

EKSTRAKSI NIKEL LATERIT SOROAKO MENGGUNAKAN ASAM SULFAT

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mencapai gelar
Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta



Disusun oleh:

NIDA KHOIRINA SIREGAR

No Mhs: 13612041

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2017

EKSTRAKSI NIKEL LATERIT SOROAKO MENGGUNAKAN ASAM SULFAT

oleh :

NIDA KHOIRINA SIREGAR

No. Mahasiswa : 13612041

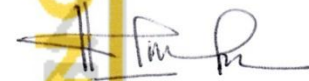
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi
Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 30 Mei 2017

Dewan Penguji

Tanda tangan

1. Dr. Noor Fitri, S.Si., M.Si.



2. Gani Purwiandono, S.Si., M.Sc.



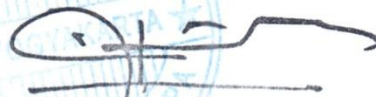
3. M. Arsyik Kurniawan S, S.Si., M.Sc



4. Wiyogo Prio Wicaksono, S.Si., M.Si.



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Drs. Allwar, M.Sc., Ph. D.

NIK. 966120101



HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini teruntuk :

Allah SWT & Rasulullah SAW

Ya Allah Dzat yang telah menciptakanku, memberikan karunia nikmat yang tak terhingga, melindungiku, membimbingku dan mengajarku dalam kehidupan, Serta Wahai Engkau ya Rasulullah ya habiballah yang telah memberikan pengetahuan akan ajaran Tuhanku dan membawaku dari jaman kejahilan menuju kehidupan yang terang benderang .

Ayah dan Ibu Tercinta

Yang telah berjuang penuh dengan keikhlasan, yang telah menorehkan segala kasih dan sayangnya dengan penuh rasa ketulusan yang tak kenal lelah dan batas waktu. Special for mamak bapak kalianlah inspirasiku disaat aku rapuh & ketika semangatku memudar.

Saudara-saudaraku Tercinta

Guntur syahputra siregar (kakak kandung), M. Yusuf siregar & Yasir Aziz siregar (Adik kandung) terimakasih karna telah menjadi penyemangat aku disaat aku mulai down dan lelah. Terimakasih karna sudah setia dalam sebuah penantian (wisuda).

Buat orang tersayang

Rahmad Maulana, SP, Terimakasih karna telah menjadi penyemangat aku setelah keluargaku, yang tidak bosan-bosannya mengingatkan aku buat garap skripsi ya walaupun ujung-ujungnya marahan, maaf karna sudah membuat kamu menunggu lama untuk hari bahagia ini (wisuda).

Teman-teman seperjuangan :

Buat anak kost bu sri yang hanya tersisa (Sophia & icha) terimakasih karna sudah menjadi sahabat, teman dan keluarga aku selama dikost dan di jogja, bakal rindu sama kegilaan-kegilaan kalian, bakal rindu sama kelakuan-kelakuan konyol kalian. Buat sahabat terbaik aku Faila dan Rina terimakasih yang sebanyak-banyaknya karna sudah menjadi sahabat yang bisa mengerti aku, terimakasih karna sudah menerima aku apa adanya menjadi sahabat kalian, maafkan kalau selama ini aku suka omelin kalian, percayalah itu semua karna aku saying kalian, tetaplah menjadi sahabatku sampai diakhirat nanti. Teimakasih juga buat endar, azizah, indori, yang sudah banyak membantu saya dari segi apapun itu kalian luar biasa. Buat geng buk noor (gak bisa disebutin namanya satu persatu) terimakasih karna sudah membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kekuatan, dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan penelitian beserta skripsi yang berjudul **EKSTRAKSI NIKEL LATERIT SOROAKO MENGGUNAKAN ASAM SULFAT**, sehingga dapat mendapatkan gelar (S.Si) pertama untuk penulis. Penulis pun tidak akan pernah lupa jasa orang tua yang telah memberikan support berupa doa, tenaga serta materi yang sampai kapanpun penulis tidak akan mampu memberikan semuanya kecuali dengan kerja keras penulis. Skripsi ini disusun sebagai penerapan ilmu yang telah penulis dapat dibangku kuliah sebgaiian besar dan didalam kehidupan penulis sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis melaksanakan penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan orang yang berada disekitar, oleh Karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan beribu-ribu terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

2. Bapak Asnan Siregar dan ibu Darmawan selaku orang tua penulis yang tiada henti memberikan doa, tenaga, serta materi untuk kemajuan dan kemandirian penulis. Jasamu tak pernah lekang di sisa umurku.
3. Drs. Allwar ,M.Sc., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
4. Dr. Is Fatimah, M.Sc. Selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
5. Ibu Dr. Noor Fitri, M.Si, Selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi selama penyusunan proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi.
6. Pak Gani Purwiandono, M.Sc. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi selama penyusunan proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi.
7. Saudaraku (Abang Guntur dan adekku Yusuf dan Yasir) serta orang tersayang Rahmad Maulana yang selalu support dan memberikan doa kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Segenap civitas laboran laboratorium penelitian kimia dan laboratorium kimia dasar Universitas Islam Indonesia Jogjakarta yang telah membantu penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi ini dengan baik.
9. Teman seperjuangan satu pembimbing, serta teman-teman Kimia 13 yang telah memberikan semangat dan doanya untuk penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena masih banyak kekurangan yang ada pada penulis. Semoga

skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, April 2017

Penulis

(Nida Khoirina Siregar)

NIM : 13612041



EKSTRAKSI NIKEL LATERIT SOROAKO MENGGUNAKAN ASAM SULFAT

INTISARI

Nida Khoirina Siregar
NIM : 13612041

Indonesia memiliki sumber daya mineral dalam jumlah yang sangat besar, khususnya cadangan mineral nikel laterit (NiO). Salah satu proses untuk memperoleh nikel laterit yang dapat dilakukan dalam skala industri adalah proses ekstraksi padat-cair (*leaching*) pada kondisi atmosferis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kadar nikel laterit. Proses *leaching* mineral nikel laterit Soroako dilakukan menggunakan asam sulfat 5N sebagai *leachant* (agen pencuci) dengan suhu 95°C selama 6 jam. Berdasarkan proses ekstraksi yang dilakukan diperoleh kadar nikel sebesar 0,03% pada filtrat dan kadar nikel laterit (NiO) sebesar 2,12% pada residu.

