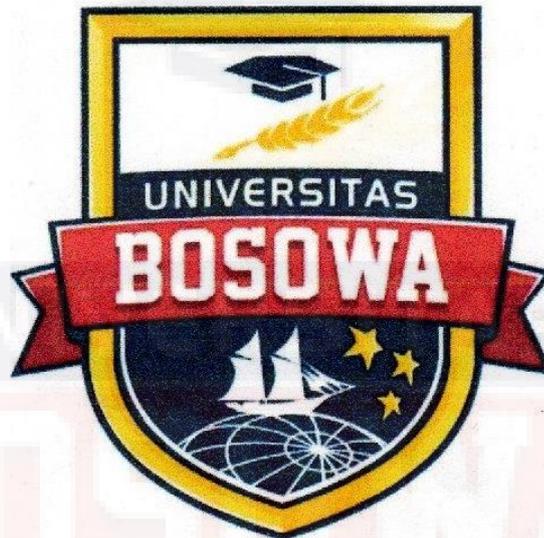


**"UJI ANALISIS NIKEL ORE MENGGUNAKAN METODE  
FUSION BERDASARKAN VARIASI SUHU"**



**Disusun Oleh :**

**Asrani Purwanti ( 4512 044 032 )**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA**

**MAKASSAR**

**2019**

## HALAMAN PERSETUJUAN

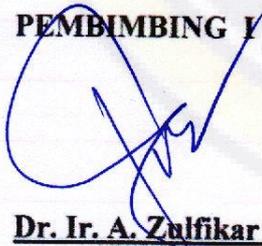
**“ UJI ANALISIS NIKEL ORE MENGGUNAKAN METODE FUSION  
BERDASARKAN VARIASI SUHU”**

Di Susun Oleh :

**Asrani Purwanti (4512044032)**

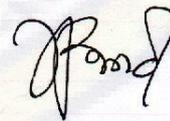
Telah Disetujui Oleh

**PEMBIMBING I**



**Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT**  
NIDN: 09 1802 6902

**PEMBIMBING II**



**Hermawati, S.Si., M.Eng**  
NIDN: 00 2407 7101

## HALAMAN PENGESAHAN

### “ UJI ANALISIS NIKEL ORE MENGGUNAKAN METODE FUSION BERDASARKAN VARIASI SUHU”

Di Susun Oleh :

**Asrani Purwanti (4512044032)**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal 1 Oktober 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**PEMBIMBING I**

**Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT**  
NIDN: 09 1802 6902

**PEMBIMBING II**

**Hermawati, S.Si., M.Eng**  
NIDN: 00 2407 7101

**PENGUJI I**

**Dr. Hamsina, ST, M.Si**  
NIDN: 09 2406 7601

**PENGUJI II**

**M. Tang, ST, M.Pkim**  
NIDN: 09 1302 7503

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa, karena atas kasih dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: Uji Analisis Nikel Ore Menggunakan Metode Fusion Berdasarkan Variasi Suhu yang disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana S1 Pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

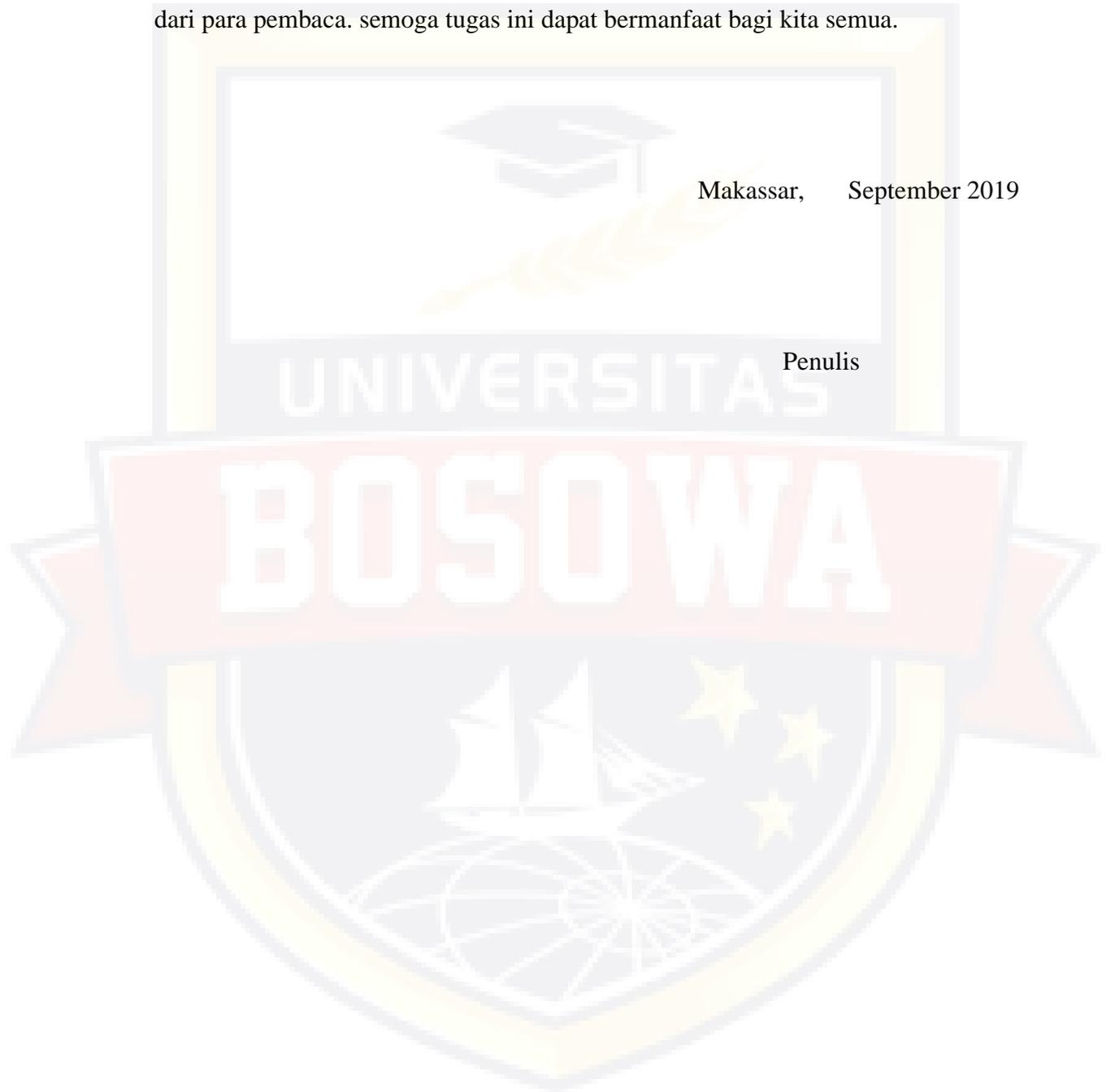
Proses penyusunan hasil penelitian ini telah melibatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
2. Bapak M. Tang, ST, M.Pkim selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar.
3. Bapak Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT selaku pembimbing I
4. Ibu Hermawati, S.SI., M.Eng, selaku pembimbing II
5. Serta seluruh pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung selama proses penyusunan hingga penyelesaian tugas akhir skripsi ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun menyadari bahwa masih banyak keterbatasan didalamnya. Oleh karena itu kami menerima saran yang membangun dari para pembaca. semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, September 2019

Penulis



## ABSTRAK

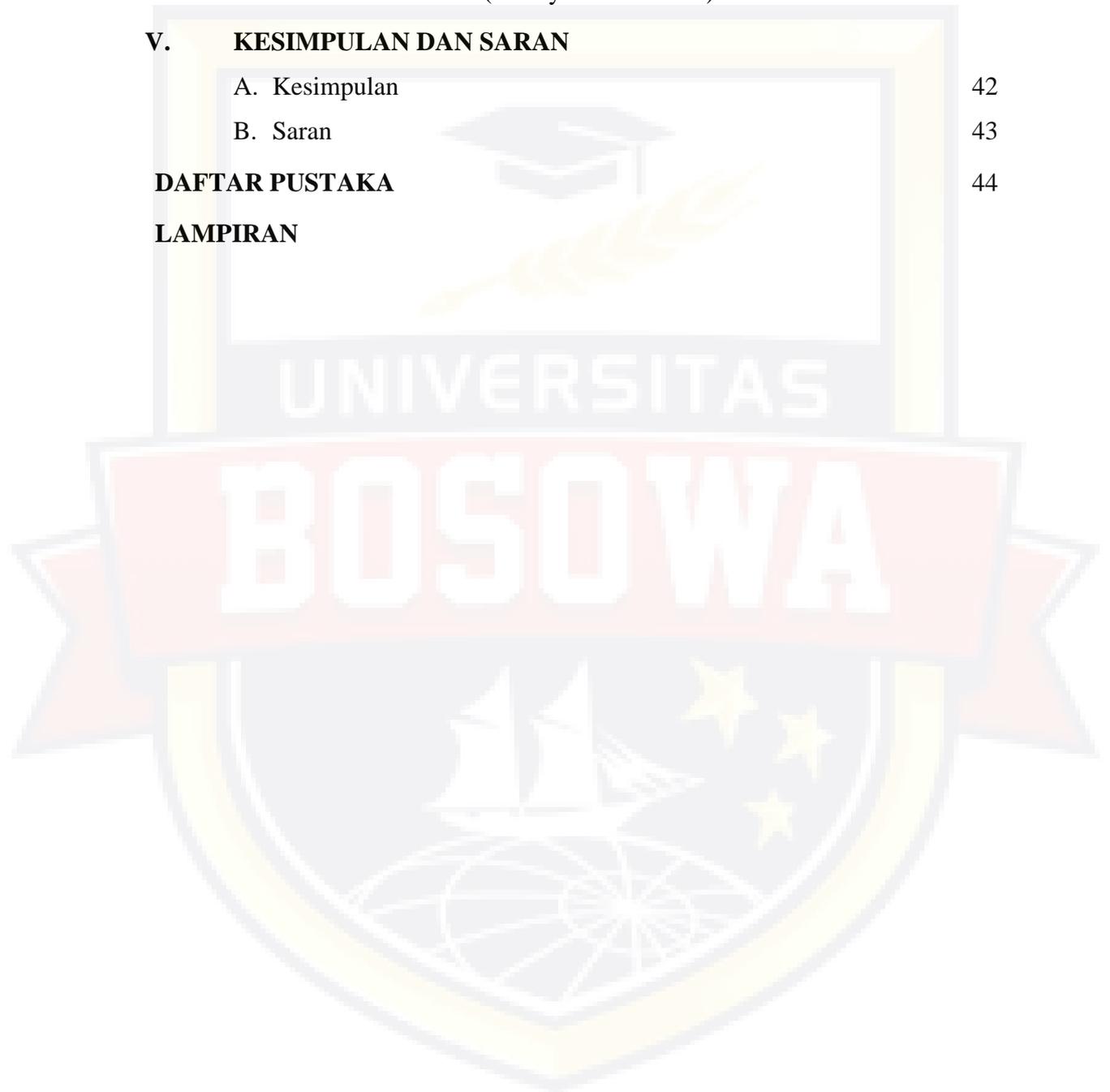
Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh suhu kalsinasi terhadap hasil analisa nikel ore menggunakan metode fusion. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar Ni, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> pada nikel ore menggunakan metode fusion. Tanah nikel ore berupa warna coklat tua dan muda kemudian dilakukan variasi suhu kalsinasi 1000, 1025, 1050, 1075°C. Bead nikel ore dikarakterisasi dengan menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence*). Karakterisasi XRF nikel ore titik 1 menunjukkan bahwa kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C dan sebesar 0,95% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C dan 1075°C sebesar 1,00%. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 36,39% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 38,81%. Kadar SiO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 37,89% dan kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 43,16%. Sedangkan berdasarkan hasil Analisa nikel ore titik 2 menunjukkan bahwa Kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1000°C sebesar 1,44% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C sebesar 1,48%. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 14,43% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 15,15%. Kadar SiO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 44,14% dan kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 46,69%.

