

**Optimasi Proses Ekstraksi Nikel-Kobalt menggunakan Cyanex 272 dari  
Laterit dengan Metode Taguchi  
(Skripsi)**

**Oleh  
Aulia Aziza**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

# OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI NIKEL-KOBALT MENGGUNAKAN CYANEX 272 DARI LATERIT DENGAN METODE TAGUCHI

Oleh

Aulia Aziza

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang optimasi proses ekstraksi nikel-kobalt menggunakan Cyanex 272 dari laterit dengan Metode Taguchi. Proses pemisahan nikel dari logam pengotor lainnya dapat dilakukan dengan metode *sulfuric acid leaching* dan *hydrochloric acid leaching* serta sistem ekstraksi. Rancangan penelitian disusun dengan menggunakan Metode Taguchi-Larger the Better. Karakterisasi bahan baku nikel laterit menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), hasil *leaching* menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan hasil ekstraksi menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Kondisi optimum proses *leaching* dan ekstraksi kobalt menggunakan Cyanex 272 dari laterit diperoleh dengan parameter waktu *leaching* = 8 jam, volume Cyanex 272 = 10 %v/v, konsentrasi  $H_2SO_4$  = 6 M. Semakin tinggi konsentrasi  $H_2SO_4$  proses *leaching*, maka persentase kobalt yang didapat akan semakin tinggi, Co akan tetap pada larutan aqueous pada pH rendah  $pH < 2$  pada proses pelarutan bijih laterit.

## **Optimization of Nickel-Cobalt Extraction Process using Cyanex 272 from Laterit with Taguchi Method**

**Aulia Aziza**

### *Abstract*

A research on the optimization of nickel-cobalt Extraction Process using Cyanex 272 from Laterit with Taguchi Method. The process of separation of nickel from other impurities can be done by sulfuric acid leaching method and hydrochloric acid leaching and extraction system. The study design was prepared using the Taguchi-Larger the Better Method. Characterization of laterite nickel raw materials using X-Ray Diffraction (XRD), leaching results using X-Ray Fluorescence (XRF) and extraction results using Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS). The optimum condition of leaching and cobalt extraction process using Cyanex 272 from laterite was obtained with leaching time parameter = 8 hours, volume of Cyanex 272 = 10% v/v, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration = 6 M. The higher concentration of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> leaching process, the percentage of cobalt obtained The higher, Co will remain in the aqueous solution at low pH < 2 in the process of dissolving the laterite ore.

**Optimasi Proses Ekstraksi Nikel-Kobalt menggunakan Cyanex 272 dari  
Laterit dengan Metode Taguchi  
(Skripsi)**

**Oleh  
Aulia Aziza**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

**Judul Skripsi** : **OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI NIKEL-KOBALT MENGGUNAKAN CYANEX 272 DARI LATERIT DENGAN METODE TAGUCHI**

**Nama Mahasiswa** : **Aulia Aziza**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **1217041010**

**Jurusan** : **Fisika**

**Fakultas** : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

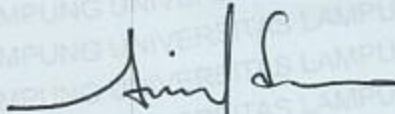
  
**Prof. Posman Manurung, Ph.D.**

**NIP.19590308 199103 1 001**

  
**Sudibyo, S.T., M.Sc.**

**NIP.19820327 201502 1 002**

**2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA**



**Arif Surtono, S. Si., M.Si., M.Eng.**

**NIP. 19710909 200012 1 001**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji  
Ketua

: **Prof. Posman Manurung, Ph.D.** .....

Sekretaris

: **Sudibyo, S.T., M.Sc.** .....

Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Simon Sembiring, Ph.D.** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.**  
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Agustus 2017**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Agustus 2017



Aulia Aziza  
NPM.1217041010

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aulia Aziza. Putri kedua dari pasangan Nanang Fauzan dan Sani ini dilahirkan di Jakarta pada 30 Oktober 1994. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di MIN 8 Srengseng Sawah Jakarta Selatan, tingkat menengah pertama penulis bersekolah di MTs.N. 2 Jakarta yang dilanjutkan ke MTs. Ma'arif 5 Sekampung, dan tingkat atas di SMAN 1 Sekampung-Lampung Timur.

Penulis terdaftar di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui SNMPTN Uji tes tulis tahun 2012. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar dan Sains Dasar.

Penulis pernah menjalani Praktek Kerja Lapangan (PKL) di UPT. BPTM LIPI Tanjung Bintang Lampung Selatan. Penulis Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Way Bungur Lampung Timur.

Penulis pernah aktif di berbagai kegiatan organisasi seperti menjadi Anggota Muda Rois (AMAR) periode 2012-2013, Anggota Bidang Sosial Budaya Masyarakat (SBM) periode 2013-2014 dan Sekretaris Bidang Informasi dan Komunikasi (Infokom) periode 2014-2015 Rohani Islam (ROIS) FMIPA Unila. Anggota Bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unila



periode 2014-2015. Anggota Magang Departemen Dalam Negeri (Dagri) periode 2012-2013, Sekretaris Generasi Muda (Garuda) periode 2012-2013, Anggota Dinas Komunikasi, Informasi dan Teknologi (KOMINFOTEK) periode 2013-2014 dan Sekretaris Departemen Komunikasi dan Informasi (Kominfo) periode 2015-2016 Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila. Anggota Departemen Kaderisasi Bina Rohani Islam Mahasiswa (Birohmah) Unila periode 2015-2016. Anggota Panitia Khusus (Pansus) Pemilihan Raya (Pemira) FMIPA Unila tahun 2013. Sekretaris Pansus Pemira Universitas tahun 2014.

Penulis semasa menjadi mahasiswa pernah menjadi peserta, panitia dan kakak asuh kegiatan Karya Wisata Ilmiah (KWI) FMIPA Unila sejak tahun 2013 sampai dengan tahun 2017.

Penulis juga aktif di organisasi dan komunitas eksternal kampus, seperti menjadi Anggota Departemen Infokom periode 2013-2014 dan Sekretaris Departemen Infokom periode 2014-2015 Ikatan Mahasiswa Lampung Timur (IKAM LAMTIM). Anggota Tim Media Center One Day One Juz (ODOJ) Chapter Kampus Bandar Lampung, penulis tergabung di Kelompok Belajar Desain Grafis (KBDG) Lampung, juga menjadi Tim Media di Portal Lampung. Selain itu, penulis juga aktif sebagai Sekretaris Divisi Kreatif dan Desain Keluarga Film Maker Muslim (KFMM) Lampung serta sebagai Sekretaris Divisi Dana dan Usaha ODOJ DPA Bandar Lampung.

## PERSEMBAHAN

*Bismillaahirrohmaanirrohiim....*

*Skripsi ini saya persembahkan kepada*

*Nanang Fauzan dan Sani*

*Orangtua terbaik dan tercinta serta terhebat sepanjang hidup, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pendidikan, semangat terbaik yang tak henti.*

*Farhan Fakhreizan dan Amar Akbar Fahlevi*

*Kakak dan Adik kesayangan, yang selalu memberikan dukungan dan kasih sayang.*

*Seluruh keluarga dan Sahabat*

*Yang selalu memberikan motivasi*

*Universitas Lampung*

*Almamater tercinta*

## MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman! Jika kamu menolong (agama) Allah,  
niscaya Dia akan meneguhkan kedudukanmu.”

**(Q.S. Muhammad: 7)**

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakah yang kamu dustakan?”

**(Q.S. Ar-Rahman: 13)**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya  
bersama kesulitan ada kemudahan.”

**(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)**

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lain.”

**(H.R. At- Thabrani)**

“Lakukan yang terbaik karena Allaah”

**(Aulia Aziza)**

,

Laa haulaa wa laa quwwata illaa billaah

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allaah, berkat karunia dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Optimasi Proses Ekstraksi Nikel-Kobalt menggunakan Cyanex 272 dari Laterit dengan Metode Taguchi”.

Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya dan menjadi tambahan ilmu pengetahuan. Aamiin.

Bandarlampung, Agustus 2017

Penulis,

**Aulia Aziza**

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamiin. Segala puji bagi Allah, Rabb semesta alam yang telah memberikan begitu banyak nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada manusia teladan sepanjang masa, Rasulullah Muhammad SAW., beserta keluarga, sahabat, tabi'in yang senantiasa mengajarkan sunnah-sunnahnya dan semoga kelak kita mendapatkan syafa'at dari Rasulullah SAW. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dari segaa pihak. Maka, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Posman Manurung, Ph.D., Pembimbing I dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, banyak memotivasi dan bimbingan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Sudiby, S. T., M.Sc., Pembimbing II yang telah memberikan ilmu dan arahnya kepada penulis dalam menjalani penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Simon Sembiring, Penguji yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya kepada penulis.
4. Seluruh dosen Fisika FMIPA Unila beserta staff yang telah memberikan ilmu, arahan dan bantuannya.
5. Kedua orang tua tercinta, ayah dan mama serta kakak dan adik tersayang yang selalu mendukung dan yang selalu kusebut namanya dalam doa.