Kata kunci : Ekstraksi, *leaching*, nikel laterit, asam sulfat.

SOROAKO LATERITE NICKEL EXTRACTION USING SULFURIC ACID

ABSTRACT

Nida Khoirina Siregar
NIM : 13612041

Indonesia has mineral resources in a very large number, especially nickel laterite (NiO). One of the processing of nickel laterite which can be done in industrial scale is the process of liquid-leaching extraction atmospheric pressure acid leaching. The purposes of this research are to determine some operating conditions which can give the laterite nickel content. The leaching process nickel laterite soroako was done using 5N sulfuric acid as leachant with temperature 95°C and ever leaching process was done for 6 hours. Based on the extraction process performed obtained percent nickel value of 0,03% in the filtrate and obtained percent nickel laterite 2,12% on the residu.

Key words : Extraction, leaching, nickel laterite, sulfuric acid.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| SURAT PERYATAAN | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| INTISARI..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan masalah | 5 |
| 1.3. Tujuan..... | 5 |
| 1.4. Manfaat..... | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| DASAR TEORI | 9 |
| 3.1. Nikel (Ni) | 9 |
| 3.2. Nikel Laterit | 10 |
| 3.2.1. Sifat-sifat Nikel | 11 |
| 3.2.2. Kegunaan Nikel..... | 12 |
| 3.3.1. Proses Pirometalurgi | 13 |
| 3.3.2. Proses Hidrometalurgi (Metalurgi)..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 3.4. Asam Sulfat | 17 |
| 3.5. Mekanisme proses <i>leaching</i> nikel laterit menggunakan asam sulfat sebagai <i>leachant</i> | 18 |
| 3.6. Pengaruh beberapa kondisi operasi terhadap proses <i>leaching</i> | 18 |
| 3.7. Instrumen..... | 19 |
| 3.7.1. AAS (<i>Atomic Absorption Spektrophotometry</i>)..... | 19 |
| 3.7.2. <i>X-ray Flourescence</i> (XRF)..... | 21 |
| METODELOGI PENELITIAN | 24 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 26 |
| 5.1. Preparasi sampel..... | 26 |
| 5.2. Analisis XRF Nikel Laterit Soroako | 27 |
| 5.3. Analisis <i>Atomic Absorption Spektrophotometry</i> (AAS) Ekstraksi Nikel Laterit Awal..... | 28 |
| 5.4. Ekstraksi Metalurgi | 29 |
| 5.5. Uji Analisis <i>X-Ray Flourescence</i> (XRF)..... | 31 |
| 5.6. Uji Analisis <i>Atomic Absorption Spektrophotometry</i> (AAS)..... | 32 |
| KESIMPULAN..... | 34 |
| 6.1. Kesimpulan..... | 34 |
| 6.2. Saran..... | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA | 35 |
| LAMPIRAN..... | 38 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Logam Nikel..... | 9 |
| Gambar 2. Prinsip kerja AAS..... | 21 |
| Gambar 3. Prinsip kerja XRF..... | 23 |
| Gambar 4. Serbuk batuan Nikel..... | 26 |
| Gambar 5. Campuran serbuk Nikel dan asam sulfat..... | 29 |
| Gambar 6. Filtrat nikel laterit setelah proses ekstraksi..... | 30 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Perbedaan antara Nikel Sulfida dan Nikel Laterit | 10 |
| Tabel 2. Parameter fisika dan kimia asam sulfat..... | 17 |
| Tabel 3. Kandungan unsur nikel laterit Soroako..... | 27 |
| Tabel 4. Kandungan Nikel laterit setelah ekstraksi..... | 32 |
| Tabel 5. Hasil AAS sampel setelah ekstraksi..... | 32 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mineral logam merupakan kekayaan alam tak terbarukan yang mempunyai peranan penting sebagai penopang perekonomian Indonesia. Salah satu mineral logam yang banyak dimanfaatkan dalam industri kimia adalah nikel .

Nikel merupakan logam berwarna perak keputihan yang mempunyai kemampuan untuk menahan terjadinya korosi dan proses oksidasi. Kegunaan nikel dapat digolongkan menjadi 4 kategori, yaitu produksi *nikel steel* (46%), *non ferrous alloys/superalloys* (34%), *electroplating* (14%), dan kegunaan lainnya, seperti produksi koin, baterai, dan katalis (6%) (Kuck, 2012). Logam nikel dapat diperoleh dari 2 jenis batuan nikel, yaitu nikel sulfida dan laterit (Bateman, 1981). Nikel laterit (NiO) diartikan sebagai suatu endapan bijih yang terbentuk dari proses laterit pada batuan ultramafik (periodit, dunit dan serpentit) yang mengandung Ni dengan kadar tinggi, yang pada umumnya terbentuk pada daerah tropis dan sub tropis. Kandungan Ni di batuan asal berkisar 0,28% dapat mengalami kenaikan menjadi 1% Ni sebagai konsentrasi sisa (*residual concentration*) pada zona limonit (Ahmad, 2006).