Kata kunci : nikel laterit, metode fusion, variasi suhu kalsinasi

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Logam Nikel (Ni)	4
B. Pengertian Nikel Laterit	6
C. Klasifikasi Batuan Ultramafik	10
D. Pelapukan (wheating)	12
E. Mobilitas Unsur Kimia Pada Air Tanah	16
F. Profil Endapan Nikel Laterit	18
G. Proses Pembentukan Nikel Laterit dan Faktor-Faktor Pembentuk Nikel Laterit	20
H. Spektroskopi XRF	29
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat	33
B. Alat dan Bahan	33
C. Prosedur Kerja	34

<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
	A. Hasil Bead Nikel Ore	37
	B. Hasil Analisis XRF (X-Ray Fluorescence)	37
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
	A. Kesimpulan	42
	B. Saran	43
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	44
	<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

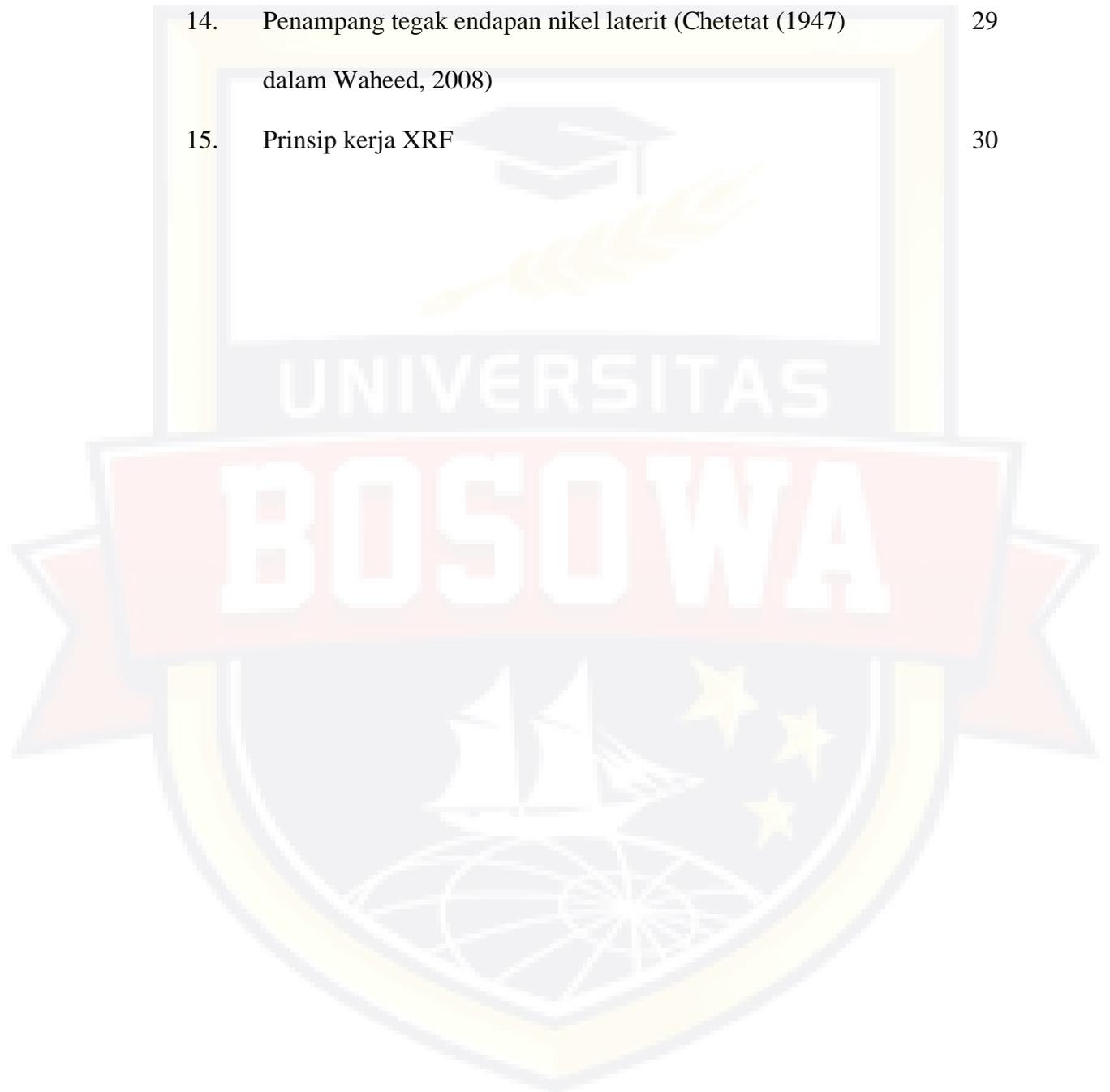
Tabel Teks	Halaman
1. Perkiraan derajat mobilitas unsur hidroksida (Berger(1995) dalam Waheed,2008)	18



## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Logam nikel	4
2.	Profil regolith pada susunan horizon tanah (modifikasi dari Daniel Sharpless, 1983)	7
3.	Profil stadia perkembangan tanah (Mohr dan Van Baren, 1960)	9
4.	Klasifikasi batuan ultramafic berdasarkan kandungan mineral Olivine, piroksen, dan hornblende (Streckeisen (1974) dalam Waheed, 2008)	10
5.	Skema alterasi batuan ultramafic (Waheed, 2008)	13
6.	Zona reduksi dan oksidasi pada sebuah profil tanah (Waheed, 2008)	15
7.	Profil endapan nikel laterit daerah tropis (Elias M, 2002)	20
8.	Tahapan perkembangan profil nikel laterit	23
9.	Skema pembentukan profil nikel laterit (Djadjulit (1982), dalam Denny, 2006)	24
10.	Komposisi primer golongan mineral ferromagnesia silikat (Waheed, 2008)	25
11.	Grafik perbandingan unsur Ni, Fe, SiO <sub>2</sub> dan MgO berdasarkan Batuan dasar pada sampel daerah Taringo, kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara (Ernita, 2012)	26
12.	Beberapa contoh bentuk lahan laterit yang disederhanakan (Waheed, 2008)	27

13. Peran iklim dalam formasi laterit (After Young (1976) dan Butt Zeegers (1992) dalam Waheed,2008) 28
14. Penampang tegak endapan nikel laterit (Chetetat (1947) dalam Waheed, 2008) 29
15. Prinsip kerja XRF 30



## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia pada dasarnya merupakan negara yang kaya akan sumberdaya alam, terutama bahan tambang yang merupakan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharu. Salah satu contoh sumberdaya alam tersebut yang sangat penting adalah mineral. Mineral ini merupakan bahan baku dalam industri pertambangan. Nikel sebagai salah satu sumberdaya mineral ekonomis di bumi ini perlu ditemukan keberadaannya untuk dapat memenuh kebutuhan dibidang perindustrian.

Menurut Sudrajat A. (1990) Nikel terbentuk dari batuan yang berkomposisi kimia basa atau dikenal juga sebagai peridotit. Berdasarkan teori tektonik lempeng, daerah yang banyak batuan periodit terutama di zona tumbukan lempeng benua dan samudera. Melalui proses pelapukan, batuan ultrabasa mengurai dalam bentuk mineral yang terlarut ( koloid) seperti (magnesium, besi, nikel, kobalt, silikat dan magnesium oksida) dan tidak terlarut (residu) seperti (besi, aluminium, mangan, sebagian nikel, Sebagian kobalt, berbagai oksida dan senyawa nikel-kobalt). Jenis sifat dan komposisi mineral laterit sangat tergantung dari batuan asalnya misalnya lateritic bauksit sebagai bahan dasar pembuatan aluminium berasal dari pelapukan batuan granit, sedangkan yang secara umum terbentuk di dalam jamur tektonik di Kawasan benua (Sudrajat A, 1990).

Dewasa ini bahan galian golongan A sangat dicari oleh investor-investor yang bergerak dibidang industry pertambangan dan usaha lainnya. Nikel merupakan salah satu bahan galian golongan A, Nikel termasuk bahan galian yang tergolong strategis. Nikel merupakan bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena pada masa sekarang dan masa yang akan datang kebutuhan nikel semakin meningkat disamping dari kebutuhan lainnya yang persediaannya semakin terbatas. Kegunaannya sebagai campuran alloy, pemurnian minyak, pelapisan logam lain, dan bahan industri peralatan rumah tangga.

Widi (2018) melakukan analisis komposisi kandungan nikel laterit menggunakan metode press pellet baik limonit maupun saprolit yang diambil pada wilayah pertambangan Morowali Sulawesi Tengah. analisis tersebut digunakan dalam upaya memproduksi nikel Pig Iron menggunakan mini Blast furnace. hasil komposisi nikel laterit untuk lapisan komposisinya terdiri atas  $\text{SiO}_2$  5,2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  14,96%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  61,31%, Ni 0,72%,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  1,66% dan LOI 14,42% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil. Lapisan saprolite komposisinya terdiri atas  $\text{SiO}_2$  36,2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  4,1%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  22,37%, Ni 2,53%,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0,97% dan LOI 10,74% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kandungan nikel ore Sulawesi Tenggara menggunakan metode fusion. Metode fusion adalah proses peleburan nikel ore menggunakan fluks claisse. pada proses ini dapat menurunkan titik didih

logam yang terdapat dalam nikel ore. hasil fusion berupa bead kaca dalam nikel ore yang telah terdistribusi homogen.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengoptimasi pembuatan bead nikel ore menggunakan metode Fusion kemudian efek variasi suhu kalsinasi perlu diselidiki.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh uji kalsinasi terhadap sampel nikel berdasarkan metode fusion?

#### **C. Tujuan**

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap kadar Ni, pada nikel ore?

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah dapat menumbuh kembangkan penguasaan peneliti di bidang nikel ore.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Logam Nikel (Ni)

Nikel adalah logam putih seperti perak yang bersifat keras dan anti karat. Logam ini membantu dalam proses pengubahan beberapa logam olahan dalam bentuk larutan yang menghasilkan energi panas selain itu Ni juga berperan penting dalam beberapa proses pengendapan logam keras dalam bentuk paduan logam (alloy) seperti stainless steel yang mengandung 18% Ni dan 8% Cr dan nikhrome yang mengandung 80% Ni dan 20% Cr disarankan oleh Roberts (Rusmini: 2010). Nikel terletak dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dengan nomor atom 28 merupakan unsur logam transisi dengan nomor massa 58,71 yang terletak dalam golongan VIII periode 4 dengan konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$ . Pada umumnya tingkat oksidasi dari Ni adalah +2. Ni pada tingkat oksidasi +3 hanya sedikit dikenal. Hidrat ion  $\text{Ni}^{2+}$  berwarna hijau dan garam-garam  $\text{Ni}^{2+}$  umumnya berwarna hijau dan biru (Heslop dan Robinson, 1960). Logam nikel dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Logam nikel

## Sifat – Sifat Nikel

Nikel bersifat liat dapat ditempa dan sangat Kuku. logam ini melebur pada 1455 Celcius. Selain itu, nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek tetapi jika dipadukan dengan besi, krom dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras, mudah ditempa, sedikit ferromagnetis, dan merupakan konduktor yang agak baik terhadap panas dan listrik. nikel tergolong dalam grup logam besi-kobal, yang dapat menghasilkan alloy yang sangat berharga.

## Kegunaan Nikel

Kegunaan logam nikel antara lain: 1. Pembuatan stainless steel, sering disebut baja putih yaitu: suatu paduan nikel dan besi dengan unsur kimia lainnya. 2. Pembuatan logam campuran (alloy) untuk mendapatkan sifat tertentu. 3. Untuk pelapisan logam lain (nikel plating). 4. Bahan untuk industri kimia (sebagai katalis) untuk pemurnian minyak. 5. Elektrik heating unit, dipakai pada unit pemanas listrik. 6. bahan untuk industri peralatan rumah tangga. Karena sifatnya yang fleksibel dan mempunyai karakteristik-karakteristik yang unik seperti tidak berubah sifatnya bila terkena udara, ketahanannya terhadap oksidasi dan kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat aslinya di bawah suhu yang ekstim, nikel lazim digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri. Nikel terutama sangat berharga untuk fungsinya dalam pembentukan logam campuran (alloy dan superalloy), terutama baja tidak berkarat (stainless steel). Beberapa penggunaan Nikel: 1. 60% Ni, 25% Fe, dan 15% Cr : pembuatan alat-alat laboratorium (tanah

asam), kawat pada alat pemanas. 2. Alnico (Al, Ni, Fe dan Co) : sebagai bahan pembuat magnet yang kuat. 3. Electroplating (pelapisan besi, tembaga :  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ ).

## B. Pengertian Nikel Laterit

Secara umum, nikel laterit merupakan bijih yang dihasilkan proses pelapukan batuan ultrabasa yang kaya akan mineral olivine. Pada batuan ultrabasa memiliki kadar nikel sebesar 0,2-0,4% (Golightly (1981) dalam Elias, 1998).

Istilah laterit sendiri diambil dari Bahasa latin "*later*" yang berarti batubata merah, yang dikemukakan oleh M. F. Buchanan (1807), yang pada zaman dahulu digunakan sebagai bahan bangunan di *Mysore*, *Canada* dan *Malabar* (wilayah India bagian selatan). Material tersebut sangat rapuh dan mudah dipotong, tetapi apabila terlalu lama terekspos, maka akan cepat sekali mengeras dan sangat kuat.

