonesia, New Caledonia, Australia, Kuba, Brazil, Filipina dan Papua Nugini (Puspita dkk., 2022). Adapun ilustrasi dari profil nikel laterit itu sendiri sebagai berikut :

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIAMATE 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	13 to 45

**Gambar 2.3** Ilustrasi profil laterit (Puspita dkk., 2022)

Menurut Kyle (2010), secara umum deposit nikel laterit dapat dibagi menjadi empat zona utama, yaitu zona *ferricrete/overburden*, zona limonit, zona saprolit dan *bedrock*. Keempat zona ini memiliki kandungan nikel, besi dan magnesia yang berbeda-beda.

### II.3.3 Penampang Laterit

Secara umum penampang endapan nikel laterit dari atas ke bawah secara berturut turut adalah sebagai berikut (Jafar N, 2017):

#### a) Zona *ferricrete* / *Top soil*

Zona *ferricrete* merupakan bagian paling atas dari deposit nikel laterit yang terdiri dari humus, oksida besi dan sisa organik. Lapisan ini berwarna coklat tua kehitaman dan bersifat gembur. Kandungan besi pada lapisan ini sangat tinggi (sekitar 60%) dengan komponen mineral utama berupa *hematit*. Nikel yang terkandung pada zona ini umumnya <0,6%. Biasanya lapisan ini menjadi

*overburden* (OB) pada proses penambangan. Ketebalan rata-rata zona *overburden* berkisar 20-60 cm. Terkadang terdapat mineral *goethite*.

b) *Zona Limonite*

Zona *limonite* merupakan hasil pelapukan lebih lanjut dari batuan beku ultramafik. Lapisan ini berwarna merah kecoklatan dan mengandung oksida besi yang umumnya dalam bentuk senyawa *goethite* dan *hematite*. Pada zona limonit kandungan nikelnya berkisar 0,8-1,5%. Sebagian besar nikel berada dalam larutan padat dengan *goethite*. Pada zona limonit kandungan besinya cukup tinggi berkisar antara 40-50%.

c) *Zona Saprolite*

Zona *saprolite* berada di bawah lapisan limonit. Zona saprolit merupakan zona dengan kandungan nikel paling tinggi. Mineral utama saprolit adalah *serpentine* (dengan nikel menggantikan Mg untuk membentuk senyawa *garnierite*). Kandungan nikel pada zona ini berkisar 1,5-3%.

d) *Zona Bedrock*

Zona *bedrock* (batuan dasar) merupakan bagian terbawah dari profil laterit. Membentuk bongkahan yang lebih besar dari 75 cm (batuan dasar) dan secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis (kadar logam sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar).



**Gambar 2.4** Penampang Laterit

### **II.3.4** Genesa Pembentukan Nikel Laterit

Proses pembentukan nikel laterit diawali dari proses pelapukan batuan ultrabasa, dalam hal ini adalah batuan *harzburgit*. Batuan ini banyak mengandung *olivin*, *piroksen*, *magnesium silikat* dan *besi*. Mineral-mineral tersebut tidak stabil dan mudah mengalami proses pelapukan. Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (*peridotit*, *dunit*, *serpentin*), dimana batuan ini banyak mengandung mineral *olivin*, *piroksen*, *magnesium silikat* dan *besi silikat*, yang pada umumnya mengandung 0,30% Ni. Proses laterisasi adalah proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan silika dari profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam, hangat dan lembab serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan 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 organis di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindian, dimana fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini air tanah

yang kaya CO<sub>2</sub> akan kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti *olivin/serpentin* dan *piroksen*. Mg, Si dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali (Boldt, 1967).

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 atau *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 (Nimagnesium hidrosilicate)* yang disebut mineral *garnierit* atau mineral pembawa Ni. Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, dalam hal berupa kekar, maka Ni yang terbawa oleh air turun ke bawah, lambat laun akan terkumpul di zona 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 pengkayaan *supergen/supergen enrichment*. Zona pengkayaan supergen ini terbentuk di zona Saprolit ( Boldt, 1967 ).

Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengkayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu

berubah, terutama tergantung dari perubahan musim. Di bawah zona pengkayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona batuan dasar (*bedrock*). Biasanya berupa batuan ultramafik seperti *Peridotit* atau *Dunit*.