Sampai saat ini, nikel sulfida masih digunakan oleh industri sebagai bahan baku proses *recovery* nikel, meskipun total cadangan nikel dunia didominasi oleh jenis laterit, yaitu mencapai 72% dari total cadangan nikel di dunia (Dalvi, 2004). Setiap tahunnya, kebutuhan nikel dunia mengalami peningkatan yang cukup pesat.

Akan tetapi, permasalahan yang akan dihadapi di masa mendatang adalah jumlah cadangan nikel sulfida yang semakin menipis. Oleh karena itu, pemanfaatan nikel laterit (NiO) sebagai bahan baku produksi nikel harus dilakukan, meskipun kandungan nikel dalam nikel laterit lebih rendah daripada nikel sulfida.

Dalvi (2004) mengungkapkan bahwa Indonesia merupakan Negara terbesar keempat di dunia yang mempunyai cadangan bijih nikel laterit (NiO), yaitu sebesar 1.576 Mt atau sekitar 15% dari cadangan nikel bumi di dunia. Berdasarkan data tersebut, Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai salah satu produsen nikel terbesar di dunia. Namun pada kenyataannya, pemerintah Indonesia masih belum dapat memanfaatkan potensi ini dengan maksimal. Sampai saat ini, Indonesia hanya memiliki 2 perusahaan besar yang sudah aktif mengolah nikel laterit (NiO) menjadi produk turunannya, yaitu PT. Vale yang memproduksi *nickel matte*, dimana komponen utamanya terdiri dari dua buah komponen yaitu paduan nikel-tembaga dan *hezlewoodite* (Ni_3S_2), dan PT. Antam yang memproduksi *ferronickel*. *ferronickel* diproduksi melalui pengolahan bijih nikel kadar tinggi (saproilit). Bijih nikel saproilit terbentuk dibawah zona limonit. Saproilit secara umum mengandung sekitar 1,5%-2,5% nikel dan digolongkan sebagai nikel kadar tinggi. Selain itu, juga mengandung beberapa unsur lainnya seperti Al, Ca, Si, Ti, Mn, dan lain sebagainya.

Regulasi pengolahan nikel laterit (NiO) saat ini diatur oleh pemerintah melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 8 Tahun 2015. Peraturan tersebut mengatur tentang peningkatan nilai tambah

mineral melalui kegiatan pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri. Untuk komoditas nikel, proses pengolahan bijih dilakukan sampai memenuhi batas minimum pengolahan dan pemurnian mineral logam sebesar $\geq 93\%$ logam nikel untuk proses pelindihan (*leaching*), sedangkan proses peleburan nikel harus memenuhi batas minimum sebesar $\geq 70\%$ Ni untuk nickel matte, $\geq 10\%$ Ni untuk FeNi, dan $\geq 4\%$ untuk Nickel Pig Iron (NPI) (Kementerian ESDM, 2015). Adanya peraturan ini bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah dari komoditas mineral nikel sehingga nikel laterit (NiO) Indonesia dapat dimanfaatkan secara maksimal serta memberikan efek positif terhadap perekonomian dan sosial Indonesia.

Tantangan yang dihadapi oleh Indonesia saat ini adalah bagaimana mengolah sumber daya mineral tersebut secara efektif dan efisien sehingga batas minimum kandungan logam yang telah diatur dalam peraturan menteri tersebut dapat terpenuhi. Proses pengolahan batuan nikel laterit (NiO) dapat dilakukan dengan menggunakan proses hidrometalurgi dan proses pirometalurgi (Li, Chun, Et al. 2007).

Proses hidrometalurgi merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada suhu yang relatif rendah dengan cara pelindihan menggunakan larutan kimia, sedangkan proses pirometalurgi merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada suhu yang tinggi (Kyle, 2010). Meskipun proses tersebut masih dilakukan oleh seluruh industri pengolahan nikel sampai saat ini, kedua proses tersebut masih memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti residu larutan kimia pada proses hidrometalurgi yang mencemari

lingkungan dan polusi udara yang ditimbulkan pada proses pengolahan mineral secara modern.

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik. Dalam praktiknya, proses ekstraksi dapat berlangsung secara cair-cair maupun padat-cair.

Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah proses pemisahan cairan dari padatan dengan menggunakan cairan sebagai bahan pelarutnya. Proses ini merupakan proses yang bersifat fisik karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan semula tanpa mengalami perubahan kimiawi (ITB, 2012).

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat merupakan senyawa kimia yang paling banyak diproduksi dibandingkan dengan senyawa kimia lain. Kegunaan utamanya antara lain: pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak.

Pada penelitian ini, asam sulfat digunakan sebagai *leachant* (agen pencuci), sedangkan bijih nikel laterit yang digunakan berasal dari Soroako, Sulawesi Selatan. Karakteristik dan kandungan mineral yang terdapat dalam nikel laterit akan berbeda antara satu wilayah dengan wilayah lainnya sebagai akibat adanya perbedaan kondisi struktur geologi dan iklim Indonesia yang lembab (Shofi, 2003). Hal inilah yang menyebabkan setiap penelitian terkait proses ekstraksi mineral dengan menggunakan nikel laterit yang berbeda akan menghasilkan hasil

penelitian yang berbeda pula. Hasil akhir penelitian ini diharapkan dapat mengetahui proses ekstraksi nikel laterit dan kadar nikel laterit.