6. Tim Pejuang (Yuliana, Abdullah Haris T, Fahmi Alzie Putra) yang selalu ada dalam susah maupun senang selama proses skripsi.
7. Tri Bandrio yang telah menjadi penyemangat, teman berbagi dan belajar, serta teman bisnis yang luar biasa, juga telah memberikan bantuan, do'a, dukungan, cinta dan kasih sayang kepada penulis selama ini.
8. Qonitati, Wiwik Agustina, Rita Asiah, Nafilata Primadia, Riska Aprilia, Ayu Taqiya Ulfa dan Nurmayanti yang telah menjadi pendukung dan penyemangat.
9. Sahabatku Izdiha Rolina Shofa'a, Nurqori Setiawati, Fatia Ulfa yang tak henti menyayangi.
10. Mahasiswa bimbingan Deddy yang senantiasa menjadi penyemangat di kala runtuh, Triana, Jayanti, Qori dan Nabilla.
11. Dimas Rahmat Saputra, Efrizal dan Wini Rahmawati yang senantiasa memberikan bantuan, do'a, dukungan dan kasih sayang kepada penulis selama ini hingga terselesaikannya mendukung dan membantu terselesaikannya skripsi.
12. Rekan-rekan Rois FMIPA Unila dan BEM FMIPA Unila yang telah banyak memberikan kasih sayangnya kepada penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini.
13. Ksatria Kominfo Biasa Aja (Dafri, Deka, Bagus, Dira, Nabiilah, Hona, Nuha, Juwita, Aulianda, Anis) pemberi semangat yang biasa aja.
14. Alumni MIN 8 Srengseng Sawah Jakarta Selatan, Komunitas One Day One Juz (ODOJ), Kelompok Belajar Desain Grafis (KBDG) Lampung, Keluarga Film Maker Muslim (KFMM) Lampung, Keluargaku "*Daa Irotul*

*Mahabbah*”, yang terus mendukung, Keluarga baruku “*Aisyah*”, sayang kalian semua.

15. Keluarga kecilku (Andi Wirman, Faisal Mardiansa, Abdussalam Ahmad, Lina Nurhayati, Sri Wahyuni, Devi Sabarina) yang selalu memberi dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini, semoga Allah SWT mempertemukan kita di Syurga.
16. Teman-teman seperjuangan Fisika angkatan 2012 yang selalu membantu selama proses perkuliahan hingga skripsi.
17. Kakak dan adik tingkat yang senantiasa membantu hingga akhir.

Semoga Allah SWT membalas dengan yang lebih baik dan menjadi pemberat amal di akhirat kelak. Aamiin.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MENGENALKAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Mineral Laterit .....	8
B. Logam Nikel (Ni) .....	9
C. Kobalt .....	11
D. Teknologi Pengolahan Bijih Nikel .....	14
E. Jenis Pelarut dalam Proses Ekstraksi Bijih Laterit .....	17
F. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	20



G. Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) .....	24
H. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
I. Metode Taguchi .....	29
J. Penelitian Sebelumnya .....	31

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	34
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	34
C. Prosedur Kerja .....	35
D. Diagram Alir Penelitian.....	37

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Bahan Baku Nikel Laterit menggunakan XRD .....	39
B. Kondisi Optimum Proses Ekstraksi .....	41
C. Pengaruh konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap proses pelarutan bijih laterit.....	43
D. Pengaruh Waktu <i>Leaching</i> .....	45
E. Pengaruh Persentase Volume Cyanex 272 .....	46

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
1. Lokasi keterdapatn nikel laterit di Indonesia .....	10
2. Grafik hubungan pH larutan ionik terhadap persentase kenaikan ekstraksi.....	19
3. Orbital elektron.....	21
4. Tingkat energi spektrum alat analisis XRF .....	22
5. Skema alat analisis XRF.....	23
6. AAS .....	25
7. Skema difraksi sinar-X .....	28
8. Diagram alir penelitian .....	37
9. Skema pemisahan nikel dan kobalt dari bahan multikomponen .....	38
10. Difraktogram XRD bahan baku nikel laterit .....	40
11. Grafik hubungan antara konsentrasi asam sulfat terhadap persentase kenaikan ekstraksi Co .....	43
12. Grafik hubungan antara waktu <i>leaching</i> terhadap persentase kenaikan ekstraksi kobalt.....	45
13. Grafik hubungan persentase volume Cyanex 272 terhadap persentase kenaikan ekstraksi Co. ....	46

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Hasil analisis XRF nikel laterit PT. Integra Mining, Sulawesi Tenggara .....	4
2. Desain eksperimen dengan menggunakan Metode Taguchi .....	37
3. Persentase kenaikan Co di <i>aqueous phase</i> .....	42
4. Hasil analisis SN Ratio Metode Taguchi- <i>larger the better</i> terhadap persentase kenaikan Co di <i>Aqueous phase</i> menggunakan Minitab.....	42

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya mineral yang melimpah sehingga memiliki potensi yang besar sebagai penghasil bahan kimia berbasis mineral. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam mineral, salah satu diantaranya adalah bijih nikel laterit, dimana diperkirakan cadangan bijih nikel laterit di Indonesia mencapai 1,391 milyar ton yang merupakan 4,9% dari cadangan bijih nikel laterit di dunia, atau menempati urutan delapan terbesar di dunia (Nurhakim, dkk., 2011).

Akan tetapi kekayaan alam yang begitu melimpah ini belum dimanfaatkan untuk produksi bahan-bahan kimia. Bahan-bahan kimia yang dipakai di Indonesia sebagian berasal dari luar negeri yang dijual dengan harga yang sangat tinggi. Padahal sebenarnya jika kita mengolah bijih-bijih mineral yang ada di negara ini, maka akan sangat membantu menghemat biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bahan kimia.

Kebutuhan bahan kimia berbasis mineral di dalam dan luar negeri sangat besar untuk mendukung proses penelitian, laboratorium, industri, farmasi, pembuatan logam anti karat, campuran pada pembuatan stainless steel, baterai nikel- *metal*

*hybride* (Dalvi, dkk., 2004), industri pesawat terbang, pembuatan uang koin, pelapisan senjata, dan berbagai fungsi lain (Bradley, 2011).

Kesebangunan ini pula yang menjadikan nikel sangat berharga dan memiliki nilai jual tinggi di pasaran dunia. Setidaknya sejak 1950 permintaan akan nikel rata-rata mengalami kenaikan 4% tiap tahun, dan diperkirakan sepuluh tahun mendatang terus mengalami peningkatan (Dalvi, dkk., 2004).

Proses pengolahan bijih nikel dengan penggunaan teknologi hidrometalurgi adalah proses ekstraksi bijih nikel dengan menggunakan proses *leaching* dengan menggunakan reagent-reagent tertentu. Teknologi ini biasanya digunakan untuk pengolahan bijih nikel dengan kadar rendah. Hasil akhir pengolahan ini berupa nikel (Ni) (Solihin 2011, Prasetyo 2008).

Tantangan yang dihadapi dalam pengolahan bijih mineral menjadi bahan kimia dengan kemurnian tinggi antara lain adalah banyaknya komponen dalam bijih mineral sehingga menyulitkan proses pemisahan dan pemurnian. Seperti kobalt yang tidak terdapat murni di alam tetapi tercampur dalam bijih nikel laterit. Kombinasi teknik ekstraksi kimia dan elektrometalurgi dipilih untuk mendapatkan nikel dan kobalt dalam pengolahan bijih mineral ini.

Teknik pengolahan laterit dengan ekstraksi untuk mendapatkan mineral dengan kemurnian tinggi terus berkembang. Penggunaan bahan kimia organik yang tepat dan dapat digunakan kembali (*recycle*) menjadi sangat penting dalam proses pengolahan laterit ini. Laterit yang digunakan mengandung banyak elemen pengotor dibanding dengan bahan mineral yang digunakan (Guimaraes, dkk.,

(2014), dan Nikam, dkk., (2012)). Untuk memproduksi nikel dan kobalt kemurnian tinggi dari laterit ini dapat digunakan teknik *leaching* dan sistem ekstraksi.

Proses pemisahan nikel bisa memakai dua variasi metode, yaitu metode *Sulfuric Acid leaching* dan metode *Hydrochloric Acid Leaching*. Metode *Sulfuric Acid leaching* merupakan metode pemisahan selektif dalam proses ekstraksi logam dari mineral alam dengan  $H_2SO_4$  sebagai reaktan dalam proses pelarutannya. Sedangkan metode *Hydrochloric Acid Leaching* merupakan metode pemisahan selektif dalam proses ekstraksi logam dari mineral alam dengan menggunakan HCl sebagai reaktan dalam proses pelarutannya. Untuk metode *Sulfuric Acid leaching* memiliki beberapa keunggulan dan kekurangan. Keuntungan dari metode *Sulfuric Acid leaching* antara lain bahan reaktan yang digunakan ( $H_2SO_4$ ) mudah didapat, relatif murah, tidak terlalu rumit, dan jika dibandingkan dengan menggunakan pelarut HCl,  $HNO_3$ , dan *Air Regia* (Purwanto, 2002).

Mohammadreza, dkk. (2014) telah melakukan penelitian tentang ekstraksi nikel dari laterit dengan proses *agitation leaching* pada tekanan atmosfer. Dalam penelitian tersebut 83% nikel dapat diekstraksi setelah proses *leaching* menggunakan asam sulfat selama 4 jam, dengan temperatur  $95^\circ C$ , konsentrasi asam 5 M, dan kecepatan pengadukan 1000 rpm.

Tabel 1 merupakan hasil analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) nikel laterit yang berasal dari PT. Integra Mining, Sulawesi Tenggara.

**Tabel 1.** Hasil analisis XRF nikel laterit PT. Integra Mining, Sulawesi Tenggara

<b>Komponen</b>	<b>Persentase awal (%)</b>
LE	79,2882
Fe	10,998
Si	3,88
K	2,079
Al	0,701
Ni	<b>0,488</b>
Ca	0,65
Cl	1,253
Cr	0,284
MnO	0,216
Co	0,046
S	0,046
Sb	0,02
Cd	0,013
Sn	0,014
Ti	0,022
Zn	0,0076

Oleh karena berdasarkan data, kegunaan dan manfaat yang telah dipaparkan akan dilakukan penelitian terbaru untuk memproduksi nikel dan kobalt dari laterit dengan kemurnian tinggi menggunakan teknik *leaching* dan sistem ekstraksi.