### **II.3.5 Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Nikel Laterit**

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pembentukan endapan nikel laterit adalah sebagai berikut (Ahmad, 2005):

#### a) Batuan Asal

Batuan asal dalam pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan ultrabasa. Batuan ini memiliki elemen Ni paling banyak dibandingkan dengan batuan lainnya, mineral-mineralnya mudah lapuk (tidak stabil), dan komponen-komponennya mudah larut yang memungkinkan terbentuknya endapan nikel.

#### b) Iklim

Adanya pergantian musim hujan dan musim kemarau dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses akumulasi dan pemisahan unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, dimana akan timbul rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia terutama dekomposisi batuan.

#### c) Reagen-reagen kimia dan vegetasi

Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO<sub>2</sub> memegang peranan penting dalam proses pelapukan kimia.

Asam-asam humus dapat menyebabkan dekomposisi batuan dan merubah PH larutan. Asam-asam humus ini erat hubungannya dengan vegetasi, dimana vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah dengan mengikuti akar-akar pepohonan, akumulasi air hujan akan lebih banyak, humus akan lebih tebal. Keadaan ini merupakan suatu petunjuk dimana pada hutan yang lebat akan terdapat endapan bijih nikel yang lebih tebal dan kadar yang lebih tinggi. Selain itu vegetasi dapat menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis.

#### d) Struktur Geologi

Struktur menyebabkan deformasi pada batuan yang paling dominan dalam pembentukan endapan nikel adalah struktur rekahan dibandingkan dengan struktur patahan. Batuan ultrabasa memiliki permeabilitas dan porositas yang kecil sehingga penetrasi air menjadi sulit. Akan tetapi dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan lebih memudahkan air masuk dan berarti proses pelapukan akan lebih intensif.

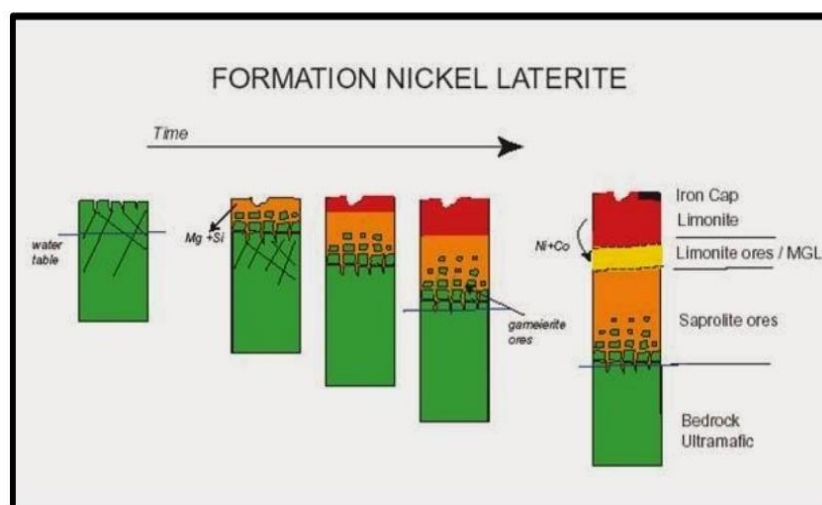
#### e) Topografi

Untuk daerah landai air akan bergerak perlahan-lahan sehingga mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi yang lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan biasanya terdapat pada daerah landai sampai kemiringan sedang. Hal ini menggambarkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam jumlah air yang

meluncur lebih banyak dari pada air yang meresap, ini dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

f) Waktu

Waktu yang cukup lama akan menghasilkan pelapukan yang intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi.



**Gambar 2.5** Proses pelapukan batuan asal menjadi laterit nikel (Ahmad ,2005)

### II.3.6 Penentuan Kadar Eksplorasi Bijih Nikel

Pada kegiatan eksplorasi, penentuan kadar nikel laterit merupakan bagian yang terpenting untuk menentukan jumlah cadangan yang telah ada. Penentuan kadar bijih nikel yang perlu diketahui terlebih dahulu adalah *Cut Of Grade* (COG) yang telah ditetapkan sehingga dari data kadar rata – rata tiap meter kedalaman lubang bor dapat ditentukan kadar dari titik bor tersebut.