1.2.Perumusan masalah

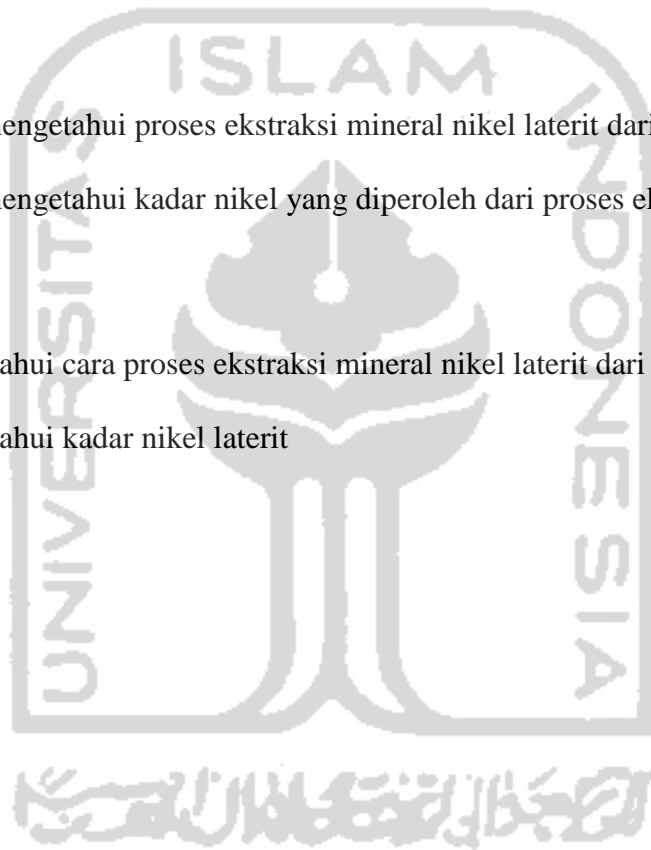
1. Bagaimana proses ekstraksi mineral nikel laterit dari batuan nikel?
2. Berapa kadar nikel yang diperoleh dari ekstraksi mineral nikel laterit?

1.3.Tujuan

1. Untuk mengetahui proses ekstraksi mineral nikel laterit dari batuan nikel
2. Untuk mengetahui kadar nikel yang diperoleh dari proses ekstraksi

1.4.Manfaat

1. Mengetahui cara proses ekstraksi mineral nikel laterit dari batuan nikel
2. Mengetahui kadar nikel laterit



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Nikel dikenal sebagai salah satu komoditas tambang yang cukup besar potensinya di Indonesia. Sumber daya nikel di Indonesia sebagian besar berupa bijih nikel laterit (nikel oksida). Sampai saat ini Indonesia masih mengekspor nikel dalam bentuk bahan mentah. Dalam dunia industry, nikel digunakan sebagai bahan paduan baja tahan karat (*stainless steel*), konduktor dan paduan-paduan logam lainnya. Proses pengolahan nikel dapat dilakukan dengan metode ekstraksi pirometalurgi dan hidrometalurgi .

Proses pirometalurgi (*smelting*) merupakan proses pengolahan mineral dengan menggunakan suhu tinggi, panas yang diperoleh berasal dari tanur berbahan bakar batubara (kokas). Selain sebagai bahan bakar, batubara juga berfungsi sebagai reduktor pada proses *smelting*. Nikel laterit jenis saprolit yang memiliki kandungan nikel yang tinggi (>2%) lebih sesuai untuk diolah dengan menggunakan proses ini. Proses ini digunakan untuk memproduksi *ferronickel*, *nickel matte*, atau *nickel pig iron* (Kyle, 2010).

Keuntungan dengan menggunakan proses ini adalah proses ini sudah teruji (*well proven*), hasil *recovery* nikel tinggi, dan reagen yang digunakan pada umumnya murah dan dapat diperoleh dengan mudah. Akan tetapi, proses

pirometalurgi menyebabkan permasalahan lingkungan, seperti polusi udara akibat menggunakan suhu tinggi. Di samping itu, proses ini juga membutuhkan energi yang tinggi (Kyle, 2010; Simate, 2010).

Proses hidrometalurgi merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindihan menggunakan larutan kimia. Saat ini, proses hidrometalurgi yang diterapkan pada skala industri adalah proses Caron dan proses ini sudah teruji (*well proven*), kedua proses ini mempunyai permasalahan utama yang sama seperti proses pirometalurgi, yaitu permasalahan lingkungan dimana kedua proses ini akan menghasilkan limbah cair berbahaya dan membutuhkan modal dan biaya operasional yang besar (Simate, 2010).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh E.Buyukakinci, Y.A. Topkaya, tentang ekstraksi nikel laterit menggunakan asam sulfat sebagai *leaching*, pada penelitian sebelumnya peneliti menggunakan asam sulfat sebagai *leaching*. Tzeferis (1994) mempelajari pengaruh berbagai jenis asam (anorganik dan organik) terhadap proses *leaching* nikel laterit (kandungan nikel sebesar 0,73%) yang berasal dari Larymna, Yunani. Pada penelitian tersebut, hasil menunjukkan bahwa penggunaan asam sulfat (anorganik) memberkikan hasil *recovery* nikel yang paling tinggi dibandingkan dengan menggunakan asam organik, seperti asam sitrat, asam oksalat, dan asam salisilat.

Nikel laterit merupakan produk sisa dari proses pelapukan secara mekanik dan kimiawi berkepanjangan dari batuan dasar utramafik, berupa periodit atau dunit sebagai pembawa unsur nikel dan umumnya terjadi di daerah tropis, seperti

New Caledonia, Filipina, dan Indonesia (Golightly, 1981 dalam Simate, 2010 ; Shofi, 2013 ; Asy'ari, 2013). Asal pembentukan endapan nikel laterit berasal dari batuan periodit $[(Mg, Fe, Ni)_2SiO_4]$ yang mengalami proses serpentinisasi dan kemudian terekspos ke permukaan pada kondisi iklim tropis dengan musim kemarau dan hujan yang berganti-ganti, proses pelapukan terjadi secara terus-menerus sehingga batuan tersebut menjadi rentan terhadap proses pelindihan (*leaching*).