Penelitian ini akan dioptimasi menggunakan metode Taguchi, dengan metode Taguchi akan diperoleh nilai optimasi dan akan mengurangi jumlah eksperimen. Penelitian ini dipelajari pengaruh parameter waktu *leaching*, konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, volume Cyanex 272 terhadap persentase kenaikan Co. Tiap-tiap parameter memiliki 3 level sehingga dengan metode Taguchi hanya membutuhkan 9 percobaan. Jika tidak menggunakan metode Taguchi akan membutuhkan 27 percobaan.

## B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi pelarut  $H_2SO_4$  terhadap proses pelarutan bijih laterit?
2. Berapa konsentrasi  $H_2SO_4$  yang optimum dalam proses pelarutan bijih laterit?
3. Bagaimana pengaruh waktu *leaching* terhadap proses pelarutan bijih laterit?
4. Berapa lama waktu *leaching* yang optimum dalam proses pelarutan bijih laterit?
5. Bagaimana pengaruh jumlah volume Cyanex 272 terhadap proses pelarutan bijih laterit?
6. Berapa jumlah volume Cyanex 272 yang optimum dalam proses ekstraksi bijih laterit dalam larutan  $H_2SO_4$ ?

## C. Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan laterit dari Sulawesi Tenggara.
2. Parameter-parameter yang akan diteliti pengaruhnya terhadap pelarutan laterit adalah konsentrasi  $H_2SO_4$ , lama proses *leaching*, dan volume Cyanex 272.
3. Percobaan *leaching* menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai zat pelarutnya.
4. Percobaan ekstraksi menggunakan Cyanex 272 sebagai pelarutnya.
5. Variasi konsentrasi  $H_2SO_4$  yang digunakan adalah 4 M, 5 M, dan 6 M.
6. Variasi waktu *leaching* yang digunakan adalah 4, 8, dan 12 jam.
7. Variasi volume Cyanex 272 yang digunakan adalah 10, 15 dan 20% v/v.



8. Proses *leaching* dan ekstraksi dilakukan pada temperatur ruang dan tekanan atmosfer.
9. Desain eksperimen percobaan ini akan disusun menggunakan Taguchi.
10. Untuk mengetahui kadar nikel dan kobalt yang mampu dipisahkan dari bijih laterit dalam proses *leaching* dan ekstraksi dilakukan analisis AAS (Spektrofotometri Serapan Atom).

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan kondisi optimum proses *leaching* dan ekstraksi nikel menggunakan Cyanex 272 dari laterit.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi pelarut  $H_2SO_4$  terhadap proses pelarutan bijih laterit.
3. Mengetahui lama waktu *leaching* yang optimum dalam proses pelarutan bijih laterit.
4. Mengetahui volume Cyanex 272 yang optimum dalam proses ekstraksi bijih laterit dalam larutan  $H_2SO_4$ .

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Pengembangan dan optimalisasi proses produksi nikel dengan kemurnian tinggi dengan teknik ekstraksi sehingga dapat mengolah laterit/ bijih nikel lokal

2. Penggunaan bahan kimia dalam proses ekstraksi dapat digunakan kembali sehingga lebih ramah lingkungan dan hemat energi.
3. Pemanfaatan sumber daya mineral dalam negeri yang sangat melimpah khususnya bijih nikel/ laterit.
4. Pengurangan nilai impor nikel sebagai bahan baku kimia atau industri.
5. Peningkatan mutu produk nikel yang dihasilkan sehingga sesuai dengan *grade* analitik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mineral Laterit

Nikel banyak ditemukan dalam bentuk mineral Laterit. Laterit terbagi atas tiga jenis yaitu endapan silikat Ni, Mg-Ni silikat pada mineral *Garnierite*; endapan silikat Ni pada mineral *Nontronite*; dan endapan oxide pada mineral *Goethite*. Untuk mineral Laterit di Indonesia terbesar kedua setelah negara New Caledonia yaitu sebesar 50% (Brand, 1998). *Goethite* ( $\text{FeOOH}$ ) berstruktur Kristal ortorombik dan bersifat antiferromagnetik (Marcos, 2006).

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik. Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Pelapukan pada peridotit menyebabkan unsur-unsur dengan mobilitas rendah sampai immobile seperti Ni, Fe dan Co mengalami pengayaan secara residual dan sekunder (Burger, 1996).

Laterit terutama terdapat di wilayah beriklim tropis dan subtropis yang memiliki suhu tinggi dan curah hujan yang cukup. Akibatnya laterit banyak ditemukan di Brasil, Filipina, India, Afrika Selatan, Amerika Serikat dan Indonesia (daerah Sulawesi Tenggara) serta beberapa wilayah lain yang memiliki iklim tropis dan subtropis. Mineral yang dimaksud kebanyakan berada dalam kerak bumi yang

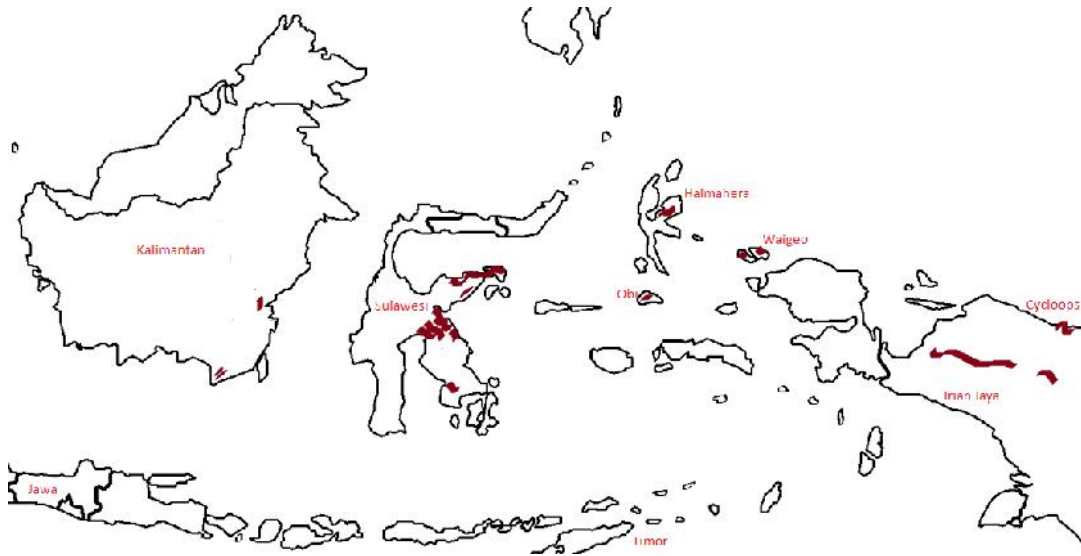
keras dan memiliki ketebalan mulai 6 meter hingga 20 meter dari permukaan tanah. Laterit jenis tersebut memungkinkan untuk digunakan sebagai sumber besi dan nikel. Dengan komposisi nikel sebesar 25% dan kandungan besi dibawah 10%.

### **B. Logam Nikel (Ni)**

Bijih nikel diperoleh dari endapan nikel laterit yang terbentuk akibat pelapukan batuan ultramafik yang mengandung nikel 0,2-0,4% (Golightly, 1979). Jenis-jenis batuan tersebut antara lain olivine, piroksin dan amphibole (Rajesh, 2004). Nikel laterit umumnya ditemukan pada daerah tropis, dikarenakan iklim yang mendukung terjadinya pelapukan, selain topografi drainase, tenaga tektonik, batuan induk, dan struktur geologi (Elias, 2001).

Bijih nikel dapat diperoleh melalui pembentukan di alam berdasar kondisi geologis negara bersangkutan, yakni bijih nikel jenis sulfida dan bijih nikel jenis oksida. Bijih nikel jenis sulfida banyak terdapat di negara-negara sub tropis seperti Kanada, Rusia, Eropa Utara, dan Australia. Sedangkan bijih jenis oksida terdapat di negara tropis seperti Indonesia, Filipina, Papua Nugini, Brazil, Afrika Barat, Meksiko dan negara-negara Amerika Tengah (Alcock, 1998).

Penyebaran bijih nikel di dunia juga terdapat di daerah-daerah di Indonesia seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi keterdapatan nikel laterit di Indonesia. sumber:  
<http://www.gambarcantik.com/2015/05/gambar-peta-indonesia.html>

Gambar 1 menunjukkan lokasi keterdapatan nikel laterit di Indonesia yang ditandai dengan warna coklat. Indonesia merupakan negara yang memiliki cadangan bijih nikel oksida yang tinggi, sekitar 12-15 % cadangan nikel oksida dunia. Cadangan oksida tersebut banyak terdapat di Indonesia bagian timur seperti pulau Sulawesi, Maluku dan kepulauan sekitar daerah kepala burung Papua Barat.

Berdasarkan proses pembentukannya endapan nikel laterit terbagi menjadi beberapa zona dengan ketebalan dan kadar yang bervariasi. Daerah yang mempunyai intensitas pengkebaran yang intensif kemungkinan akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekerannya kurang begitu intensif. Perbedaan intensitas inilah yang menyebabkan ketidakteraturan dari distribusi pengayaan unsur-unsur pada profil laterit, karena pembentukan endapan laterit sangat tergantung pada faktor-faktor batuan dasar (*source rock*),

laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, reagen-reagen kimia dan vegetasi, dan waktu (Syafrizal, dkk., 2011).

Geologi Regional dari Sulawesi terletak pada pertemuan tiga lempeng besar yaitu Eurasia, Pasifik, dan IndoAustralia serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina) yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan, batuan bancuh, ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tubrukan, serta proses tektonik lainnya (Leeuwen, dkk., 1994).

Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, salah satunya wilayah Sulawesi Tenggara merupakan daerah dengan sumberdaya bijih nikel yang cukup besar. Hal ini 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 (Syafrizal, dkk., 2011).

Pemisahan nikel dari campuran multikomponen material (Cu, Co, Pb, V, Fe) bisa dilakukan dengan baik dengan menggunakan Cyanex 272 (*cis(2,4,4-trimethylpentyl) phosphinic acid*) (Nikam, dkk., 2012).

### **C. Kobalt**

Kobalt adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Co dan nomor atom 27. Kobalt merupakan unsur transisi yang terletak pada golongan 9 pada periode keempat. Kobalt merupakan logam metalik yang berwarna sedikit

berkilauan dan keabu-abuan. Unsur kobalt di alam selalu didapatkan bergabung dengan nikel dan biasanya juga dengan arsenik. Mineral kobalt terpenting antara lain Smaltite ( $\text{CoAs}_2$ ) dan Cobaltite ( $\text{CoAsS}$ ). Sumber utama kobalt disebut “Speisses” yang merupakan sisa dalam peleburan bijih arsen dari Ni, Cu, dan Pb

Di alam kobalt terdapat dalam lapisan kerak bumi yaitu sekitar 0,004% (Heslop, 1961) dari berat kerak bumi atau sekitar 30 ppm (Lee, 1991) dari kerak bumi. Terdapat banyak bijih logam yang mengandung kobalt (mineral kobalt) yang dikomersilkan yaitu Cobaltit ( $\text{CoAsS}$ ), Smaltite ( $\text{CoAs}_2$ ), Linnaeite ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ ), dan Skutterudite ( $\text{CoNiAs}_3$ ) yang mengandung unsur-unsur  $\text{As}_4$ -plannar.

Persenyawaan kobalt yang ada di alam selalu ditemukan dengan bijih logam nikel, terkadang juga bersamaan dengan bijih tembaga serta bijih timbal.

#### **a. Sifat-sifat Unsur Kobalt**

##### 1. Sifat Fisika

- a. Logam berwarna abu-abu.
- b. Sedikit magnetis.
- c. Melebur pada suhu  $1490^\circ\text{C}$  dan mendidih pada suhu  $3520^\circ\text{C}$ .
- d. Memiliki 7 tingkat oksidasi yaitu -1, 0, +1, +2, +3, +4 dan +5.

##### 2. Sifat Kimia

- a. Mudah larut dalam asam-asam mineral encer.
- b. Kurang reaktif.
- c. Dapat membentuk senyawa kompleks.
- d. Senyawanya umumnya berwarna.
- e. Dalam larutan air, terdapat sebagai ion  $\text{Co}^{2+}$  yang berwarna merah.

- f. Senyawa-senyawa Co(II) yang tak terhidrat atau tak terdisosiasi berwarna biru.
- g. Ion  $\text{Co}^{3+}$  tidak stabil, tetapi kompleks-kompleksnya stabil baik dalam bentuk larutan maupun padatan.
- h. Kompleks-kompleks Co(II) dapat dioksidasi menjadi kompleks-kompleks Co(III).
- i. Bereaksi dengan hidrogen sulfida membentuk endapan hitam.
- j. Tahan korosi.

#### **b. Kegunaan Kobalt dan senyawanya**

Adapun manfaat-manfaat dari logam kobalt adalah sebagai berikut:

1. Dapat dicampur dengan besi, nikel dan batang-batang rel lain untuk membuat Alnico, suatu campuran logam memiliki kekuatan magnetis yang banyak digunakan mesin jet dan turbin gas mesin/motor.
2. Digunakan sebagai bahan baja tahan-karat dan baja magnet.
3. Digunakan di dalam campuran logam untuk turbin gas generator dan turbin pancaran.
4. Kobalt-60, merupakan artifikal isotop, dimana sebagai suatu sumber sinarpending, dan secara ekstensif digunakan sebagai suatu pengusut serta *agen radiotherapeutic*. Sumber  $^{60}\text{Co}$  yang ringkas dan mudah.
5. Digunakan sebagai campuran pigmen cat.
6. Alloy stellite mengandung kobalt, khrom, dan wolfram, yang bermanfaat untuk peralatan berat, peralatan yang digunakan pada suhu tinggi, maupun peralatan yang digunakan dengan kecepatan tinggi.



7. Logam kobalt digunakan dalam elektroplating karena sifat penampakannya, kekerasannya, dan sifat tahan oksidasinya.
8. Garam kobalt telah digunakan selama berabad-abad untuk menghasilkan warna biru brilian yang permanen pada porselen, kaca, pot, keramik dan lapis email gigi. Garam kobalt adalah komponen utama dalam membuat biru Sevre dan biru Thenard. Larutan kobalt klorida digunakan sebagai pelembut warna tinta. Kobalt digunakan secara hati-hati dalam bentuk klorida, sulfat, asetat, nitrat karena telah ditemukan efektif dalam memperbaiki penyakit kekurangan mineral tertentu pada binatang.
9. Tanah yang layak mengandung hanya 0,13–0,30 ppm kobalt untuk makanan binatang.

#### **D. Teknologi Pengolahan Bijih Nikel**

Secara umum teknologi pengolahan bijih nikel untuk menjadi bahan olahan nikel dapat dibagi menjadi dua macam yang terdiri dari Pirometalurgi dan Hidrometalurgi, yang dijelaskan sebagai berikut:

##### **1. Pirometalurgi**

Proses pengolahan bijih nikel dengan menggunakan teknologi pengolahan pirometalurgi yaitu proses ekstraksi bijih nikel dengan menggunakan suhu tinggi. Biasanya teknologi ini digunakan untuk kriteria bijih dengan kadar nikel yang tinggi (kadar Ni > 1,5 %). Hasil akhir pengolahan dengan menggunakan teknologi ini berupa ferronikel dan atau granular nikel matte.

Secara konvensional, proses pirometalurgi berlangsung dengan cara mengeringkan bijih, kemudian dikalsinasi dalam *rotary kiln* dengan keberadaan karbon dan dilelehkan di tungku pemanas. Proses pirometalurgi merupakan proses yang mengonsumsi energi yang tinggi dikarenakan kebutuhan energi untuk mengeringkan bijih nikel dan energi untuk melelehkan padatan hingga 1600°C. Biasanya menggunakan bahan bakar fosil dan listrik, kelemahan proses ini juga tidak bisa mengambil kobalt murni. Pada umumnya, proses ini menjadi tidak ekonomis karena harga bijih yang mahal.

## 2. Hidrometalurgi

Proses pengolahan nikel secara hidrometalurgi memiliki kelebihan dalam hal selektivitasnya untuk memisahkan nikel dan kobalt dari besi, mangan, magnesium dan silika. Terdapat beberapa proses pengolahan nikel laterit jalur hidrometalurgi, diantaranya adalah: *leaching* pada temperatur atmosfer dan *leaching* pada tekanan tinggi (Solihin 2011, Prasetyo 2008).

Ekstraksi padat cair atau *leaching* adalah proses pengambilan komponen terlarut dalam suatu padatan dengan menggunakan pelarut. Interaksi diantara komponen terlarut dari padatan ini sangat berpengaruh pada proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi ini, komponen terlarut yang terperangkap di dalam padatan, bergerak melalui pori-pori padatan. Zat terlarut berdifusi keluar permukaan partikel padatan dan bergerak ke lapisan film sekitar padatan, selanjutnya ke larutan (Treyball, 1980).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *leaching* adalah: jumlah konstituen (*solute*) dan distribusinya dalam padatan, sifat padatan, dan ukuran partikel.

Mekanisme proses *leaching* dimulai dari perpindahan solven dari larutan ke permukaan solid (adsorpsi), diikuti dengan difusi solven ke dalam solid dan pelarutan solut oleh solven, kemudian difusi ikatan solut-solven ke permukaan solid, dan desorpsi campuran solut-solven dari permukaan solid kedalam badan pelarut (Treyball, 1980).

Pada umumnya perpindahan solven ke permukaan terjadi sangat cepat yang berlangsung pada saat terjadi kontak antara solid dan solven, sehingga kecepatan difusi campuran solut-solven ke permukaan solid merupakan tahapan yang mengontrol keseluruhan proses *leaching*. Kecepatan difusi ini tergantung pada beberapa faktor yaitu: temperatur, luas permukaan partikel, pelarut, perbandingan solut dan solven, kecepatan dan lama pengadukan (Treyball, 1980).

### **3. Metode Ekstraksi**

Metode ekstraksi didasarkan pada perbedaan koefisien distribusi zat terlarut dalam 2 larutan yang berbeda fasa dan tidak saling bercampur. Ekstraksi dilakukan dengan pertimbangan beberapa faktor yaitu:

- a) Kemudahan dan kecepatan proses.
- b) Kemurnian produk yang tinggi.
- c) Rendah polusi.
- d) Kebutuhan *me-recovery* logam dari larutannya.
- e) Efektivitas dan selektivitas yang tinggi (Mirwan,dkk., 2010).