Cut of grade (COG) menurut defenisi memiliki dua pengertian, yaitu sebagai berikut :

1. Kadar terendah dari suatu endapan bijih nikel yang masih dapat memberikan keuntungan apabila ditambang.



2. Kadar rata – rata terendah dari endapan bijih nikel yang masih menguntungkan apabila ditambang sesuai dengan teknologi dan nilai ekonomis saat ini.

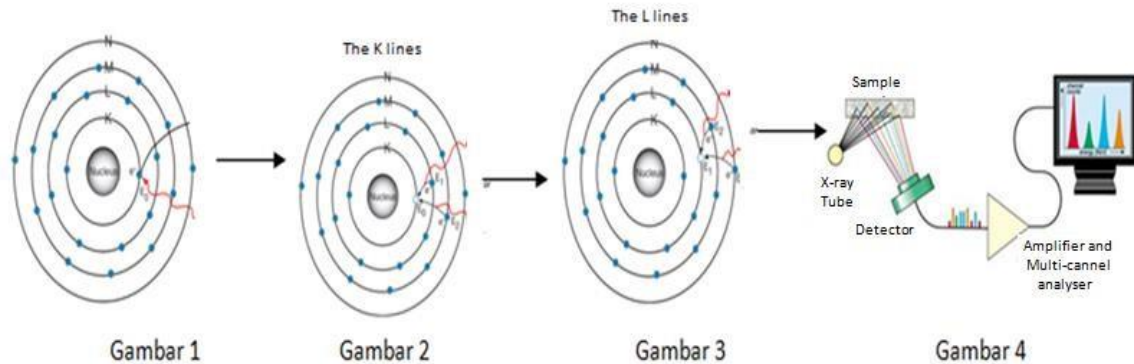
Penentuan kadar cadangan eksplorasi suatu daerah yaitu dari hasil pemboran pada kegiatan eksplorasi yang dianalisa di laboratorium kimia. Kemudian hasil analisa kadar tersebut dirata – ratakan mulai dari kadar dibawah sampai diatas *cut of grade*. Adapun klasifikasi *Cut Of grade* (COG) yang digunakan pada daerah penelitian adalah : Kategori *Low Grade Ore* (LGO) karena kadar nya  $<1,7\%$ . kategori *Low Grade Saprolite Ore* (LGSO) karena kadarnya berada di range  $1,7\% - 1,79\%$ . *kategori High Grade Saprolite Ore* (HGSO) karena kadarnya  $\geq 1,8\%$ .

#### **II.4 Metode *X-Ray Fluorescence* (XRF)**

*X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair. XRF mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga Uranium pada level *trace element*, bahkan di bawah level ppm. Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi flourosensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X (Panalytical, 2009).

Metode XRF digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi (Jamaluddin, 2016: 7).

Berikut adalah prinsip kerja XRF:



**Gambar 2.6** (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses analisis data (Sumantry, T., 2002)

1. X-Ray ditembakkan pada sampel, jika selama proses penembakan X-Ray mempunyai energi yang cukup maka elektron akan terlempar (terekstisasi) dari kulitnya yang lebih dalam yaitu kulit K dan menciptakan *vacancy* atau kekosongan pada kulitnya, ditunjukkan pada gambar 1.
2. Kekosongan tersebut mengakibatkan kondisi yang tidak stabil pada atom. Untuk menstabilkan kondisi maka elektron dari dari tingkat energi yang lebih tinggi misalnya dari kulit L dan M akan berpindah menempati kekosongan tersebut, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Pada proses perpindahan tersebut, energi dibebaskan karena adanya perpindahan dari kulit yang memiliki energi lebih tinggi (L/M) kedalam kulit yang memiliki energi paling rendah (K). Emisi yang dikeluarkan oleh setiap material memiliki karakteristik khusus.
3. Proses tersebut memberikan karakteristik dari X-Ray, yang energinya berasal dari perbedaan energi ikatan antar kulit yang berhubungan. X-ray yang dihasilkan dari proses ini disebut *X-Ray Fluorescence* atau XRF

4. Proses untuk mendeteksi dan menganalisa X-Ray yang dihasilkan disebut *X-Ray Fluorescence Analysis*. Penggunaan spektrum X-Ray pada saat penyinaran suatu material akan didapatkan *multiple peak* (puncak ganda karena adanya  $K^{\alpha}$  dan  $K^{\beta}$ ) pada intensitas yang berbeda.

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 analisa ISO 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.