BAB III

DASAR TEORI

3.1. Nikel (Ni)

Nikel merupakan salah satu unsur kimia yang tergolong dalam logam transisi dimana logam ini berwarna perak keputihan dan mengkilap. Nikel mempunyai beberapa karakteristik penting yang dapat diaplikasikan dalam industri, seperti tahan terhadap proses korosi dan oksidasi, memiliki konduktivitas panas dan listrik yang rendah, memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi, dan dapat membentuk *alloy* dengan logam lain (besi, krom, dan lainnya). Menurut Kuck (2012), kegunaan nikel dapat digolongkan menjadi 4 kategori, yaitu produksi *nickel steel* (46%), *non ferrous alloys/superalloys* (34%), *electroplating* (14%), dan kegunaan lain, seperti produksi koin, baterai, katalis, dan lainnya (6%).



Gambar 1. Logam Nikel

Nikel dapat ditemukan dalam bentuk nikel sulfida dan nikel laterit. Meskipun jumlah total cadangan nikel dunia dalam bentuk laterit jauh lebih

banyak dibandingkan dengan bijih nikel sulfida (secara berurutan 72% berbanding 28%), sampai saat ini, cadangan nikel jenis sulfida masih menjadi bahan baku utama dalam proses ekstraksi nikel di dunia (Kusuma, 2012). Seiring dengan waktu, jumlah cadangan nikel sulfida akan semakin berkurang akibat eskplotasi yang dilakukan terus-menerus. Oleh karena itu, pemanfaatan nikel laterit sebagai bahan baku akan berperan penting dalam proses produksi nikel dunia di masa mendatang. Perbedaan antara nikel sulfida dan nikel letrit ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan antara Nikel Sulfida dan Nikel Laterit
(Kusuma, 2012; Shofi, 2013; Simate, 2010; British Geological Survey, 2008)

| Nikel Sulfida | Nikel Laterit |
|---|--|
| 1. Jenis ini dibentuk dari proses Presipitasi dan segregasi mineral yang terjadi dalam tuang magma atau aliran Larva | 1. jenis ini dibentuk dari proses pelapukan batuan <i>ultramatic</i> pada daerah tropis dan subtropis |
| 2. Jenis ini merupakan <i>high grade nickle</i> sebesar 0,15-8% | 2. jenis ini merupakan <i>low grade nickle</i> dengan kadar Nikel sekitar 1-1,6% |
| 3. Jenis nikel ini ditemukan pada kedalaman Ratusan meter dibawah permukaan tanah, Sehingga biaya penambangan jenis nikel Ini relatif lebih mahal | 3. jenis nikel ini ditemukan pada tempat yang relatif lebih dangkal, yaitu sekitar 15-20 meter dibawah permukaan Tanah, sehingga biaya Penambangan jenis ini relatif lebih murah |

3.2. Nikel Laterit

Laterit merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses pelapukan secara kimiawi dan berlangsung dalam waktu yang lama. Laterit terbentuk melalui proses pemecahan mineral induk yang tidak stabil pada kondisi lingkungan yang basah/lembab dan terjadi pelepasan unsur-unsur kimia ke dalam air tanah. Unsur-

unsur kimia yang mudah larut dalam air tanah bersifat asam, hangat, dan lembab akan melarut. Hal ini menyebabkan unsur-unsur yang tidak mudah larut tersisa dan membentuk mineral baru yang stabil pada kondisi lingkungan tersebut. Proses ini disebut dengan proses laterit (Shofi, 2013 ; Asy'ari, 2013).

Nikel laterit merupakan produk sisa dari proses pelapukan secara mekanik dan kimiawi berkepanjangan dari batuan dasar utramafik, berupa periodit atau dunit sebagai pembawa unsur nikel dan umumnya terjadi di daerah tropis, seperti New Caledonia, Filipina, dan Indonesia (Golightly, 1981 dalam Simate, 2010 ; Shofi, 2013 ; Asy'ari, 2013). Asal pembentukan endapan nikel laterit berasal dari batuan periodit $[(Mg, Fe, Ni)_2SiO_4]$ yang mengalami proses serpentinisasi dan kemudian terekspos ke permukaan pada kondisi iklim tropis dengan musim kemarau dan hujan yang berganti-ganti, proses pelapukan terjadi secara terus-menerus sehingga batuan tersebut menjadi rentan terhadap proses pelindihan (*leaching*).

3.2.1. Sifat-sifat Nikel

Nikel bersifat liat dapat ditempa dan sangat kuat. Logam ini melebur pada $1455^{\circ}C$. 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.

3.2.2. 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 ekstrim, 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. Nikrom : 60% Ni, 25% Fe, dan 15% Cr : pembuatan alat-alat laboratorium (tahan asam), kawat pada alat pemanas.
2. Alnico (Al, Ni, Fe dan Co) : sebagai bahan pembuat magnet yang kuat.
3. *Elektroplating* (pelapisan besi, tembaga : $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$)

3.3. Proses Pengolahan Nikel Laterit

Proses pengolahan nikel laterit dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu proses pirometalurgi dan proses hidrometalurgi. Kedua proses ini dapat diaplikasikan secara komersial dalam skala industri untuk proses ekstraksi nikel dari nikel laterit yang digunakan. Nikel laterit jenis saprolit lebih cocok untuk diolah dengan menggunakan proses pirometalurgi, sedangkan proses hidrometalurgi lebih cocok digunakan untuk mengolah nikel laterit jenis limonit. Dari sisi ekonomi, penggunaan proses hidrometalurgi untuk nikel laterit jenis saprolit dinilai tidak menguntungkan, sebab kandungan magnesium dan aluminium yang cukup tinggi.