Satu hal kunci yang sangat menentukan pertimbangan desain proses ekstraksi adalah pemilihan solven yang akan digunakan. Hal-hal yang perlu diperhatikan di antaranya:

- a. Reprorsivitas: kemampuan untuk melakukan kontak antara pelarut dengan suatu zat terlarut.
- b. Selektivitas: kemampuan suatu pelarut untuk melarutkan salah satu komponen zat terlarut. Membandingkan rasio kesetimbangan solut tiap fasa.
- c. Koefisien distribusi: nilai ratio  $y/x$  dalam kesetimbangan yang menunjukkan kemampuan zat terlarut terdistribusi dalam pelarut.
- d. Ketidaklarutan (*insolubility*): pelarut tidak boleh larut dalam cairan karier.
- e. *Recoverability*: kemampuan pelarut untuk dapat dimurnikan (*recover*). Pertimbangkan hambatan (misal: azeotrop).
- f. Kerapatan: menunjukkan konsentrasi zat terlarut dalam solven. Penurunan kerapatan zat C kelarutannya semakin banyak dalam pelarut.
- g. Tegangan permukaan: menunjukkan dua jenis cairan untuk bercampur.
- h. Reaktivitas kimia: adanya kemampuan untuk bereaksi secara kimiawi antara cairan sehingga dapat diketahui apakah dua larutan dapat dicampurkan tanpa bereaksi.
- i. Viskositas, tekanan uap dan titik beku nilai rendah memudahkan penyimpanan (Mirwan, dkk., 2010).

## **E. Jenis Pelarut dalam Proses Ekstraksi Bijih Laterit**

### **a. Asam Sulfat**

Asam sulfat mempunyai rumus kimia  $H_2SO_4$ , merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan.

Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan, termasuk dalam kebanyakan reaksi kimia. Kegunaan utama termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan penghilangan minyak.

Reaksi hidrasi (pelarutan dalam air) dari asam sulfat adalah reaksi eksoterm yang kuat. Jika air ditambah kepada asam sulfat pekat, terjadi pendidihan. Senantiasa tambah asam kepada air dan bukan sebaliknya. Sebagian dari masalah ini disebabkan perbedaan isi padu kedua cairan. Air kurang padu dibanding asam sulfat dan cenderung untuk terapung di atas asam.

Seperti diketahui bahwa kerja senyawa asam sebagai pelarut sangat baik, antara lain karena kemampuan reduksi ion hidrogen oleh logam lebih aktif daripada hidrogen, bereaksinya ion hidrogen dengan anion asam lemah, sifat oksidasi dari asam serta kecenderungan anion asam untuk membentuk kompleks dengan logam yang larut. Jenis pelarut dan konsentrasi pelarut merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil ekstraksi (Underwood 1999).

#### **b. Pelarut Cyanex 272**

Komponen aktif Cyanex 272 ekstraktan adalah (bis (2,4,4-trimethylpentyl ( $C_{16}H_{35}O_2$ )) asam phosphinic). Cyanex 272 memiliki sifat fisik sebagai berikut:

- a) Berat molekul : 290 g/mol
- b) *Specific Gravity* pada 24°C : 0,92
- c) Viskositas,
  - Saat 25°C : 142 cp
  - Saat 50°C : 37 cp

d) Solutabilitas dalam H<sub>2</sub>O

Saat pH 2,6 : 16 μg/m

Saat pH 3,7 : 38 μg/m

e) Titik didih : >300°C

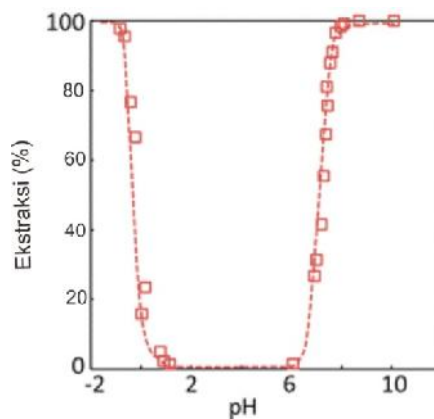
f) *Pour Point* : 32°C

g) *Flash Point* : >108°C

h) Panas Spesifik pada 52°C : 0,48 cal/gm/°C

i) Konduktivitas termal :  $2,7 \times 10^{-4}$  cal/cm/sec/°C

Proses ekstraksi yang menggunakan larutan ionik tergantung pada pH larutan seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik hubungan pH larutan ionik terhadap persentase kenaikan ekstraksi (Parmentier dkk., 2015).

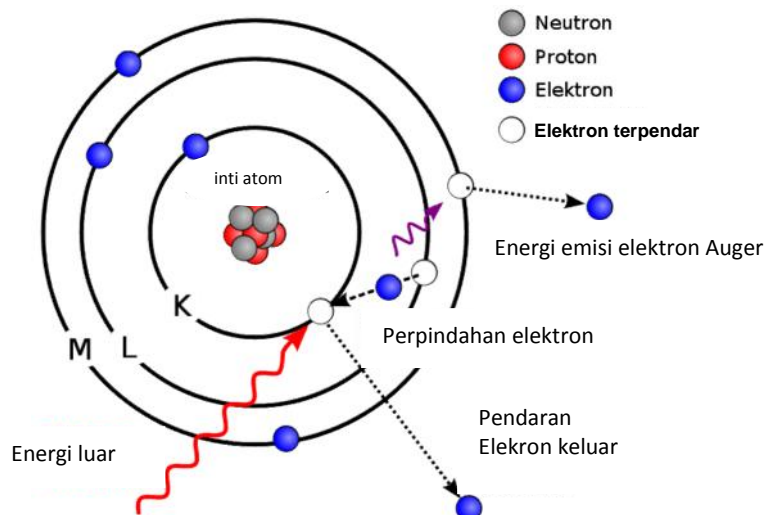
Gambar 2 menunjukkan bahwa untuk ion-ion logam seperti ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{In}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ) dalam larutan ionik akan dapat terekstraksi masuk ke dalam larutan ionik organik pada kondisi pH tertentu. Sebagian ion logam seperti nikel akan terekstraksi (masuk ke dalam larutan ionik organik) pada pH rendah ( $\text{pH} < 2$ ), sedangkan sebagian ion logam lainnya seperti Co justru tidak terekstraksi ke dalam larutan

organik (tetap pada larutan *aqueous*) pada kondisi pH rendah ( $\text{pH} < 2$ ), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (Parmentier dkk., 2015).

#### **F. X-Ray Fluorescence (XRF)**

Penggunaan XRF adalah pemaparan langsung bubuk padatan dengan sinar-X fluoresensi. Spektrum-spektrum yang terukur merupakan spektrum yang khas terhadap unsur tertentu dan semua unsur-unsur yang menyusun mineral-mineral yang terdapat pada bubuk sampel yang memiliki sifat aktif terhadap XRF akan menghasilkan puncak-puncak pada pola spektranya. Dengan mengukur luas puncak tertentu untuk unsur tertentu dan membandingkannya dengan luas seluruh puncak yang muncul maka dapat ditentukan komposisi dari unsur-unsur yang menyusun mineral-mineral yang ada. Namun, beberapa unsur yang tidak reaktif tidak dapat diukur dan tidak dilibatkan dalam perhitungan. Dengan demikian, perhitungan kuantitatif kandungan (%) unsur-unsur relatif hanya terhadap unsur-unsur yang teramati spektrumnya (Karyasa, 2013).

Ketika eksitasi utama sinar-X yang dipancarkan dari tabung sinar-X bertabrakan dengan sampel, itu akan tersebar dengan baik oleh penyerapan sinar-X ke atom atau menembus melalui substansi. Efek fotolistrik mengacu pada proses ketika sinar-X transfer semua energi ke bagian terdalam dan diserap oleh atom yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Orbital elektron.

Sumber: [https://de.wikipedia.org/wiki/Auger-Effekt#/media/File:Atom\\_model\\_for\\_Auger\\_process\\_DE.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Auger-Effekt#/media/File:Atom_model_for_Auger_process_DE.svg)

Di dalam atom terdapat inti atom yang bermuatan positif dan elektron-elektron bermuatan negatif yang bergerak pada orbitnya masing-masing mengelilingi inti atom.

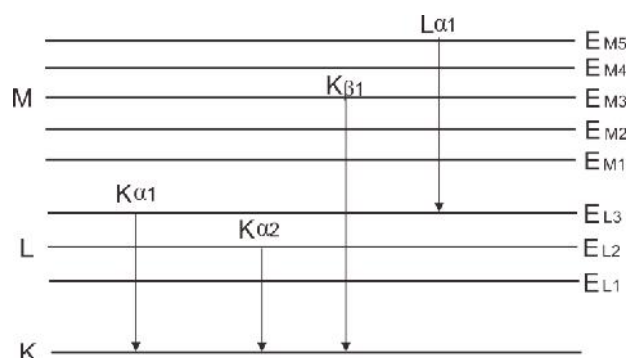
Menurut Bohr, spektrum garis menunjukkan bahwa elektron dalam atom hanya dapat beredar pada lintasan-lintasan dengan tingkat energi tertentu. Lintasan elektron tersebut berupa lingkaran dengan jari-jari tertentu yang disebut sebagai kulit atom. Setiap kulit ditandai dengan suatu bilangan yang disebut bilangan kuantum.

Ketika ada energi yang menghantam atom dari luar, maka elektron kulit orbit pertama inti atom akan terpendar keluar, menyebabkan elektron pada orbit berikutnya akan mengisi kekosongan orbit yang kosong tersebut untuk mencapai kestabilan. Peristiwa tersebut akan menyebabkan foton akan terpancar.



Dalam mekanika kuantum, terdapat empat bilangan kuantum tingkat energi.

Spektrum tingkat energi alat analisis XRF dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Tingkat energi spektrum alat analisis XRF.