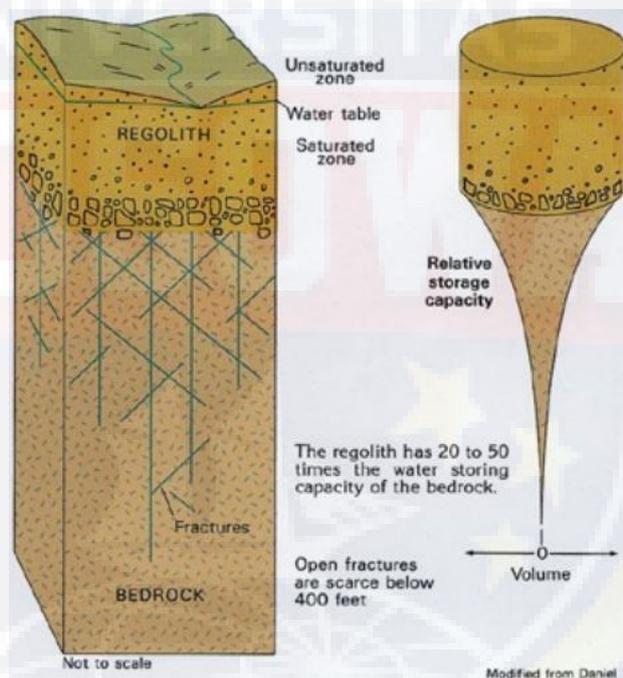
Laterit merupakan *regolith* atau tubuh batuan yang mempunyai kandungan Fe yang tinggi dan telah mengalami pelapukan, termasuk di dalamnya profil endapan material hasil transportasi yang masih tampak batuan asalnya (Smith (1992) dalam Elias, 1998).

## Regolith

*Regolith* merupakan produk dari proses yang telah berlangsung jutaan tahun yang lalu yakni hasil dari pembentukan formasi tanah atau sering disebut dengan pedogenesis (C. R. M Butt Zeegers, 1992:57).

Pedogenesis adalah akumulasi dari hasil perubahan batuan induk sebelum terbentuknya saprolite yang mengalami 3 proses utama yaitu :

1. Alterasi (pelapukan) mineral
2. Transportasi dalam bentuk larutan dan padat
3. Pembentukan mineral sekunder dalam proses sedimentasi (*Authigenesis*) membentuk mineral sekunder yang stabil. Profil regolith pada susunan horizon tanah dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Profil regolith pada susunan horizon tanah (modifikasi dari Daniel Sharpless, 1983)

Hasil dari pelapukan batuan induk dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia lingkungannya. Perubahan kondisi fisika kimia ini menyebabkan terbentuknya mineral sekunder dan kemas baru yang berbeda dengan batuan induknya.

Formasi tanah memiliki beberapa lapisan horizon dengan ketebalan yang berbeda yang diakibatkan oleh hasil keseimbangan antara komposisi tanah, kemas tanah dan kondisi fisika kimia setiap profil.

Proses fisika kimia yang terjadi pertama sekali di dalam pelapukan batuan adalah proses biokimia. agen dari proses biokimia ini adalah mikroorganisme yang melakukan penguraian senyawa (dekomposisi) menghasilkan senyawa baru dalam bentuk senyawa larutan. Larutan terbentuk akibat penetration air yang masuk melarutkan senyawa hasil biokimia tersebut. beberapa Contoh mikroorganisme yang melakukan proses penguraian dan pelepasan unsur tanah antara lain: *Corynebacterium* sp (Mn), *Pseudomonas* sp (Fe), *Citrobacter freundii* (S), *Leptospirillum* sp (Si), dan lain-lain.

Bertambahnya lapisan ozon tanah tidak terlepas dari pengaruh pelapukan batuan induk yang berlangsung terus-menerus pada bagian dasar profil. akumulasi ini selanjutnya mengalami Pelapukan fisika kimia seperti proses alterasi transportasi dan menghasilkan komposisi yang baru. oleh karena itu sebuah profil tanah dapat dikatakan sebagai representatif dari urutan waktu (Butt and Nickel, 1983).

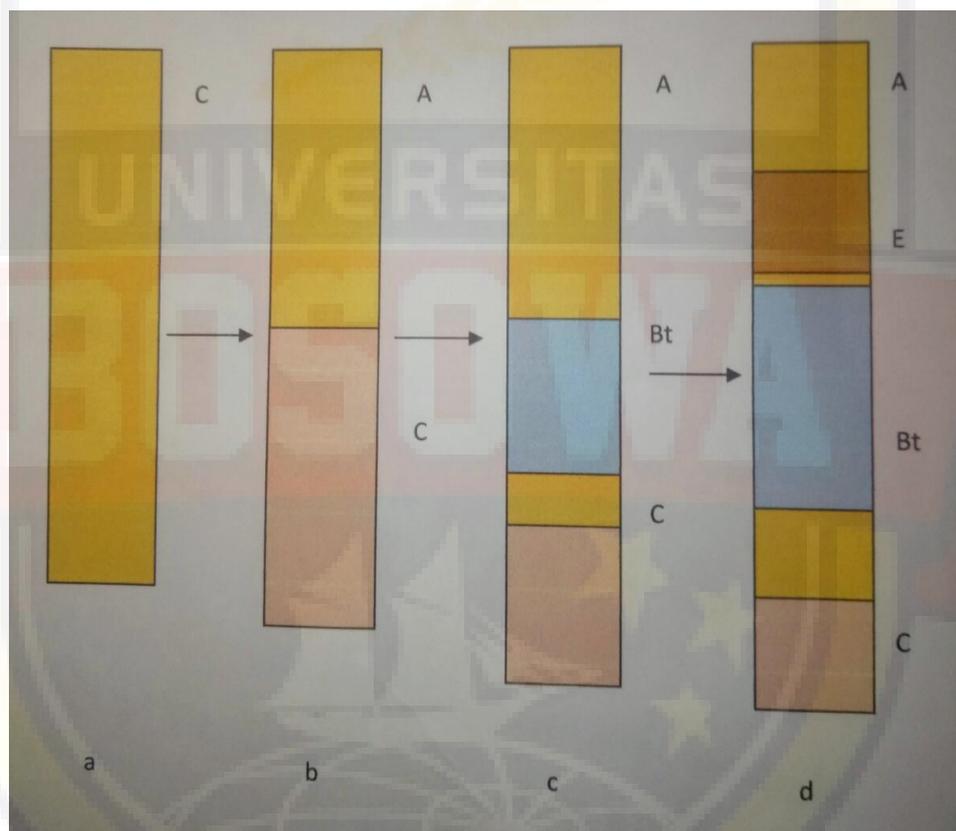
### **Stadia Perkembangan Tanah Tropis**

Mohr dan Van Barren (1960) dalam Forth (1984), memperkenalkan lima stadia perkembangan tanah-tanah tropis, yakni:

1. Stadi Initial : bahan induk tidak lapuk
2. Stadia Juvenil : pelapukan dimulai, tetapi Sebagian besar bahan dasarnya tidak terlapuk.

3. Stadia Virile : mineral yang mudah terlapuk diromak besar-besaran, kandungan liat (mineral-mineral lempung) meningkat.
4. Stadi Senile : perombakan sampai pada stadia akhir dan bahan mineral yang sangat resisten tetap bertahan.
5. Stadia akhir : pembentukan tanah sudah lengkap.

Profil stadia perkembangan tanah dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Profil stadia perkembangan tanah (Mohr dan Van Baren, 1960)

Adapun keterangan gambar di atas adalah :

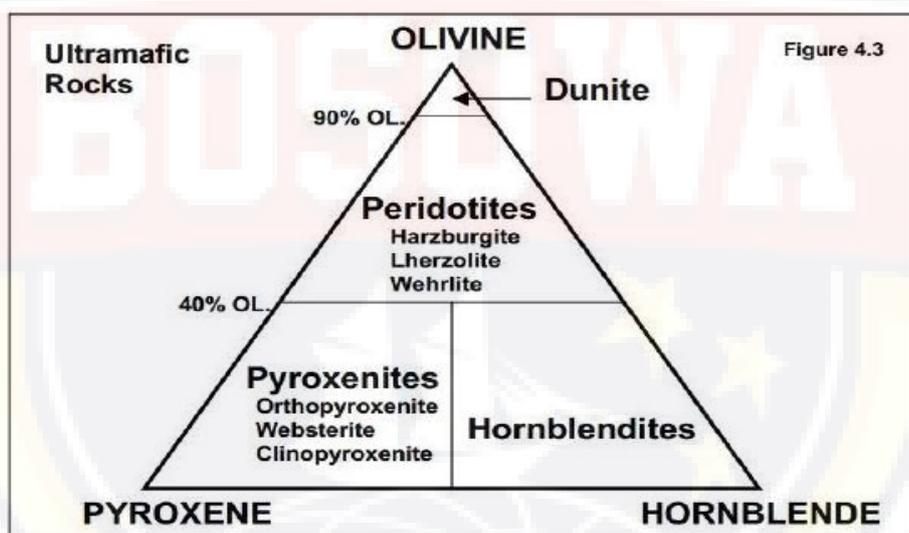
1. A : horizon organik
2. E : horizon pencucian (eluviasi)
3. Bt : akumulasi mineral lempung (argilik)

4. C : batuan induk

### C. Klasifikasi Batuan Ultramafik

Klasifikasi batuan ultramafic berdasarkan kandungan mineral olivine, piroksen dan hornblende, seperti terlihat pada gambar 3.1, terbagi atas :

1. Dunit
2. Peridotit
3. Piroksenit
4. Hornblendit
5. Serpentinite (hasil alterasi mineral olivine dan piroksen)



Gambar 4. Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan kandungan mineral olivine, piroksin, dan hornblende (Streckeisen (1974) dalam Waheed, 2008)

1. Danit

Menurut Waheed (2008), dunit merupakan batuan ultramafik yang memiliki komposisi hampir seluruhnya adalah monomineralic olivine (umumnya magnesia olivine). Kandungan olivine dalam batuan ini lebih dari 90%, dengan mineral penyerta meliputi kromit, magnetit, ilmenite, spinel.

## 2. Peridotit

Menurut Waheed (2008), peridotit merupakan batuan ultrafamik 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, Mika peridotit.

Salah satu batuan peridotit yang dikelompokkan berdasarkan mineral mafik, yaitu piroksen peridotit. Berdasarkan dari tipe piroksen, maka piroksen peridotit dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

- ✓ Harzburgit : Tersusun oleh olivine dan orthopiroksen
- ✓ Wehrlite : Tersusun oleh olivine dan klinopiroksin
- ✓ Lherzolite : Tersusun oleh olivine, orthopiroksin dan klinopiroksin

## 3. Piroksenit

Menurut Waheed (2008), piroksenit merupakan batuan ultrafamik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral piroksen batuan-batuan piroksenit selanjutnya diklasifikasikan ke dalam orthorombik piroksen atau monoklin piroksen:

1. Orthopiroksenit (orthorombik) : bronzitit
2. Klinopiroksenit (monoklin) : diopsidit, diallagit

## 4. Hornblendit

Menurut Waheed (2002), hornblendit merupakan batuan ultrafamik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral hornblende.

## 5. Serpentin

Merupakan batuan ultrafamik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral serpentin, yang kaya akan mineral mafik. Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrafamikt di mana mineral-mineral olivin dan piroksen jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Batuan ini dapat terbentuk dari batuan dunit yang terserpentinisasi, dari hornblendit, ataupun peridotit (Waheed,2008).