Hal ini dapat terjadi karena unsur magnesium bersifat lebih reaktif dibandingkan dengan unsur logam lainnya, seperti nikel dan besi. Oleh karena itu, apabila dalam proses *leaching* digunakan konsentrasi asam yang sama, maka akan lebih mudah bereaksi dengan magnesium dibandingkan dengan unsur lainnya. Selain itu, kadar aluminium yang tinggi pada jenis saprolit juga dapat membentuk senyawa *alunite* $[(H_3O)Al_3(SO_4)_2(OH)_6]$ dimana senyawa tersebut dapat menyebabkan kerak pada reactor (Kusuma, 2012 ; Simate, 2010).

3.3.1. Proses Pirometalurgi

Proses pirometalurgi (*smelting*) merupakan proses pengolahan mineral dengan menggunakan suhu tinggi, panas yang diperoleh berasal dari tanur berbahan bakar batubara (kokas). Selain sebagai bahan bakar, batubara juga berfungsi sebagai reduktor pada proses *smelting*. Nikel laterit jenis saprolit yang memiliki kandungan nikel yang tinggi (>2%) lebih sesuai untuk diolah dengan

menggunakan proses ini. Proses ini digunakan untuk memproduksi *ferronickel*, *nickel matte*, atau *nickel pig iron* (Kyle, 2010).

Keuntungan dengan menggunakan proses ini adalah proses ini sudah teruji (*well proven*), hasil *recovery* nikel tinggi, dan reagen yang digunakan pada umumnya murah dan dapat diperoleh dengan mudah. Akan tetapi, proses pirometalurgi menyebabkan permasalahan lingkungan, seperti polusi udara akibat menggunakan suhu tinggi. Di samping itu, proses ini juga membutuhkan energi yang tinggi (Kyle, 2010; Simate, 2010).

3.3.2. Proses Hidrometalurgi (Metalurgi)

Metalurgi didefinisikan sebagai ilmu dan teknologi untuk memperoleh sampai pengolahan logam yang mencakup tahapan dari pengolahan bijih mineral, pemerolehan (ekstraksi) logam, sampai ke pengolahannya untuk menyesuaikan sifat-sifat dan perilakunya sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam pemakaian untuk pembuatan produk rekayasa tertentu.

Adapun salah satu proses dari ekstraksi metalurgi / ekstraksi logam itu sendiri adalah, *hydrometallurgy* (proses ekstraksi yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindian dengan media cairan).

Proses hidrometalurgi merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindian menggunakan larutan kimia. Saat ini, proses hidrometalurgi yang diterapkan pada skala industri adalah proses Caron dan Proses ini sudah teruji (*well proven*), kedua proses ini mempunyai permasalahan utama yang sama seperti proses pirometalurgi, yaitu permasalahan lingkungan dimana kedua proses ini akan menghasilkan limbah cair

berbahaya dan membutuhkan modal dan biaya operasional yang besar (Simate, 2010).

Hidrometalurgi merupakan cabang tersendiri dari metalurgi. Secara harfiah hidrometalurgi dapat diartikan sebagai cara pengolahan logam dari batuan atau bijihnya dengan menggunakan pelarut berair (*aqueous solution*). Atau secara detailnya proses Hidrometalurgi adalah suatu proses atau suatu pekerjaan dalam metalurgi, dimana dilakukan pemakaian suatu zat kimia yang cair untuk dapat melarutkan suatu partikel tertentu. Hidrometalurgi dapat juga diartikan sebagai proses ekstraksi metal dengan larutan reagen encer (< 1 gram/mol) dan pada suhu $< 100^{\circ}$ C. Reaksi kimia yang dipilih biasanya yang sangat selektif.

proses hidrometalurgi terdiri dari tiga tahapan yaitu:

1. *Leaching* atau pengikisan logam dari batuan dengan bantuan reduktan organik.
2. Pemekatan larutan hasil *leaching* dan pemurniannya.
3. *Recovery* yaitu pengambilan logam dari larutan hasil *leaching* (Smirnov, 1997)

Proses *leaching* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dilakukan untuk meningkatkan hasil *recovery* mineral, yaitu (McDonald, 2008; Kusuma, 2012; Fan, 2013; Keong, 2003; Tzeferis 1994; Valix, 2004)

a. Suhu operasi

Suhu yang digunakan dalam proses *leaching* akan mempengaruhi kinetika reaksi. Hal ini dilihat dari persamaan Arrhenius. Penggunaan suhu operasi yang

semakin tinggi menyebabkan terjadinya peningkatan *recovery* mineral yang terlindungi .

b. Ukuran partikel

Ukuran partikel bijih akan mempengaruhi seberapa besar luas permukaan yang akan terkontak dengan *leachant*. Pada berat sampel yang sama, penurunan ukuran partikel bijih akan menghasilkan luas permukaan total yang lebih besar. Hal ini akan mengakibatkan *recovery* mineral akan meningkat.

c. Jenis asam dan konsentrasi asam

Jenis asam dan konsentrasi asam dapat digunakan dalam proses *leaching* dapat berupa jenis asam inorganik (misalnya asam sulfat) maupun asam organik (misalnya asam sitrat). Perbedaan jenis asam ini akan mempengaruhi hasil akhir proses *leaching*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan asam inorganik akan menghasilkan *recovery* mineral yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan asam organik. Selain itu, penggunaan konsentrasi asam yang lebih akan menyebabkan peningkatan laju *leaching*.

d. Kecepatan pengadukan

Semakin tinggi kecepatan pengadukan yang digunakan dalam proses *leaching*, maka tumbukan antara molekul akan semakin besar. Akibatnya, laju proses *leaching* akan meningkat dan nilai *recovery* mineral akan meningkat pula.

e. Komposisi mineral yang terkandung dalam bijih

Kandungan mineral dalam bijih akan mempengaruhi proses *leaching*, sebagai contoh, nikel laterit jenis saprolit mengandung magnesium dan aluminium yang tinggi dibandingkan dengan jenis limonit. Apabila nikel laterit jenis saprolit

dilakukan proses *leaching*, maka akan dibutuhkan jumlah asam yang tinggi. Hal ini akan menyebabkan proses *leaching* pada nikel laterit jenis saprolit akan tidak efektif.

f. Waktu

Semakin lama proses *leaching* dilakukan akan meningkatkan hasil *recovery* mineral.