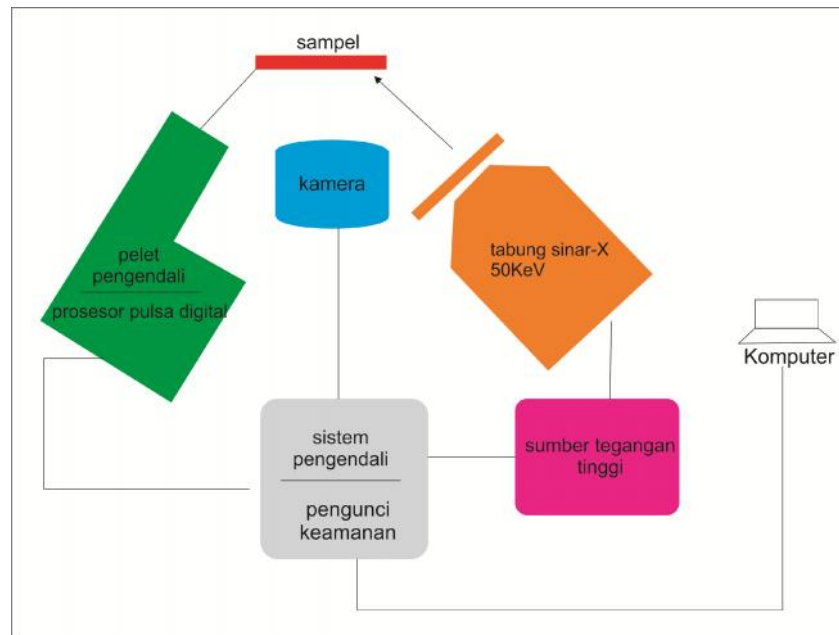
Sumber: <http://ispixrf.com/eng/technical/sub0301.html>.

Umumnya spektrum sinar-X sampel diperiksa dalam radiasi yang menunjukkan puncak yang memiliki beberapa intensitas yang berbeda yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Sifat-sifat sinar-X yang bervariasi dengan nama yang menunjukkan sudut asli, K, L, M, dan N. Juga nama-nama lainnya, alpha (  $\alpha$  ), beta (  $\beta$  ), gamma (  $\gamma$  ) yang digunakan untuk menunjukkan sinar-X pada elektron ditransfer dari sisi luar.

Dalam setiap lingkup, pada sudut, ada beberapa lapisan sub kulit dengan elektron yang memiliki energi yang lebih tinggi atau lebih rendah; Oleh karena itu, nama yang menunjukkan transfer elektron dari satu kulit ke sudut bagian dalam diklasifikasikan menjadi  $1, 2, 1, 2$  dan lain-lain

Skema kerja alat analisis XRF dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Skema alat analisis XRF.

Sumber: <http://ispxrf.com/eng/technical/sub0301.html>

Alat analisis XRF memperoleh spektrum energi dengan mengizinkan tegangan dan arus dari HVPS ke tabung sinar-X untuk memeriksa sinar-X dalam sampel dan menghitung energi fluoresensi bereaksi dalam sampel oleh masing-masing pita energi. Intensitas garis unsur dalam spektrum yang diperoleh adalah terkait dengan konsentrasi elemen dan ketebalan sampel.

Meningkatnya konsentrasi elemen menyebabkan peningkatan proporsional radiasi fluoresensi unsur itu; sedangkan, semakin tebal suatu sampel mengurangi intensitas yang proporsional. Setiap elemen memiliki karakteristik individu dari garis pancaran; Oleh karena itu, reaksi unsur dapat diidentifikasi dengan garis spektrum yang diperoleh. Ketebalan juga dapat dianalisis dengan kuantitatif, kualitatif dan pelapisan dengan menggunakan model eksperimental atau teoritis dan fisik (Anonim, 2017).

### **G. Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)**

Spektrometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et al., 2000). Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Sebenarnya selain dengan metode serapan atom, unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri nyala, akan tetapi fotometri nyala tidak cocok untuk unsur-unsur dengan energi eksitasi tinggi. Fotometri nyala memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 400-800 nm, sedangkan AAS memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm (Skoog et al., 2000). Untuk analisis kualitatif, metode fotometri nyala lebih disukai dari AAS, karena AAS memerlukan lampu katoda spesifik (hallow cathode). Kemonokromatisasi dalam AAS merupakan syarat utama.

AAS adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi.

Dalam AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan

emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

Untuk mengetahui alat karakterisasi AAS dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** AAS

Gambar 6 merupakan alat AAS. AAS merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisis relatif murah, sensitif tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis AAS pada umumnya digunakan untuk analisis unsur, teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61

logam. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah terakomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. *Chopper* digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Basset, 1994).

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada pada sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari: *Hukum Lambert*: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. *Hukum Beer*: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_o}{I_t} = \epsilon bc \quad (1)$$

Keterangan:

$I_0$  = intensitas sumber sinar

$I_t$  = intensitas sinar yang diteruskan

= absorptivitas molar

$b$  = panjang medium

$c$  = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

$A$  = absorbansi

dengan:

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = -\log T \quad (2)$$

keterangan:

$T$  = transmittan

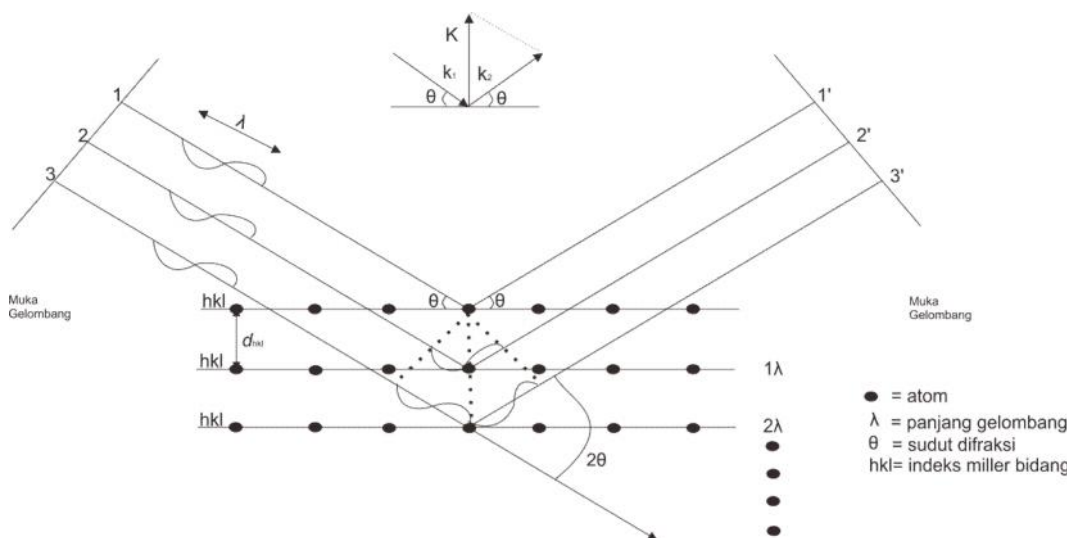
Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Underwood, et.al., 1989).

## **H. X-Ray Diffraction (XRD)**

XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang menggunakan sinar-X sebagai sinar yang mengenai sampel yang akan diteliti. Sinar-X termasuk ke dalam radiasi elektromagnetik yang sama seperti cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Satuan panjang gelombang sinar-X adalah Å, sama dengan  $10^{-8}$  cm. Sinar-X yang digunakan dalam difraksi memiliki panjang gelombang berkisar antara 0,5 sampai dengan 2,5 Å. Sementara itu, panjang gelombang cahaya tampak diketahui berada dalam orde 6000 Å. Sinar-X

membawa energi dengan kecepatan tertentu melalui satu satuan luas yang tegak lurus terhadap arah gerak gelombang atau disebut sebagai intensitas. Sinar-X dihasilkan ketika elektron berkecepatan tinggi menabrak sebuah logam target (Cullity, 1956).

Jika seberkas sinar-X dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut  $\theta$ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang kristal. Sinar yang sefase akan saling menguatkan dan yang tidak sefase akan saling meniadakan atau melemahkan. Berkas sinar sefase tersebut yang menghasilkan puncak difraksi. Besar sudut difraksi tergantung pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) berkas sinar-X dan jarak antar bidang penghamburan ( $d$ ). skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Skema difraksi sinar-X (Cullity, 1956).

Pada prinsipnya, XRD menggunakan sinar-X sebagai penghantar untuk menganalisis sampel. Analisis XRD terhadap sampel termasuk ke dalam analisis non-destruktif karena sinar-X tidak merusak bahan yang diteliti. Intensitas sinar-X

yang terdifraksi dan mengenai permukaan sampel akan membentuk pola interferensi sebagai fungsi sudut difraksi yang memenuhi hukum Bragg. Pola interferensi ini yang dianalisis untuk mengetahui struktur kristal, komposisi kimia maupun sifat-sifat bahan (Glatzel, 2013) melalui metode pencocokan data.

Adapun hukum Bragg ditunjukkan pada persamaan 3 (Cullity, 1956).

$$= 2 d \sin \theta \quad (3)$$

dengan  $d$  merupakan jarak antara bidang ekuivalen atom,  $\theta$  sebagai sudut difraksi dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Sinar-X yang terdifraksi akan saling berkelompok membentuk puncak-puncak dengan intensitas dan pada sudut tertentu.

Karakteristik XRD merupakan teknik yang baik karena mampu melakukan analisis kimia berdasarkan pada kuantitas intensitas yang dibentuk oleh suatu material. Metode ini sangat penting dalam analisis padatan kristal. Hal tersebut dikarenakan metode ini tidak hanya dapat menganalisis komponen struktur kristal yaitu parameter kisi dan jenis struktur saja, tetapi juga susunan berbagai jenis atom dalam kristal, ketidaksempurnaan atau cacat kristal, ukuran butir maupun kepadatan endapan (Smallman, dkk. 1999).

## I. Metode Taguchi

Metode Taguchi dicetuskan oleh Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode Taguchi merupakan metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk



memperbaiki kualitas produk dan proses, serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*.

Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line quality control* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (*to get right first time*). Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah:

1. **Loss Function.** *Loss Function* merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas, sedangkan bagi konsumen adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.
2. **Orthogonal Array.** *Orthogonal array* digunakan untuk mendesain penelitian yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data penelitian. *Orthogonal*

*array* digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin dari semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

3. **Robustness.** *Robustness* meminimasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi (Sidi,dkk., 2013).

Untuk menentukan nilai optimal dari suatu percobaan metode Taguchi digunakan nilai SN-ratio. SN-ratio *larger the better* metode Taguchi dapat dirumuskan pada persamaan 2.

$$= -10 \log_{10} (1/n \sum 1/Y_i^2) \quad (2)$$

#### **J. Penelitian Sebelumnya**

Nikam G.H. dan Mohite B.S. (2012) melakukan ekstraksi dan pemisahan kobalt(II) dari Sodium Asetat menggunakan media Cyanex 272. Dalam penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa pemisahan kobalt dari campuran multikomponen material (Cu, Co, Pb, V, Fe) bisa dilakukan dengan baik dengan menggunakan Cyanex 272 (*bis(2,4,4-trimethylpentyl) phosphinic acid*). Penelitian ini melaporkan hasil dari studi tentang ekstraksi kobalt dari media natrium asetat menggunakan Cyanex 272 diencerkan dalam toluena. Keuntungan metode ini, bahwa natrium asetat tidak berbahaya. Bahan mineral yang mengandung kobalt di-*leaching* terlebih dahulu dengan sodium asetat kemudian diekstraksi dengan Cyanex 272. Parameter yang diteliti adalah konsentrasi sodium asetat, konsentrasi

Cyanex 272, waktu kesetimbangan, efek dari berbagai diluent dan mempelajari berbagai *agent stripping*.

Guimaraes, dkk.(2014) telah mempelajari pengaruh larutan ekstraksi untuk pemurnian nikel sulfat. Nikel sulfat yang mengandung pengotor seperti kalsium, zinc, kobalt, copper, and mangan dapat dimurnikan dengan campuran larutan Cyanex 272 (20%v/v) dan Versatic 10 (10%v/v). Campuran dua larutan organik ini bisa memisahkan nikel dari pengotornya termasuk kalsium yang tidak bisa dipisahkan hanya dengan Cyanex 272.

Astuti, dkk.(2015) telah membandingkan efektifitas penggunaan asam nitrat dan asam lainnya dalam proses *leaching* bijih saprolit dari Indonesia. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengamatan waktu *leaching* terhadap efisiensi ekstraksi nikel pada 0, 5, 10 dan 15 hari menggunakan asam sulfat, asam sitrat, asam nitrat dan asam hidroklorida. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa waktu optimum untuk proses *leaching* bijih saprolit menggunakan asam sulfat, asam sitrat, asam nitrat dan asam hidroklorida adalah 15 hari.

Hadi Purwanto (2002), mengemukakan hasil penelitiannya bahwa untuk pelarutan logam nikel dalam mineral laterit dilakukan dengan beberapa variasi diantaranya variasi konsentrasi larutan, waktu pelarutan, dan suhu pelarutan. Salah satunya adalah variasi konsentrasi larutan 0,1M; 0,2M; 0,3M; 0,4M; dan 0,5M optimal pada 0,5M dengan nikel dapat diekstrak 80% dari kadar awal. Berdasarkan penelitian tersebut jika semakin tinggi konsentrasi larutan  $H_2SO_4$  semakin tinggi kadar logam nikel yang didapatkan. Umumnya industri pertambangan Indonesia menggunakan cara *Hydrochloric Acid leaching*. HCl banyak digunakan sebagai

reaktan *leaching* karena dianggap lebih optimal dalam mengekstraksi logam nikel dari suatu mineral dibandingkan dengan metode lain.

Pada penelitian sebelumnya oleh Ahmet Goveli pada tahun 2006, untuk melarutkan logam nikel dalam mineral laterit dilakukan dengan beberapa variasi diantaranya variasi konsentrasi larutan, waktu pelarutan, dan suhu pelarutan. Pada variasi konsentrasi larutan diperoleh logam nikel optimal pada konsentrasi larutan HCl 4M dengan nikel dapat diekstrak 97,96% dari kadar awal. Untuk variasi waktu pelarutan paling optimal yaitu pelarutan selama 4 jam, dengan nikel yang dapat diekstrak 24,60% dari kadar awal. Dan untuk variasi suhu pelarutan optimal pada suhu 100°C dengan nikel dapat diekstrak 54,82% dari kadar awal.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada Agustus - Desember 2016 bertempat di laboratorium BPTM – Lampung.

#### B. Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- |   |   |
|---|---|
| a. Neraca analitis digital<br>(Geo Series-Ohaus)              | h. Pipet tetes                          |
| b. Ayakan<br>(80, 100, 150, 200 mesh)                         | i. Filler (karet penghisap)             |
| c. Plastik sampel   | j. <i>Hot plate</i><br>(IKA C-MAG H5 7) |
| d. Spatula  | k. <i>Magnetic stirrer</i>              |
| e. Cawan petri, untuk menimbang<br>bahan baku (bijih laterit) | l. Corong pemisah                       |
| f. Gelas beker  | m. Kertas saring<br>(Whatman)           |
| g. Gelas ukur   | n. Pengaduk                             |
|   | o. Oven                                 |

- p. Labu ekstraksi
- q. Statif
- r. Botol kaca
- s. Piring keramik

## 2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### a. Bijih Laterit

Bijih laterit yang digunakan berasal dari daerah Sulawesi Tenggara.

### b. Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) (Emsure)

Asam Sulfat digunakan sebagai pelarut dalam proses *leaching* bijih laterit.

### c. Cyanex 272 (bis (2,4,4-trimethylpentyl phosphinic acid) ( $C_{16}H_{35}O_2P$ ))

### d. Toluene

Toluene digunakan sebagai pelarut organik dalam proses ekstraksi nikel laterit dalam larutan asam sulfat.

## 3. Peralatan Analisis

Adapun peralatan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### a. XRF (Panalytical Expert 3 xle)

### b. AAS (AA 7000 Shimadzu)

### c. XRD ( $2\theta = 10-55$ , $\lambda = 1,541\text{\AA}$ ) (Panalytical Expert 3 powder)

## C. Prosedur Kerja

### 1. Proses *Leaching*

- a. Laterit ditimbang sebanyak 20% w/v.
- b. Laterit dianalisis dengan XRF untuk mengetahui kandungan mineralnya.

- c. Laterit dicampurkan dengan asam sulfat 4, 5 dan 6 M 100 ml kemudian dipanaskan di *hot plate* dengan suhu 90°C dan diaduk dengan *magnetic stirrer* 500 rpm selama 4, 8, dan 12 jam.
- d. Setelah itu hasil sampel yang telah di-*leaching* disaring dan dioven. Setelah itu dianalisis kembali dengan XRF dan ditimbang hasil akhir yang didapat.
- e. Hasil analisis dicatat.

## 2. Proses Ekstraksi

- a. Encerkan Cyanex 272 sebanyak 10, 15 dan 20% v/v dengan Toluene ke dalam labu ukur sampai batas 100 ml.
- b. Ekstraksikan hasil *leaching* dengan cara dikocok-kocok sampai terpisah *aqueous phase* dan *organic phase*.
- c. *Aqueous phase* dianalisis dengan AAS.
- d. Hasil analisis dicatat.

Dalam penelitian diperlukan parameter dan level penelitian untuk mempermudah proses penelitian.

Berikut merupakan desain eksperimen dengan Metode Taguchi yang disajikan pada Tabel 2.

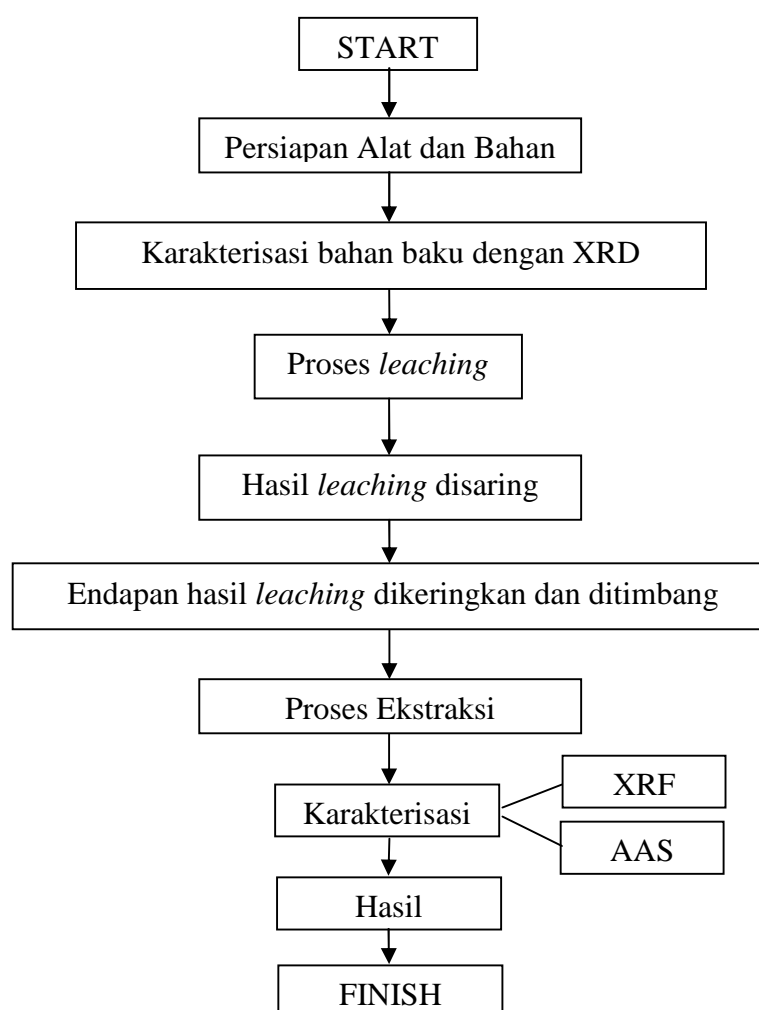
**Tabel 2.** Desain eksperimen dengan menggunakan Metode Taguchi

No. Penelitian	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Volume Cyanex 272 (% v/v)	Waktu Leaching (Jam)
1	4	10	4
2	5	15	4
3	6	20	4
4	4	15	8
5	5	20	8
6	6	10	8
7	4	20	12
8	5	10	12
9	6	15	12

#### D. Diagram Alir Penelitian

Keseluruhan metode penelitian yang dilakukan disajikan dalam diagram alir.