### D. Pelapukan (Weathering)

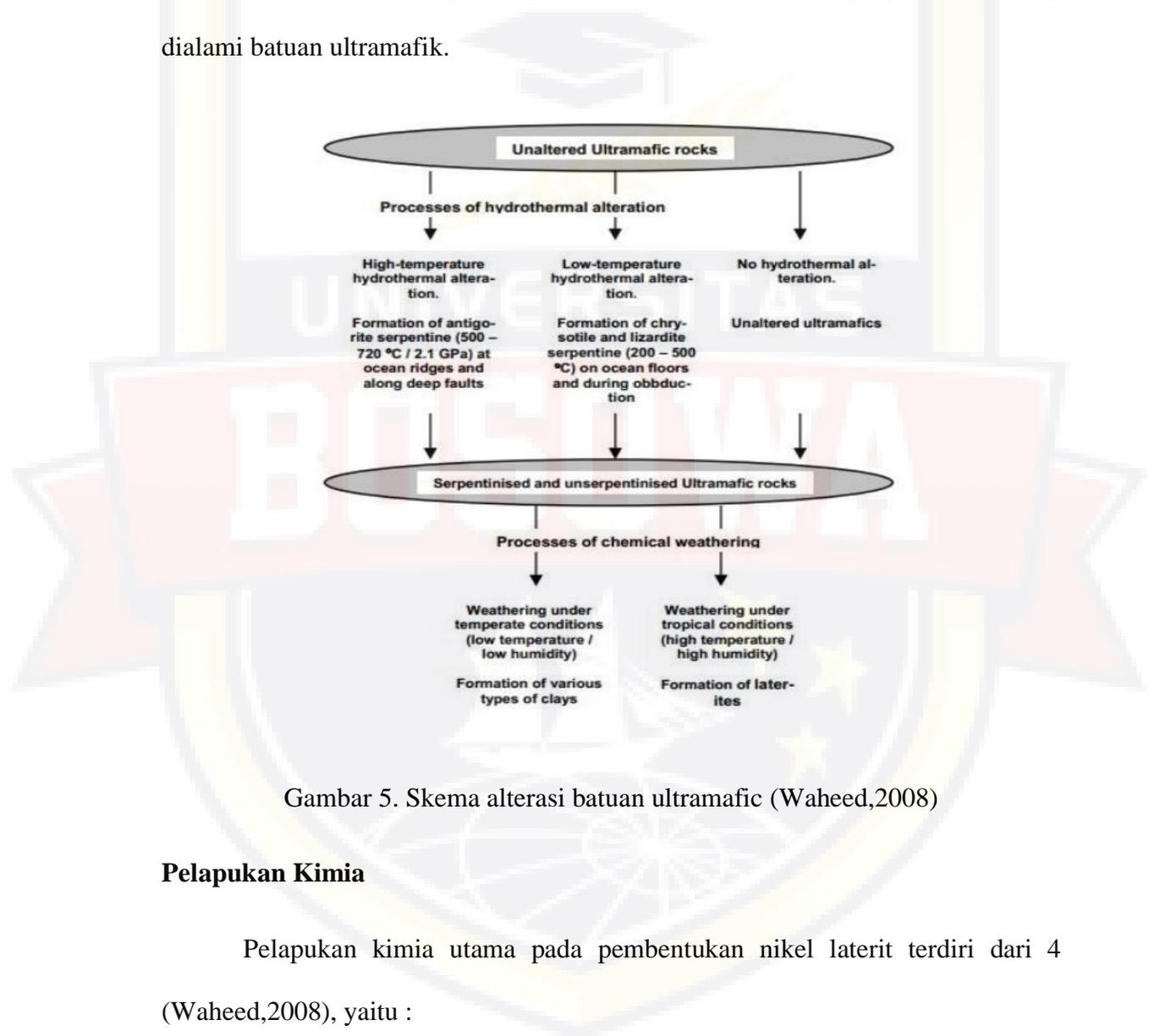
Menurut Waheed (2008) Pelapukan adalah proses alterasi (suhu dan tekanan tertentu) batuan atau mineral yang berlangsung dekat dengan permukaan titik proses alterasi akan menghasilkan mineral baru pada kondisi yang lebih stabil terhadap kelembaban suhu dan aktivitas biologi di sekitarnya.

Pelapukan dapat bekerja dengan dua cara yakni:

1. Pelapukan fisis/mechanis : penghancuran batuan secara mekanis dengan agen pelapukan: angin, air, es, tanaman dan hewan, sedangkan komposisi kimianya tidak berubah.
2. Pelapukan kimia: penghancuran batuan hingga komposisi kimianya berubah (kontak dengan air, oksigen, karbondioksida, asam organik dan asam anorganik).

Pelapukan kimia merupakan proses yang melibatkan reaksi antara batuan dengan atmosfer hidrosfer agen biologi yang menghasilkan mineral baru yang lebih stabil (Waheed 2008).

Pelapukan mekanik umumnya terjadi pada iklim kering dan dingin sedangkan pelapukan kimia terjadi pada iklim basah dan panas. pelapukan kimia sangat banyak berperan daripada pelapukan mekanis dalam pembentukan endapan nikel laterit. di bawah ini merupakan gambar skema variasi dari tipe perubahan yang dialami batuan ultramafik.



Gambar 5. Skema alterasi batuan ultramafic (Waheed,2008)

### Pelapukan Kimia

Pelapukan kimia utama pada pembentukan nikel laterit terdiri dari 4 (Waheed,2008), yaitu :

1. Hidrolisis : oksigen, karbon dioksida, air tanah terlarut dalam kondisi asam dan bereaksi dengan mineral batuan menyebabkan kerusakan terhadap struktur kristalnya

2. Oksidasi : elemen atau unsur terlepas karena pelapukan kimia
3. Hidrasi : reaksi karena penambahan air (ion hidroksit) terhadap mineral baru yang akan terbentuk
4. Pelarutan (Solution) : menghasilkan banyak produk larutan akibat pemecahan mineral yang akan larut dan terbawa dengan air tanah.

#### Hidrolisis

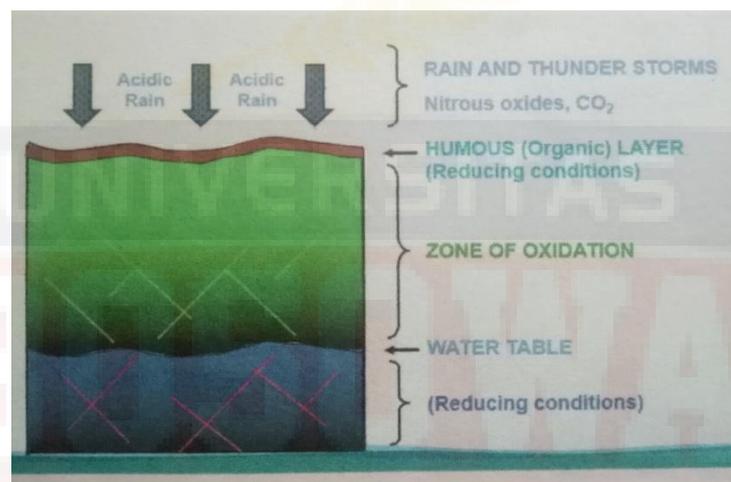
Hidrolisis merupakan proses kimia dengan pemecahan mineral menjadi mineral dengan unsur unsur yang stabil di bawah pengaruh pelapukan kimia (Waheed,2008). Agen yang bekerja pada proses ini adalah air yang dapat terurai menjadi ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) dan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ). Jenny (1950) memberikan gambaran tentang penjelasan tentang pemecahan mineral.

- Berdasarkan Hukum Pauling, jumlah muatan positif dan ion negative pada kristal harus seimbang di dalam sebuah kristal.
- Ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) akan menjadi muatan negative yang mengikat kation atau muatan positif
- Ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) atau ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) menjadi muatan positif dan mengikat oksigen yang muncul atau iion negative lainnya.
- Ikatan ion hydrogen cukup lemah sehingga dapat membentuk senyawa lain, contohnya :  $\text{H}^+$  berikatan dengan  $\text{SiO}_2$  menghasilkan  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  atau  $\text{Si}(\text{OH})_4$ .

#### Oksidasi

- Agen umum dalam proses oksidasi pada lingkungan tanah adalah oksigen.

- Ion-ion besi ada pada kondisi reduksi dan pada pH 8-8.5 ion-ion besi sedikit larut.
- Kondisi oksidasi hanya terjadi di atas permukaan muka air tanah. Di bawah permukaan air tanah umumnya dalam kondisi reduksi. Namun, *organic matter* juga dapat melakukan reduksi dekat dengan horizon tanah paling atas.



Gambar 6. Zona reduksi dan oksidasi pada sebuah profil tanah (Waheed, 2008)

#### Hidrasi

Ion hidroksil (OH) yang berkaitan dengan suatu mineral akan menghasilkan senyawa hidroksid. Penambahan ion ini diakibatkan oleh penyerapan air oleh mineral kedalam struktur kristal batuan. Beberapa senyawa hidroksid yang umumnya ditemukan pada tanah laterit adalah :

- Senyawa hidroksid besi : goetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dan limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )
- Senyawa hidroksid alumina : boehmite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dan gibbsit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )
- Senyawa hidroksid magnesiumia : brucit ( $\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

Beberapa mineral mafik baru yang terbentuk saat terjadi hidrasi adalah : Serpentin/fosterit ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), serpentin/greenalit ( $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), talk ( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), kerolit ( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{2.n}\text{H}_2\text{O}$ ), klorit ( $\text{Mg}_5\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ), sepiolite ( $\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_{2.4}\text{H}_2\text{O}$ ).

Hidrasi juga menghasilkan formasi mineral lempung seperti: kaloinit, halosit, illit, smektit, montmorillonit, nontronit dan saponit.

#### 2.7.4 Pelarutan

Pada proses pelarutan mineral primer dipecah menjadi unsur-unsur tertentu yang mengalami mobilitas menuju lingkungan yang baru. Adapun proses pelarutan antara lain:

- Unsur-unsur terlarut akan tinggal pada saat proses perkolasi penyaringan air tanah selesai
- Umumnya air tanah bergerak dari atas ke bawah pada profil tanah
- Konsentrasi unsur yang terlarut memberikan informasi daya larutnya yang dapat ditentukan di laboratorium
- Salah satu agen terpenting dalam proses leaching pada air tanah adalah karbondioksida.

#### E. Mobilitas Unsur Kimia Pada Air Tanah

Mobilitas adalah kemampuan suatu unsur untuk dispersi ke dalam matrik material lain di sekitarnya. Mobilitas mempengaruhi respon unsur terhadap proses dispersi (campuran 2 atau 3 unsur dalam pelarut (air) yang berbeda wujud) derajat mobilitas unsur dalam larutan berbanding lurus dengan derajat pelarutannya.

Menurut Waheed (2008), bahwa mobilitas dari suatu unsur yang dijumpai pada batuan mafik dan ultramafic dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

✓ Unsur yang bersifat sangat *mobile*

Unsur yang bersifat sangat *mobile* mudah hilang dalam profil pelapukan dan sangat larut dalam aliran air tanah : Mg, Si, Ca, Na

Unsur ini akan terpresipitasi menjadi endapan saat kondisi jenuh dan tidak tertransport lagi.

✓ Unsur dengan mobilitas sedang

Unsur dengan mobilitas sedang cenderung akan mengalami pengkayaan (*supergene enrichment*) saat unsur golongan ini dalam keadaan pH netral akibat bereaksi dengan mineral lain, contohnya golongan alkalin tanah yang cenderung bersifat basa. Golongan unsur ini adalah : Mn, Co, Ni

Tabel 1. Perkiraan derajat mobilitas unsur hidroksid (Berger (1995), dalam Waheed, 2008)

Soluble	Supergene			Residual		
	Mn <sup>++</sup>	Co <sup>++</sup>	Ni <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	Cr <sup>+++</sup>	Fe <sup>+++</sup>
3.1	1.3	-1.7	-3.2	-15.3	-16.4	-18.1

✓ Unsur yang *tidak mobile*

Golongan unsur ini sangat sulit untuk melarut dan cenderung sebagai endapan residu karena memiliki massa atom yang relative besar dari unsur – unsur pada laterit. Golongan unsur ini adalah : Al, Cr, Fe.

#### F. Profil Endapan Nikel Laterit

Secara umum, endapan nikel laterit memiliki profil endapan yang terbagi menjadi 4 lapisan yakni:

a. lapisan tanah penutup (*Iron capping*)

Berwarna merah tua, merupakan kumpulan massa goethite dan limonite. *Iron capping* mempunyai kadar besi yang tinggi tetapi kadar nikel yang rendah. Terkadang terdapat mineral-mineral hematite, *chromiferous*.Tebal lapisan bervariasi antara 0 - 2 meter. tekstur batuan asal sudah tidak dapat dikenali lagi. Terkadang terdapat sisa-sisa tumbuhan.

b. lapisan limonit

Memiliki ukuran butir Lampung sampai Pasir dengan ketebalan 1 - 10 m, merah coklat atau kuning, lapisan kayak besi dari limonit soil menyelimuti seluruh area. Lapisan ini tipis pada daerah yang terjal dan sempat hilang karena erosi. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam mineral *manganese oxide*, *lithiophorite*. Terkadang terdapat mineral *talca*, *tremolite*, *chromiferous*, *quartz*, *gibbsite*, *maghemite*.

c. Sapolit

Campuran dari sisa-sisa batuan yang Lapuk dan biasanya berwarna kuning sampai kehijauan butiran halus limonit, Vein dari endapan garnierite, nickeliferous quartz, mangan dan pada beberapa kasus terdapat silika boxwork. Terkadang terdapat mineral quartz yang mengisi rekahan, mineral-mineral primer yang terlapukkan chloride.

d. *Bedrock* (Batuan Induk)

Bagian terbawah dari profil laterit. tersusun atas bongkah yang lebih besar dari 75 cm dan blok periode batuan dasar dan secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar. Zona ini terfrakturisasi kuat kadang membuka, terisi oleh mineral garnierite dan silika. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab adanya root zone yaitu zone high grade Ni akan tetapi posisinya tersembunyi.