3.4. Asam Sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4 , *Sulfuric acid*) merupakan salah satu asam kuat yang digunakan sebagai katalisator pada proses esterifikasi. Asam sulfat paling banyak digunakan dalam industri karena memberikan konveksi tinggi. Senyawa ini bersifat sangat polar sehingga larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat juga merupakan senyawa kimia yang bersifat korosif, tidak berwarna, viskositasnya tergantung dari persen massa, tidak berbau, dan sangat reaktif. Selain itu asam sulfat juga bersifat karsinogenik, sangat beracun sehingga apabila terhirup atau tertelan dapat menyebabkan cedera yang serius. Parameter fisika dan kimia asam sulfat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter fisika dan kimia asam sulfat.

| Parameter | Keterangan | Satuan |
|-------------|------------|-------------|
| Massa jenis | 1,84 | g/cm^3 |
| Massa molar | 98,08 | g/mol |
| Titik leleh | 10,49 | $^{\circ}C$ |
| Titik didih | 340 | $^{\circ}C$ |

3.5. Mekanisme proses *leaching* nikel laterit menggunakan asam sulfat sebagai *leachant*.

Tzeferis (1994) mempelajari pengaruh berbagai jenis asam (anorganik dan organik) terhadap proses *leaching* nikel laterit (kandungan nikel sebesar 0,73%) yang berasal dari larymna, Yunani. Pada penelitian tersebut, hasil menunjukkan bahwa penggunaan asam sulfat (inorganik) memberikan hasil *recovery* nikel yang paling tinggi dibandingkan dengan penggunaan asam-asam organik, seperti asam sitrat, asam oksalat, asam asetat, asam laktat, asam format, dan asam salisilat. Namun diantara beberapa asam organik yang digunakan, penggunaan asam sitrat memberikan hasil *recovery* tertinggi. Hal ini diperkirakan bahwa asam sitrat merupakan asam organik yang paling efektif melakukan proses pelarutan nikel melalui tahap *chelation* (Tzeferis, 1994; valix, 2001; McDonald, 2008).

3.6. Pengaruh beberapa kondisi operasi terhadap proses *leaching*

a. Pengaruh konsentrasi asam pada proses *leaching*.

Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka akan semakin tinggi hasil *recovery* yang diperoleh.

b. Pengaruh suhu pada proses *leaching*.

Suhu merupakan salah satu faktor yang penting untuk menghasilkan *recovery* nikel optimum. Peran suhu dalam proses *leaching* akan mempengaruhi kecepatan proses *leaching* nikel laterit.

c. Pengaruh waktu pada proses leaching.

Waktu merupakan salah satu faktor untuk menghasilkan recovery Nikel optimum. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses leaching maka akan semakin bagus hasil yang diperoleh.

3.7. Instrumen

3.7.1. AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Spektrofotometri merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitifitasnya tinggi, waktu analisisnya cepat dan mudah dilaksanakan (U, Hakim: 2011).

Prinsip kerja SSA adalah penyerapan sinar dari sumbernya oleh atom-atom yang di bebaskan oleh nyala dengan panjang gelombang tertentu. Sampel analisis berupa liquid dihembuskan ke dalam nyala api burner dengan bantuan gas bakar yang digabungkan bersama oksidan (bertujuan untuk menaikkan temperatur) sehingga dihasilkan kabut halus. Atom-atom keadaan dasar yang berbentuk dalam kabut dilewatkan pada sinar dan panjang gelombang yang khas. Sinar sebagian diserap, yang disebut absorpsi dan sinar yang diteruskan emisi. Penyerapan yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Pada kurva absorpsi, terukur besarnya sinar yang diserap, sedangkan

kurva emisi, terukur intensitas sinar yang dipancarkan. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

1. Hukum Lambert : Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer : Intensitas sinar yang diteruskan secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut. Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = \text{Log } I_t / I_o = \epsilon bC \text{ atau } abc$$

Dimana :

A = absorbansi

I_o = intensitas sumber cahaya

I_t = intensitas sinar yang diteruskan

a = absorptivitas

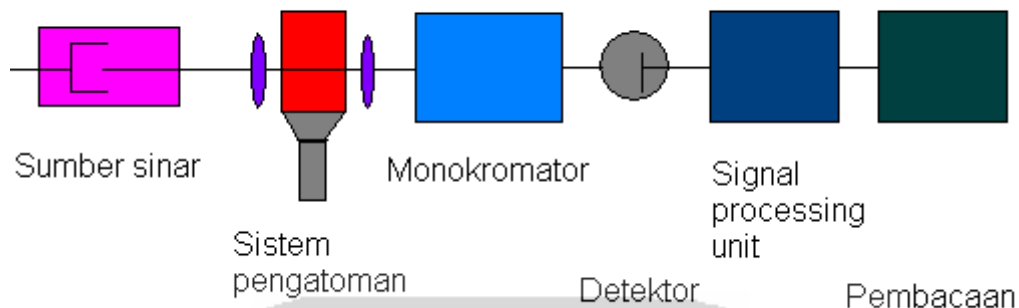
b = panjang medium

c = konsentrasi larutan (ppm)

ϵ = absorptivitas molar

C = konsentrasi atom yang menyerap sinar (M)

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



Gambar 2. Prinsip kerja AAS

3.7.2. *X-ray Fluorescence* (XRF)

X-ray fluorescence (XRF) spektrometer adalah suatu alat x-ray digunakan untuk rutin, yang relatif non-destruktif analisis kimia batuan, mineral, sedimen dan cairan. Ia bekerja pada panjang gelombang-dispersif spektroskopi prinsip yang mirip dengan microprobe elektron. Namun, XRF umumnya tidak dapat membuat analisis di spot ukuran kecil khas pekerjaan EPMA (2-5 mikron), sehingga biasanya digunakan untuk analisis sebagian besar fraksi lebih besar dari bahan geologi. Biaya kemudahan dan rendah relatif persiapan sampel, dan stabilitas dan kemudahan penggunaan X-Ray spektrometer membuat salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk analisis unsur utama dan jejak di batuan, mineral, dan sedimen.