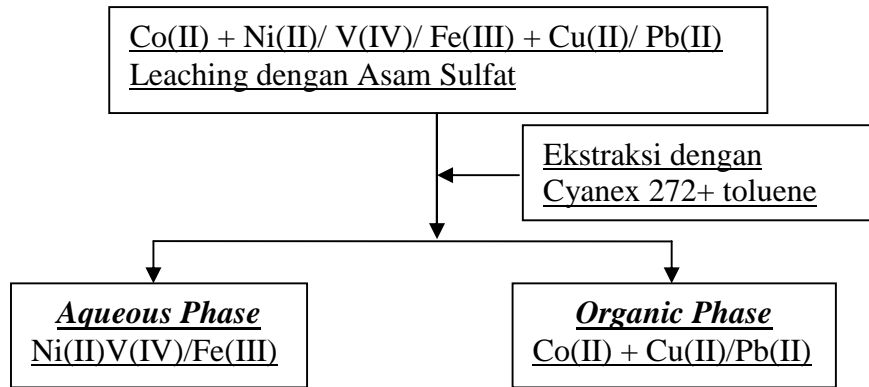
Adapun diagram alir keseluruhan penelitian ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 8.** Diagram alir penelitian



Selain diagram alir penelitian, diperlukan juga skema pemisahan nikel dan kobalt dari bahan multikomponen. Adapun skema pemisahan nikel dan kobalt dari bahan multikomponen ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Skema pemisahan nikel dan kobalt dari bahan multikomponen

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Kondisi optimum proses *leaching* dan ekstraksi kobalt menggunakan Cyanex 272 dari laterit diperoleh dengan parameter waktu *leaching*= 8 jam, volume Cyanex 272= 10 %v/v , konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ = 6 M.
2. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  proses *leaching*, maka persentase kobalt yang didapat akan semakin tinggi.
3. Waktu *leaching* yang optimum dalam proses pelarutan bijih laterit untuk ekstraksi kobalt adalah 8 jam.
4. Volume Cyanex 272 yang optimum dalam proses ekstraksi bijih laterit untuk ekstraksi kobalt dalam larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  adalah 10%v/v.
5. Co akan tetap pada larutan aqueous pada  $\text{pH}<2$  pada proses pelarutan bijih laterit.

### B. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah:

1. Dilakukan variasi perbandingan level dan parameter lain agar dapat diperoleh hasil persentase kenaikan kandungan kobalt yang lebih optimal.

2. Dikarenakan hasil *leaching* masih mengandung banyak komponen selain nikel dan kobalt, maka diperlukan proses pemurnian sebelum dilakukan proses ekstraksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alcock, R. A. 1988. The Character and Occurrence of Primary Resources Available to the Nickel Industry, Extractive Metallurgy of Nickel and Cobalt. *The Metallurgical Society*. 1 (1988): 67-89.
- Anonim (1), 2017. [https://de.wikipedia.org/wiki/AugerEffekt#/media/File:Atom\\_model\\_for\\_Auger\\_process\\_DE.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/AugerEffekt#/media/File:Atom_model_for_Auger_process_DE.svg). Diakses 14 Maret 2017 pkl. 08.45.
- Anonim (2), 2017. <http://www.gambarantik.com/2015/05/gambar-peta-indonesia.html>. Diakses 17 Juli 2017 pkl.10.30.
- Astuti, W., T. Hirajima, K. Sasaki, N. Okibe. 2015. Comparison of Atmospheric Citric Acid Leaching Kinetics of Nickel from Different Indonesian Saprolitic Ores. *Hydrometallurgy* 161 (2016): 138 –151.
- Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC. 1156 hlm.
- Bradley, K. 2011. *Nickel Applications & Uses*. Shanghai: 8th Annual China Nickel Conference. 36 hlm.
- Brand, N. W. 1998. Exploration Model: The Cause Shear-Controlled Ni-Oxide And Associated Mn-Co-Ni Deposit, Western Australia. Australia: *AGSO journal of geology & geophysics*. 17(4): 81 -88.
- Burger, P. A. 1996. Origins and Characteristics of Lateritic Deposits In: Proceeding Nickel. *The Australian Institute of Mining and Metallurgi*. 96: 179-183.
- Cullity, B.D. 1956. Elements of X-Ray Diffraction. *Addison-Wesley Publishing Company Inc.*84 (99): 2-3.
- Dalvi, A. D., Bacon, W. G., dan Osborn, R. C. 2004. *The Past and The Future of Nickel Laterite*. Canada: Inco Limited. 575 hlm.
- Elias, M. 2001. *Nickel Laterite Deposites-Geological Overview*, Resources and Exploitation. Australia: CSA Australia. 54-59.

- Gatzel, T. 2013. X-Ray Diffraction. Raum. Universitas Basel: 1.
- Golighly, P. J. 1979. *Nikeliferous Laterite: A General Description*. International Laterite Symposium. Canada: Inco Metals Company. 24-37 hlm.
- Goveli, A. 2006. *Nikel Extraxtion from Gordes Laterites by Hydrochloric Acid leaching*. Middle East: Middle East Technical University. 102 hlm.
- Guimaraes, A. S., P. S. D. Silva, M. B. Mansur. 2014. Purification of Nickel from Multicomponent Aqueous Sulfuric Solutions by Synergistic Solvent extraction using Cyanex 272 and Versatic 10. *Hidrometallurgy*. 150 (2014) 173-177.
- Karyasa, I. W. 2013. Studi *X-Ray Fluoresence* Dan *X-Ray Diffraction* Terhadap Bidang Belah Batu Pipih Asal Tejakula. *Jurnal Sains dan Teknologi ISSN: 2303-3142*. 2(2): 204-212.
- Leeuwen V., T. M., Taylor, R., Coote, A., dan Longstaffe, F.J. 1994. Porphyry Molybdenum Mineralization in a Continental Collision setting at Malala, Nortwest Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*. 50(1).
- Mirwan, A., D. Arriono. 2010 Dinamika tetes ekstraksi cair-cair sistem air metil keton (Mek) Heksan dalam kolom isian. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 9(3): 100.
- Mohammadreza F., N. Mohammad., S. S. Zieddin. 2013. Nickel extraction from low grade laterite by agitation leaching at atmospheric pressure. *International Journal of Mining Science and Technology* 24 (2014): 543–548.
- Nikam G.H. dan Mohite B. S. 2012. Liquid-Liquid Extraction and Separation of Cobalt (II) from Sodium Acetate media using Cyanex 272. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2(1): 75-82.
- Ningsih, S. A. 2012. Eksplorasi Awal Nikel Laterit di Desa Lamontoli dan Lalemo, Kecamatan Bungku Selatan, Kabupaten Morowali, Propinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmiah MTG*. 5(2): 1-12.
- Nurhakim, M. U., Dwiatmoko, N. H. Romla, M. Adip. 2011. Identifikasi Potensi Endapan Bijih Besi Laterit di Bagian Tengah Pulau Sebuku Provinsi Kalimantan Selatan. *Info Teknik*. 12(2): 48-53.
- Prasetyo, P. 2008. Tinjauan Tertundanya Pengolahan Laterit Dengan Teknologi HPAL Di Indonesia, *Seminar Nasional Material dan Metalurgi*. A (2008): 57-68.

- Purwanto, H. 2002. Recovery of Nikel from Selectively Reduced Laterite Ore by Sulphuric Acid Leaching. *ISIJ International*. 43(2): 181-186.
- Rajesh, H. M. 2004. Application of Remote Sensing and GIS in Mineral Resource Mapping- an Overview. *Journal of Mineralogical and Petrological Science*. 99 (3): 83-103.
- Sidi, P., Wahyudi, M. Thoriq. 2013. Aplikasi Metoda Taguchi untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan pada Proses Bubut Cnc. *Rekayasa Mesin*. 4(2): 101-108.
- Skoog, Douglas A. 2000. Principle of Instrumental Analysis. Philadelphia: Saunders
- Smallman R. E. dan Bilshop R.J. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering Science, Process, Application*. 6<sup>th</sup> Edition. Read Educational and Professional Publishing, Ltd.: 133-143.
- Solihin. 2011. Pengolahan Bijih Laterit Nikel Kadar Rendah dengan Proses Hidrometalurgi, *Seminar Nasional Teknoin*. A(2011): 118-121.
- Syafrizal, K. Anggayana, D. Guntoro. 2011. Karakterisasi Mineralogi Endapan Nikel Laterit di Daerah Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *JTM*. 18( 4): 211-220.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operations*. 3 rd Edition, McGraw-Hill Companies, Inc. New York. 35-36.
- Underwood, A. L., R. A. Day. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. (Alih Bahasa Sopyan), Edisi ke-6. Erlangga: Jakarta. 682 hlm.
- Underwood, A.L., R.A. Day. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A.H.. Edisi ke-6. Erlangga. Jakarta. 682 hlm.