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 7. Profil endapan nikel laterit daerah tropis (Elias M, 2002)

## G. Proses Pembentukan Nikel Laterit Dan Faktor-Faktor Pembentuk Nikel

### Laterit

#### Pembentukan Nikel Laterit

Proses pembentukan nikel laterit diawali dari proses pelapukan batuan induk seperti batuan ultrabasa. Batuan ini banyak mengandung *olivin*, *piroksen*, *magnesium silikat* dan besi. Mineral-mineral tersebut tergolong tidak stabil dan mudah mengalami proses pelapukan. Ketikaa batuan terangkat ke permukaan (*uplift*), maka secara bertahap akan mengalami pelapukan. Proses kimia dan fisika yang disebabkan oleh udara, air, panas, dan dingin akan menghancurkan batuan tersebut menjadi *soil* dan *clay* proses kimia dimulai pada batuan ultramafik sebagai batuan asal.

Air, oksigen ( $O_2$ ), dan karbondioksida ( $CO_2$ ) merupakan agen pelapukan kimia yang bekerja pada pembentukan nikel laterit. Air hujan yang bersifat asam bersama dengan karbondioksida akan terlebih dahulu melarutkan unsur-unsur pada batuan induk. Kandungan *olivine*, *piroksen*, *magnesium silikat*, besi, nikel dan *silika* akan terurai dan membentuk suatu larutan, di dalam larutan yang telah terbentuk tersebut, besi akan bersenyawa dengan oksigen dan mengendap sebagai *ferri hidroksida*

Endapan *ferri hidroksida* ini akan menjadi reaktif terhadap air, sehingga kandungan air pada endapan tersebut akan mengubah *ferri hidroksida* menjadi mineral-mineral seperti *goethite* ( $FeO(OH)$ ), *hematite* ( $Fe_2O_3$ ) dan cobalt. Mineral-mineral tersebut sering dikenal sebagai “besi karat”.

Endapan ini akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah dan akan membentuk lapisan tanah penutup, sedangkan *magnesium*, nikel dan *silika* akan tetap tinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan *leaching*. unsur Ni sendiri merupakan unsur tambahan di dalam batuan ultrabasa sebelum proses pemindahan berlangsung, unsur Ni berada dalam ikatan serpentine group. Rumus kimia dari kelompok serpentin adalah  $X_{2-3}SiO_2O_5(OH)_4$ , dengan X tersebut tergantikan unsur-unsur seperti *Cr*, *Mg*, *Fe*, *Ni*, *Al*, *Zn* atau *Mn* atau dapat juga merupakan kombinasinya.

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 *bedrock*. Ikatan dari Ni

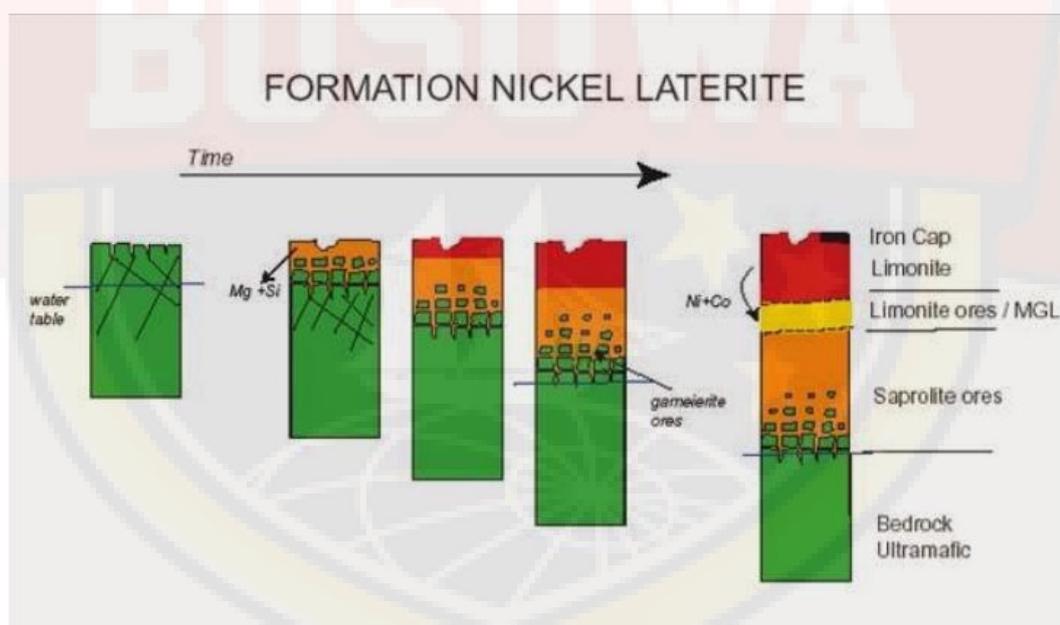
yang berasosiasi dengan  $Mg$ ,  $SiO_2$  dan  $H_2O$  akan membentuk mineral *garnierite* dengan rumus kimia  $(Ni,Mg)Si_4O_{10}(OH)_2$ . Apabila proses ini berlangsung terus menerus, maka yang akan terjadi adalah proses pengkayaan supergen (*supergen enrichment*). Zona pengkayaan supergen ini terbentuk di zona sapolit. Dalam satu penampang vertical profil laterit dapat juga terbentuk zona pengkayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama dari perubahan musim.

Fluktuasi muka air tanah yang berlangsung secara kontinu akan melarutkan unsur-unsur  $Mg$  dan  $Si$  yang terdapat pada bongkah-bongkah batuan asal di zona sapolit, sehingga memungkinkan penetrasi air tanah yang lebih dalam. Dalam hal ini, zona sapolit akan bertambah ke dalam, demikian juga dengan ikatan yang mengandung oksida  $MgO$  sekitar 30 – 50%-berat dan  $SiO_2$  antara 35 – 40%-berat. Oksida yang masih terkandung pada bongkah-bongkah di zona sapolit ini akan terlindi dan ikut bersama-sama dengan aliran air tanah, sehingga sedikit demi sedikit zona sapolit atas akan berubah porositasnya dan akhirnya menjadi zone limonit. Sedangkan bahan-bahan yang sukar atau tidak mudah larut akan tinggal pada tempatnya dan Sebagian turun ke bawah Bersama larutan sebagai larutan koloid. Bahan-bahan seperti  $Fe$ ,  $Ni$ , dan  $Co$  akan membentuk konsentrasi residu dan konsentrasi celah pada zona yang disebut dengan zona saprolite, berwarna coklat kuning kemerahan. Batuan asal ultramafic pada zona ini selanjutnya diimpregnasi oleh  $Ni$  melalui larutan yang mengandung  $Ni$ , sehingga kadar  $Ni$  dapat naik hingga 7%-berat. Dalam hal ini,  $Ni$  dapat mensubstitusi  $Mg$  dalam Serpentina tau juga

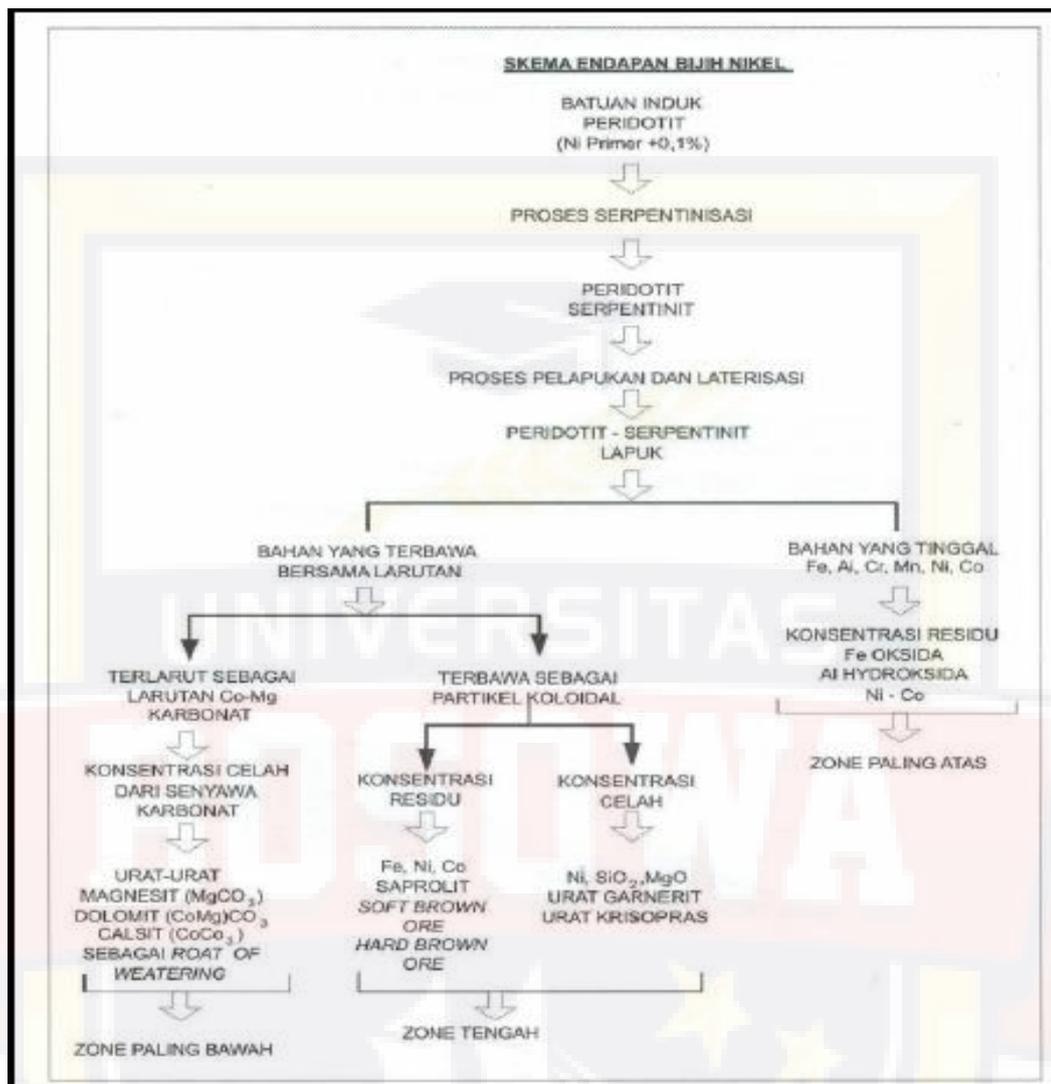
mengendap pada rekahan bersama dengan larutan yang mengandung Mg dan Si sebagai Garnierit dan Krisopras.

Larutan residunya akan menghasilkan saprolite yang berwarna kuning kemerahan. Ca, Mg dalam larutan bikarbonat terus bergerak kebawah sampai batas pelapukan dan akan menghasilkan dolomit dan magnesit yang dapat mengisi celah/rekahan batuan induk. Urat ini dikenal sebagai batas petunjuk antar zona pelapukan dengan zona batuan segar (akar pelapukan).

Dibawah zona pengkayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona *hipogen*, terdapat sebagai batuan induk.



Gambar 8. Tahapan perkembangan profil nikel laterit



Gambar 9 . Skema pembentukan profil nikel laterit (Djadjulit (1982), dalam Denny, 2008)

### Faktor-Faktor Pembentuk Nikel Laterit

#### a. Batuan Induk

Nikel laterit merupakan produk pelapukan batuan induknya (*bedrock*). Batuan induk pembentuk nikel laterit adalah batuan ultramafic yang didominasi

oleh mineral olivine dan piroksen. Mineral-mineral tersebut memiliki asosiasi kadar Ni yang lebih tinggi daripada mineral penyusun batuan lainnya. Asosiasi kadar Ni pada mineral olivine dan piroksen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

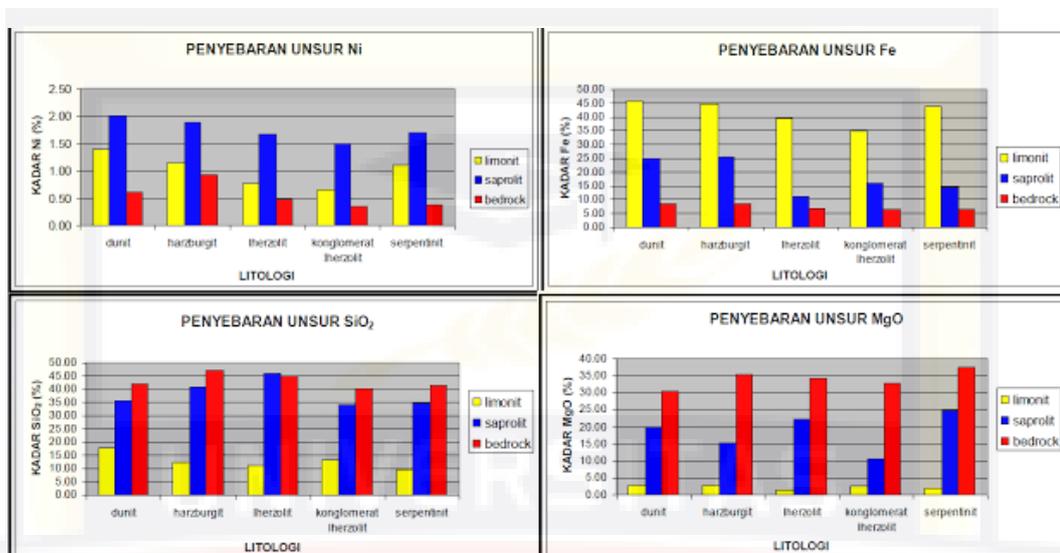
	Olivine	Ortho-pyroxene	Clino-pyroxene
SiO <sub>2</sub>	40	55 – 62	50 – 53
TiO <sub>2</sub>	0.02 – 0.05	0.02 – 0.05	0.1 – 0.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4 – 0.6	1.7 – 3.2	3 – 4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02 – 0.2	0.6	0.8 – 0.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	All iron reported as FeO		
FeO	8 – 10	5 – 6	2.5 – 4.0
MnO	0.12 – 0.16	0.1	0.1
NiO	0.3 – 0.5	0.06 – 0.1	0.05 – 0.07
CoO	0.01 – 0.02	0.006	0.003
MgO	47 – 51	32 – 35	18 – 22
CaO	0.04 – 0.07	1 – 2	17 – 22

Gambar 10. Komposisi primer golongan mineral ferromagnesia silikat (Waheed, 2008)

Pada table di atas menunjukkan bahwa mineral olivine memiliki komposisi nikel yang paling tinggi yakni 0,3-0,5% dari mineral piroksen, sehingga batuan yang kaya akan mineral olivine memiliki potensi nikel laterit yang tinggi. Mengacu hal tersebut, maka dari potensi nikel laterit yang besar dari batuan ultramafic adalah dunit yang memiliki komposisi olivine yang tertinggi dai batuan ultramafic lainnya.

Komposisi batuan induk yang berbeda-beda menyebabkan komposisi kimia profil yang terbentuk berbeda. Kondisi ini juga menyebabkan kadar Ni pada masing-masing lapisan horizon juga berbeda-beda pada tiap batuan dasar yang

berbeda juga. Gambar dibawah ini menunjukkan kadar Ni, Fe, SiO<sub>2</sub> dan MgO pada masing-masing batuan dasar sebagai perbandingan.



Gambar 11. Grafik perbandingan unsur Ni, Fe, SiO<sub>2</sub> dan MgO berdasarkan batuan dasar pada sampel daerah Taringo, kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara (Ernita, 2012)

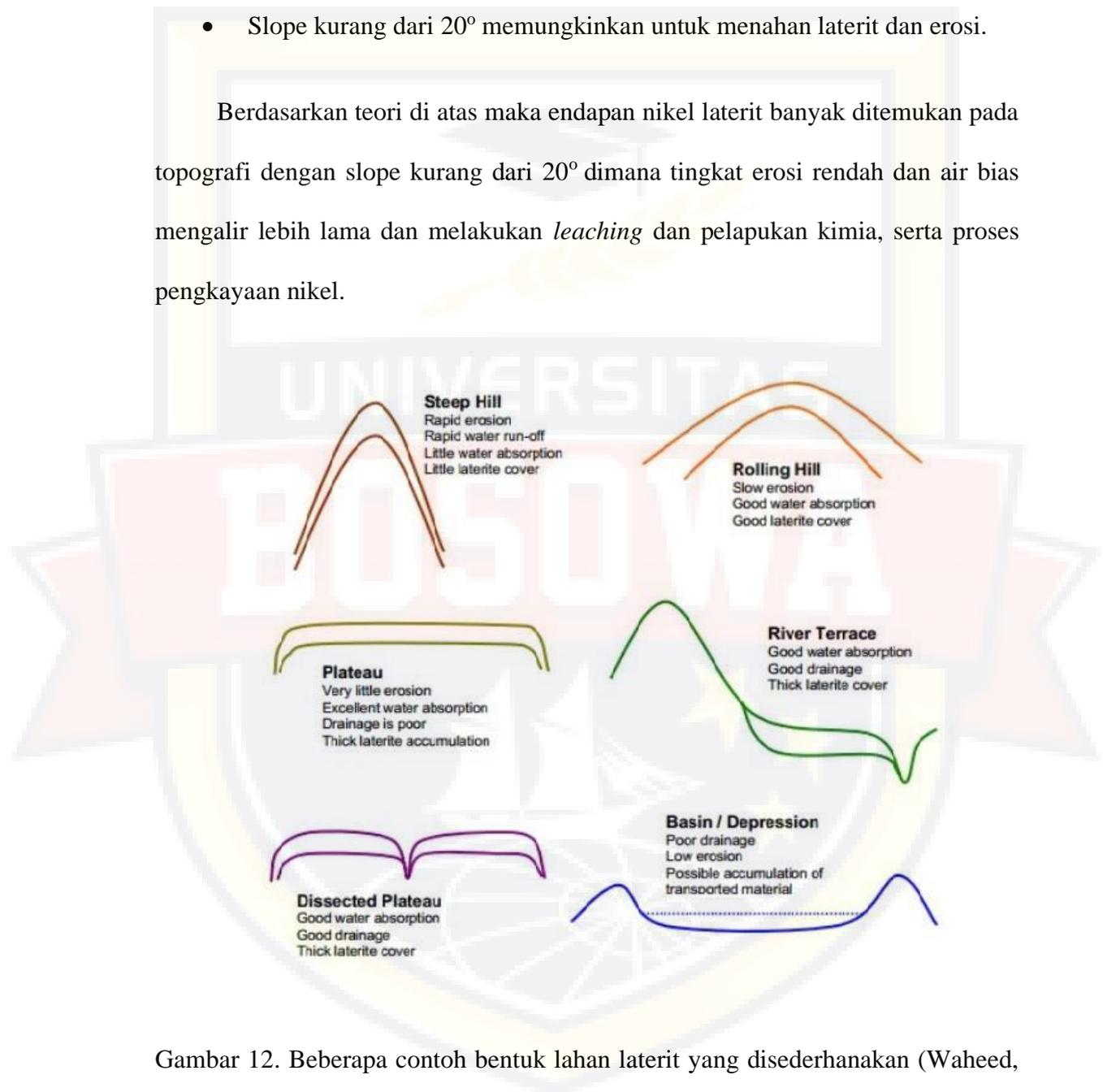
## b. Topografi

Topografi merupakan faktor yang cukup penting dalam pembentukan endapan nikel laterit. Faktor topografi berhubungan dengan tingkat erosi, drainase, dan pelapukan. Menurut Waheed A. Short Course, 2002, mengemukakan bahwa peranan topografi sangat besar pada proses lateritisasi, melalui beberapa faktor antara lain :

- Penyerapan air hujan (pada slope curam umumnya air hujan akan mengalir ke daerah yang lebih rendah/*run off* dan penetrasi ke batuan akan sedikit. Hal ini menyebabkan pelapukan fisik lebih besar disbanding pelapukan kimia)

- Daerah tinggian memiliki drainase yang lebih baik daripada daerah rendah dan daerah datar.
- Slope kurang dari 20° memungkinkan untuk menahan laterit dan erosi.

Berdasarkan teori di atas maka endapan nikel laterit banyak ditemukan pada topografi dengan slope kurang dari 20° dimana tingkat erosi rendah dan air bias mengalir lebih lama dan melakukan *leaching* dan pelapukan kimia, serta proses pengkayaan nikel.



Gambar 12. Beberapa contoh bentuk lahan laterit yang disederhanakan (Waheed, 2008)

Dari gambar di atas, bentuk lahan *rolling hill* merupakan bentuk lahan yang memiliki endapan nikel laterit yang mengikuti bentuk lahannya sehingga terbentuk

endapan nikel laterit yang tebal. Hal ini disebabkan slopenya yang tidak terlalu curam sehingga proses laterisasi lebih dominan daripada proses erosi.

### c. Iklim

Iklim memegang peranan penting dalam proses pembentukan nikel laterit. Laterisasi merupakan proses pelapukan dari batuan yang menyebabkan pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Iklim yang mendukung pembentukan nikel laterit adalah iklim hujan tropis.

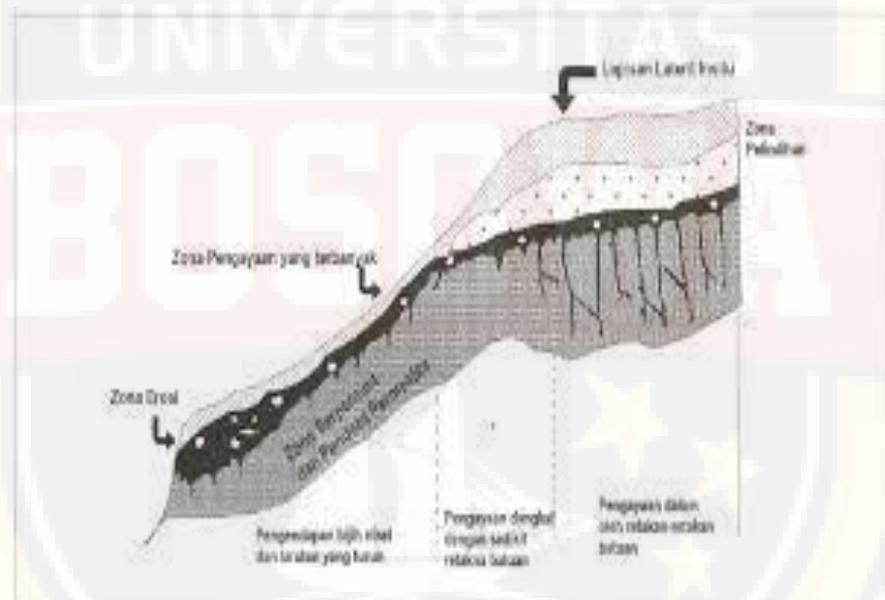
Iklim hujan tropis memiliki curah hujan tinggi pada musim penghujan dan temperature yang juga tinggi pada musim kemarau. Daerah yang termasuk pada iklim ini adalah daerah lintang  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$  ke utara dan ke selatan garis khatulistiwa dengan curah hujan  $> 1800$  mm per tahun, temperature bulanan lebih dari  $18^{\circ}\text{C}$  perbulan dan suhu tahunan  $20^{\circ}$ - $25^{\circ}\text{C}$ . Keadaan ini mendukung proses laterisasi pada nikel yang membutuhkan curah hujan yang tinggi dan suhu yang relative tinggi sepanjang tahun. Pada gambar di bawah ini, iklim hujan tropis menghasilkan produk tanah yang kaya akan besi. Salah satu penciri endapan nikel laterit adalah *iron capping* yang kaya akan unsur besi.

Climatic region	Mean annual rainfall, mm	Soils
Rainforest	$>1800$	Highly leached ferruginous soils: always moist: located within $5$ - $10^{\circ}$ latitudes, but occasionally up to $25^{\circ}$
Transition from Rain-forest to Savanna	$1200 - 1800$	Less leached: silica retention higher than in Rainforest: top metre may dry out in dry session
Moist Savanna	$900 - 1200$	Moderately weathered and leached: higher retention of aluminosilicates: top metre dries out in dry session: pH 5-6
Dry Savanna	$600 - 900$	Less intense weathering and leaching: many elements are retained in smectites due to poor flushing with water: top two metres dry out in dry session: pH6-7
Semi-arid	$250 - 600$	Far less weathering and leaching: saprolites are dominantly kaolinitic: silcrete and calcrete are more common
Arid	$>250$	Very little chemical weathering and leaching: high retention of halides and nitrates: evaporates may be present: alkaline to hyper-alkaline soil condition

Gambar 13. Peran iklim dalam formasi laterit (After Young (1976) dan Butt Zeegers (1992) dalam Waheed, 2008)

#### d. Struktur geologi

Sesar dan kekar yang terbentuk pada batuan induk akan mempercepat proses pelapukan fisika dan kimia. Sesar dan kekar akan memperbesar porositas batuan induk sehingga memudahkan agen pelapukan seperti air masuk dan melakukan *pencucian* secara maksimal. Selain itu kekar dan sesar juga akan memberikan ruang bagi pengkayaan nikel sehingga kadangkala pada batuan induk yang memiliki zona kekar dan sesar ditemukan kadar nikel yang cukup tinggi, namun tidak setebal pada zona saprolite.

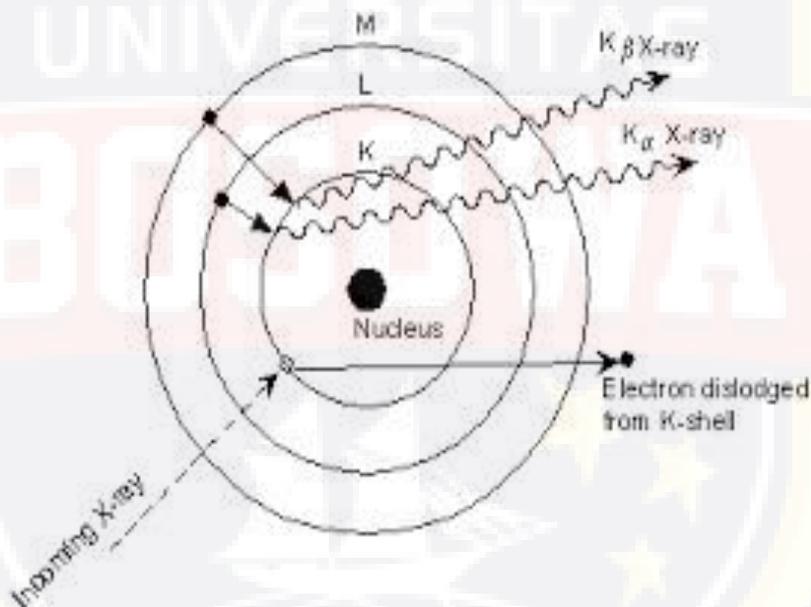


Gambar 14. Penampang tegak endapan nikel laterit (Chetetat (1947) dalam Waheed 2008)

#### H. Spektroskopi XRF

Spektroskopi XRF adalah Teknik analisis unsur yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-X dengan material analit. Teknik ini banyak digunakan dalam Analisa batuan karena membutuhkan jumlah sampel yang relative

kecil (sekitar 1 gram). Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur yang terutama banyak terdapat dalam batuan atau mineral. Sampel yang digunakan biasanya berupa serbuk hasil penggilingan atau pengepressan menjadi bentuk film yang banyak digunakan menggunakan beberapa prinsip. Apabila electron dari suatu kulit atom bagian dalam dilepaskan, maka electron yang terdapat pada bagian kulit luar akan berpindah pada kulit yang ditinggalkan tadi menghasilkan sinar-X dengan Panjang gelombang yang karakteristik bagi unsur tersebut (perhatikan gambar 16).



Gambar 15. Prinsip kerja XRF

Pada Teknik difraksi sinar-X suatu berkas electron digunakan, sinar-X dihasilkan dari tembakan berkas electron terhadap suatu unsur di anoda untuk menghasilkan sinar-X dengan Panjang gelombang yang diketahui. Peristiwa ini terjadi pada tabung sinar-X. Pada Teknik XRF, kita menggunakan sinar-X dari tabung pembangkit sinar-X untuk mengeluarkan electron dari kulit bagian dalam

untuk menghasilkan sinar-X baru dari sampel yang di analisis. Seperti pada tabung pembangkit sinar-X, electron dari kulit bagian dalam suatu atom pada sampel analit menghasilkan sinar-X dengan Panjang-panjang gelombang karakteristik dari setiap atom di dalam sampel. Untuk setiap atom di dalam sampel, intensitas dari sinar-X karakteristik tersebut sebanding dengan jumlah (konsentrasi) atom dalam sampel. Dengan demikian, jika kita dapat mengukur intensitas sinar-X karakteristik dari setiap unsur, kita dapat membandingkan intensitasnya dengan suatu standar yang diketahui konsentrasinya, sehingga konsentrasi unsur dalam sampel bisa ditentukan.

Instrument yang digunakan untuk melakukan pengukuran tersebut dinamakan X-Ray Fluorescence Spektrometer. Peralatan ini terdiri dari tabung pembangkit sinar-X yang mampu mengeluarkan electron dari semua jenis unsur yang sedang diteliti. Sinar-X ini yang dihasilkan harus berenergi sangat tinggi, sehingga anoda target dalam tabung pembangkit harus berupa unsur Cr, Mo, W, atau Au. Sinar-X yang dihasilkan ini, kemudian dilewatkan melalui suatu kolimator untuk menghasilkan berkas sinar yang koheren. Berkas sinar ini kemudian di difraksikan oleh kisi kristal yang sudah diketahui nilai  $d$ -nya. Dengan menggunakan persamaan Bragg ( $n \lambda = 2d \sin \theta$ ).

Kelebihan dari metode XRF adalah

- Akurasi yang tinggi
- Dapat menentukan unsur dalam mineral tanpa adanya standar
- Dapat menentukan kandungan mineral dalam bahan biologic maupun dalam tubuh secara langsung.

Kelemahan dari metode XRF adalah

- Tidak dapat mengetahui senyawa apa yang dibentuk oleh unsur-unsur yang terkandung dalam material yang akan kita teliti
- Tidak dapat menentukan struktur dari atom yang membentuk material itu



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2019.

##### 2. Tempat Penelitian

- a. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium PT. Carsurin, Kendari.
- b. Pembuatan bead nikel ore menggunakan metode fusio dilakukan di Laboratorium PT. Carsurin, Kendari.
- c. Analisis XRF dilakukan di Laboratorium PT. Carsurin, Kendari.

#### B. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

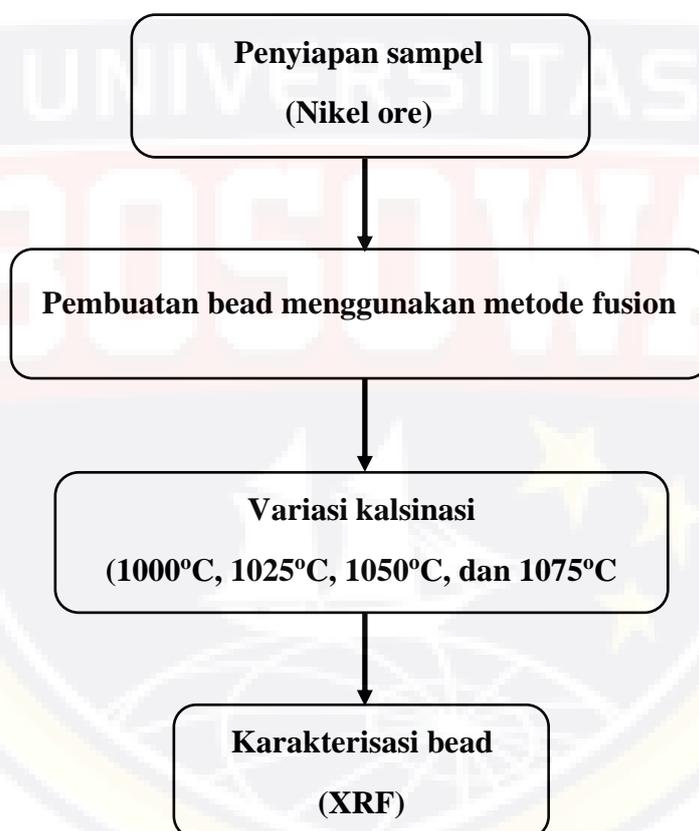
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu spatula, mold platina, crucible platina, claise, timbangan analitik (Explorer Ohaus: max. 600 g, min 0,0001 mg), oven (Memmert), dan Furnace (Thermo), XRF (X-Ray *flourosence*), Ultrasonik dan *vortex*

##### 2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu nikel ore, dan Flux Claise.

### C. Prosedur Kerja

Metodologi yang diuraikan di bawah ini meliputi pendekatan dan proses tata kerja dari rangkaian kegiatan penelitian yang akan dilakukan. Kegiatan ini meliputi dua tahapan, yaitu kegiatan lapangan dan laboratorium. Kegiatan lapangan dalam rangka pengambilan sampel nikel ore. Sedangkan kegiatan laboratorium meliputi preparasi sampel nikel ore, dan XRF (X-Ray fluorescence). Tahapan kegiatan ini disajikan pada bagan berikut :



#### 1. Tempat Pengambilan Sample

Sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah nikel ore dari Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan nikel ore di lokasi pengambilan sample (A) nikel ore titik 1 dan (B) nikel ore titik 2

## 2. Penyiapan Sample (Nikel Ore)

Nikel ore di ambil dari Konawe Selatan kemudian preparasi hingga halus menggunakan jaw crusher, double roll dan pulvizer dan disaring menggunakan saringan *200 mesh*. Serbuk nikel ore dioven suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.

## 3. Pembuatan Bead Nikel Ore Menggunakan Metode Fusion

Serbuk ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian ditambahkan 8 gram flux claisse. Kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Setelah homogen, dimasukkan kedalam alat fusion menggunakan variasi suhu ( $1000^{\circ}\text{C}$ ,  $1025^{\circ}\text{C}$ ,  $1050^{\circ}\text{C}$ , dan  $1075^{\circ}\text{C}$ ) selama 25 menit.

## 4. Analisis Kandungan Nikel Ore Dengan XRF

Jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sample kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki Panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detector

kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sample, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material.



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Bead Nikel Ore

Bead nikel ore yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode fusion berupa kaca berwarna kecoklatan. Disajikan pada Gambar 4.

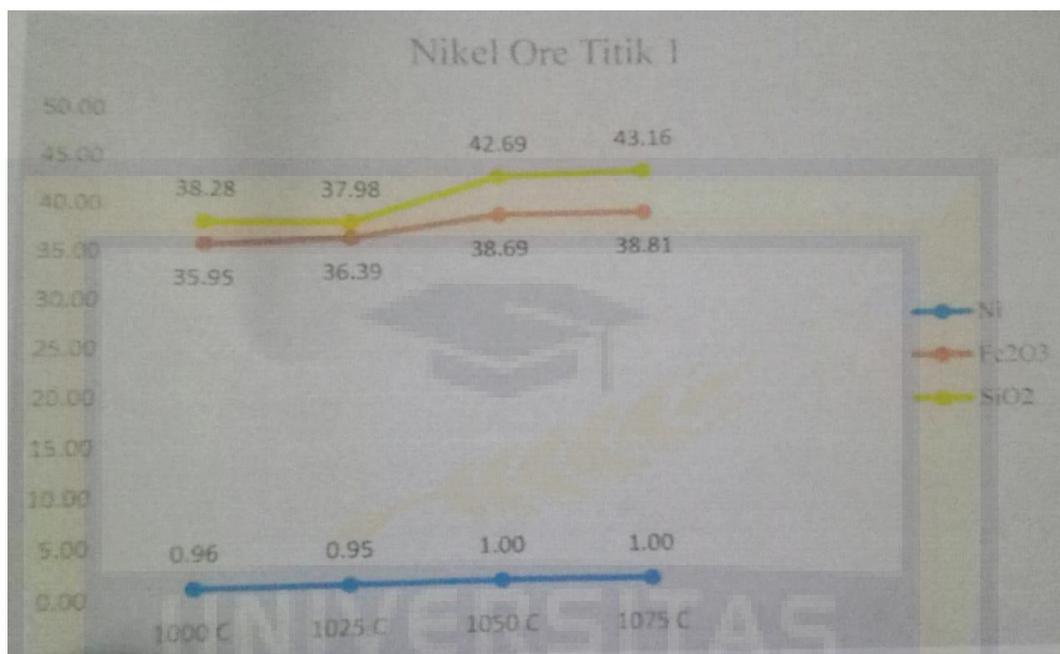


Gambar 4. Bead nikel ore metode fusion

Berdasarkan hasil pengamatan pembuatan bead nikel ore menunjukkan bahwa pada bead nikel ore titik 1 berwarna coklat tua yang mengindikasikan kadar besi tinggi dan bead nikel ore titik 2 berwarna coklat muda yang mengindikasikan kadar besi rendah. Secara fisik pada bead nikel ore kalsinasi suhu  $1000^{\circ}\text{C}$ - $1025^{\circ}\text{C}$  terdapat bayang-bayang yang mengindikasikan adanya tumpukan partikel logam atau partikel yang tidak terdistribusi merata. Hal ini dapat mengakibatkan hasil Analisa yang tidak stabil.

##### B. Hasil Analisis XRF (X-Ray Fluorescence)

Pada penelitian ini, diambil 2 titik sample yang terdapat didaerah Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara area lokasi tambang. Hasil Analisa titik 1 sebagai pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Analisa XRF nikel ore titik 1

Berdasarkan hasil Analisa Gambar 5 menunjukkan bahwa variasi suhu saat perlakuan terhadap sample nikel ore terhadap logam Ni tidak mengalami perubahan kadar signifikan. Kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 0,95% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C dan 1075°C sebesar 1,00%. Hal ini menunjukkan bahwa logam nikel telah terdistribusi sempurna saat proses kalsinasi. Disamping itu fluks claisse mampu menurunkan titik didih logam nikel hingga terdistribusi sempurna pada 1050°C dan 1075°C.

Hasil Analisa terhadap logam Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada variasi suhu saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 36,39% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 38,81%. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu 1025°C - 1050°C logam Fe belum sempurna mengalami distribusi partikel yang merata dalam fluks. Secara fisik terdapat bayang-bayang pada bead

kaca yang menunjukkan adanya tumpukan-tumpukan partikel yang belum larut sempurna dalam fluks. Pada perlakuan suhu kalsinasi 1075°C diperoleh bead bening tanpa adanya bayang-bayang oleh kumpulan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi distribusi partikel yang sempurna dalam fluks.

Hasil Analisa terhadap logam SiO<sub>2</sub> pada variasi suhu kalsinasi saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar SiO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 37,89% dan kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 43,16%. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu 1025°C-1050°C logam Si belum sempurna mengalami distribusi partikel yang merata dalam fluks. Secara fisik terdapat bayang-bayang pada bead kaca yang menunjukkan adanya tumpukan-tumpukan partikel yang belum larut sempurna dalam fluks. Pada perlakuan suhu kalsinasi 1075°C diperoleh bead yang bening tanpa adanya bayang-bayang oleh kumpulan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi distribusi partikel yang sempurna dalam fluks.

Hasil Analisa nikel ore titik 2 disajikan pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Analisa XRF nikel ore titik 1

Berdasarkan hasil Analisa Gambar 6 menunjukkan bahwa variasi suhu saat perlakuan terhadap sample nikel ore terhadap logam Ni tidak mengalami perubahan kadar signifikan. Kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1000°C sebesar 1,44% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C sebesar 1,48%. Hal ini menunjukkan bahwa logam nikel telah terdistribusi sempurna saat proses kalsinasi. Disamping itu fluks claisse mampu menurunkan titik didih logam nikel hingga terdistribusi sempurna pada 1050°C.

Hasil Analisa terhadap logam Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada variasi suhu saat perlakuan sample nikel ore sedikit mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 14,43% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 15,15%. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu 1025°C-1050°C logam Fe belum sempurna mengalami distribusi partikel

yang merata dalam fluks. Secara fisik terdapat bayang-bayang pada bead kaca yang menunjukkan adanya tumpukan-tumpukan partikel yang belum larut sempurna dalam fluks. Pada perlakuan suhu kalsinasi 1075°C diperoleh bead bening tanpa adanya bayang-bayang oleh kumpulan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi distribusi partikel yang sempurna dalam fluks.

Hasil Analisa terhadap logam  $\text{SiO}_2$  pada variasi suhu kalsinasi saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar  $\text{SiO}_2$  terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 44,14% dan kadar  $\text{SiO}_2$  tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 46,69%. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu 1025°C-1050°C logam Si belum sempurna mengalami distribusi partikel yang merata dalam fluks. Secara fisik terdapat bayang-bayang pada bead kaca yang menunjukkan adanya tumpukan-tumpukan partikel yang belum larut sempurna dalam fluks. Pada perlakuan suhu kalsinasi 1075°C diperoleh bead yang bening tanpa adanya bayang-bayang oleh kumpulan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi distribusi partikel yang sempurna dalam fluks.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan pada penelitian ini, maka diperoleh hasil Analisa nikel ore titik 1 menunjukkan bahwa Kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 0,95% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C dan 1075°C sebesar 1,00%. Hasil Analisa terhadap logam Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada variasi suhu saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan signifikan. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 36,39% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 38,81%. Hasil Analisa terhadap logam SiO<sub>2</sub> pada variasi suhu kalsinasi saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar SiO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 37,89% dan kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 43,16%.

Sedangkan berdasarkan hasil Analisa nikel ore titik 2 menunjukkan bahwa Kadar Ni terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1000°C sebesar 1,44% dan kadar Ni tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1050°C sebesar 1,48%. Kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 14,43% dan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi 1075°C sebesar 15,15%. Hasil Analisa terhadap logam SiO<sub>2</sub> pada variasi suhu kalsinasi saat perlakuan sample nikel ore mengalami perubahan kadar yang signifikan. Kadar SiO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada kalsinasi suhu 1025°C sebesar 44,14% dan kadar SiO<sub>2</sub> tertinggi diperoleh pada kalsinasi suhu 1075°C sebesar 46,69%.

## **B. Saran**

Saran yang dapat saya ajukan pada penelitian ini adalah perlu adanya keberlanjutan uji XRF dan SEM guna mengetahui ukuran kristal dan morfologi permukaan nikel ore



## DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Widi, Zulfiadi Zulham, Achmad Shofi, Kusno Isnugroho, Fajar Nurjaman, dan Erik Preasetyo. (2012). Pembuatan Nickel Pig Iron (NPI) dari Bijih Nikel Laterit Indonesia Menggunakan Mini Blast Furnace. Prosiding InSINas, 70.
- Brand, N. W, Butt, C.R.M, Elias, M. 1992. *Regolith Exploration Geochemistry in Tropical and Subtropical Terrains : Clasification and Feature*. Mick Elias Associates, CSA Australia Pty Ltd, Australia.
- Ellias, M, et all. 1998. *Nickel Laterities : Clasification and Feature*. Elsevier Science Publisher B, V, Amsterdam.
- Evans, 2015. Mechanism of Sodium Sulfate in Promoting Selective Reduction of Nickel Laterit Ore during Reduction Roasting Process. Internaional Journal of Mineral Processing, 32-33.
- Forth, Henry. 1984. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nukdin, Ernita. 2012. *Geologi dan Studi Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Nikel Laterit Daerah Taringgo Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jurnal Ilmiah MTG. Yogyakarta.
- Sudrajat A., 1999, Geologi Mineral Logam, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Waheed Ahmad. 2008. *Laterities, Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Process and Laterite Formation*. PT. Vale Indonesia, Tbk
- Widi A., Zulfiadi Z., Achmad S., Kusno I., Fajar N., dan Erik P. (2018). Pembuatan Nickel Pig Iron dari Bijih Nikel Laterit Indonesia Menggunakan Mini Blast Furnace. Prosiding InsI-Nas MT66-77, 0404.

## Lampiran 1

### Instruksi Kerja Preparasi Sampel

#### SAMPEL NIKEL ORE

- Dikeringkan dalam oven 105°C sampai konstan
- Diperkecil ukurannya menggunakan *jawcrusher*

#### SAMPEL -5 mm

- Dilakukan pengerjaan matrix 4x5
- Diperkecil ukuran sampel menggunakan *Disc Mill*

#### SAMPEL -3 mm

- Dilakukan pengerjaan matrix 4x5
- Diperkecil ukuran sampel menggunakan *Disc Mill*
- Dilakukan Split, sampel dibagi menjadi dua bagian
- Diperkecil ukurannya menggunakan Pulverizer
- Sampel di ayak dengan Test Screen ukuran 200 mesh

#### SAMPEL 200 MESH

- Dilakukan Mixing sebanyak 3 kali
- Dilakukan pengerjaan matrix 4x5
- Sampel dimasukkan ke dalam Fortiz, dan dibawa ke Laboratorium

Instrumen

PULP

## Lampiran 2

### **Analisis sampel Nikel Ore dengan metode XRF (Fuse Bead)**

#### SAMPEL PULP 200 MESH

- Ditimbang  $\pm 0,5$  gram
- Ditambahkan flux  $\pm 8$  gram
- Sampel dan flux di homogenkan menggunakan fortex
- Dimasukkan kedalam cawan platina
- Dimasukkan kedalam alat *Fusion Claise*, pengaturan suhu  $1050^{\circ}\text{C}$  selama 20 menit

#### BEAD

- Dilakukan Analisa pada instrument WDXRF Axios Fast bersama dengan blanko

#### HASIL

Lampiran 3

## Instruksi Kerja Preparasi

### Persiapan Analisa



Sampel dimasukkan kedalam oven



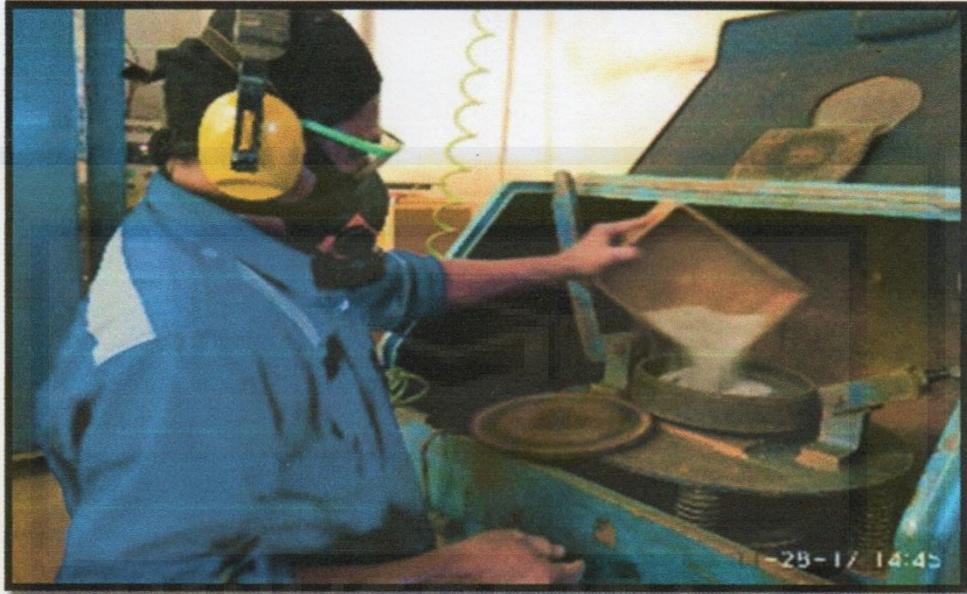
Sampel dimasukkan kedalam *Jaw Crusher*



Sampel dimasukkan ke dalam *Misc Mill*



Sampel dibagi menjadi 2 bagian



Sampel dimasukkan ke dalam *Pulverizer*



Sampel di matrix 4x5



Masukkan kedalam amplop sampel/fortis

**BOSOWA**



Lampiran 4

### Analisis sampel Nikel Ore dengan metode XRF (Fuse Bead)

#### Persiapan Analisa



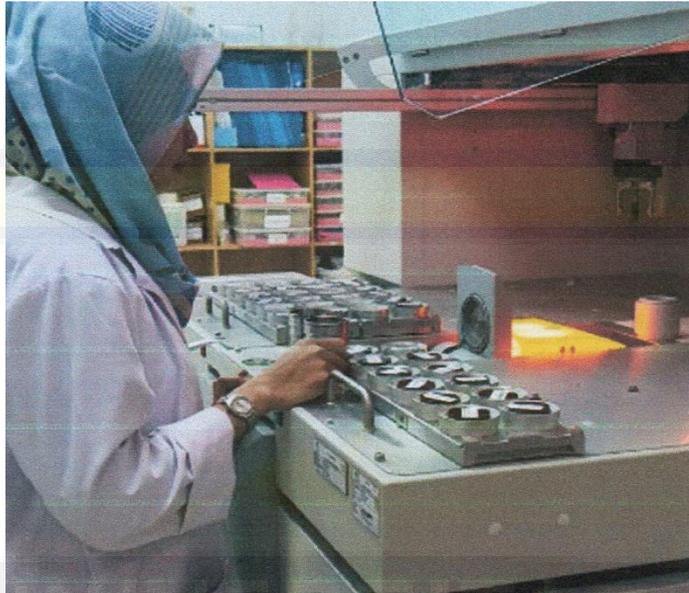
Sampel pulp 200 mesh dan flux ditimbang



Sampel di vortex dan dimasukkan ke dalam cawan platina



Sampel di fuse menggunakan alat *Claisse*



Analisa sampel menggunakan WDXRF *Axios Fast*