Dasar analisis alat *X-Ray Fluorescence* ini adalah pencacahan sinar x yang dipancarkan oleh suatu unsur akibat pengisian kembali kekosongan elektron pada orbital yang lebih dekat dengan inti (karena terjadinya eksitasi elektron) oleh elektron yang terleata pada orbital yang lebih luar. Ketika sinar x yang berasal dari radioisotop sumber eksitasi menabrak elektron dan akan mengeluarkan elektron

kulit dalam, maka akan terjadi kekosongan pada kulit itu. Elektron dari kulit yang lebih tinggi akan mengisi kekosongan itu. Perbedaan energi dari dua kulit itu akan tampil sebagai sinar x yang dipancarkan oleh atom. Spektrum sinar x selama proses tersebut menunjukkan *peak*/puncak yang karakteristik, dimana setiap unsur akan menunjukkan *peak* yang karakteristik yang merupakan landasan dari uji kualitatif untuk unsur-unsur yang ada dalam sampel.

Tahap 1 :

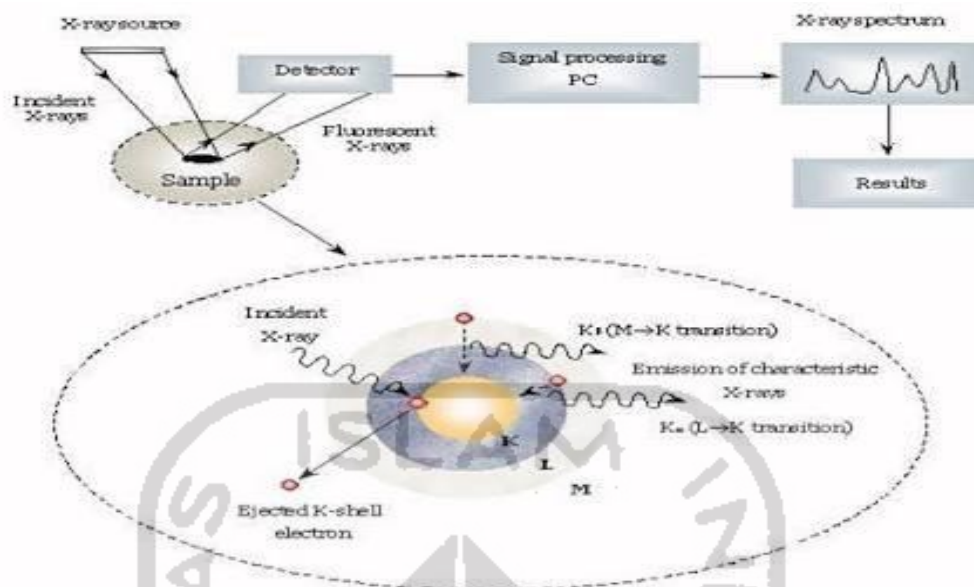
Ketika photon X-Ray memiliki energy yang cukup untuk menabrak atom, ini menyebabkan electron terlepas dari kulitnya (dalam hal ini Kulit K)

Tahap 2:

Atom akan mengisi kekosongan pada kulit K dengan electron dari kulit L; sebagai penurunan electron ke tingkat energy rendah dan melepaskan energy yang disebut K alfa X-Ray.

Tahap 3:

Atom mengisi kekosongan kulit K dengan electron dari kulit M, sebagai penurunan electron ke tingkat energy rendah, dan melepaskan energy yang disebut K betha X-ray.



Gambar 3. Prinsip kerja XRF

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sample dengan menggunakan metode spektrometri. XRF umumnya digunakan untuk menganalisa unsur dalam mineral atau batuan. Analisis unsur di lakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan.

BAB IV

METODELOGI PENELITIAN

4.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas saring biasa, timbangan analitik, alat-alat gelas kimia, *vacum*, dan instrument *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) .

4.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batuan nikel yang diperoleh dari Soroako, Sulawesi Selatan, H_2SO_4 5N, aquadest.

4.3. Prosedur Penelitian

4.3.1. Preparasi Sampel

Batuan nikel dari Soroako, Sulawesi Selatan yang digunakan adalah serbuk batuan. Serbuk batuan nikel di keringkan dengan oven kemudian ditumbuk atau dihaluskan hingga menjadi serbuk yang lebih halus lagi.

4.3.2. Pembuatan Larutan H_2SO_4 5N

Sebanyak 14mL larutan H_2SO_4 dilarutkan dalam akuades, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL. Proses pembuatan larutan sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini dapat dilihat secara ringkas pada lampiran.

4.3.3. Cara kerja

Sampel serbuk batuan nikel sebanyak 15,0006 gram dicuci dengan H_2SO_4 5N sebanyak 75 mL kemudian diaduk dengan magnetik stirrer pada suhu 95 °C dengan kecepatan konstan selama 6 jam kemudian dicuci dengan akuades sebanyak 25 mL dan disaring kemudian filtrat yang diperoleh disaring dengan

vacum kemudian filtrat yang diperoleh di uji dengan AAS dan residu yang diperoleh di oven pada suhu 105°C kemudian dianalisis dengan XRF.

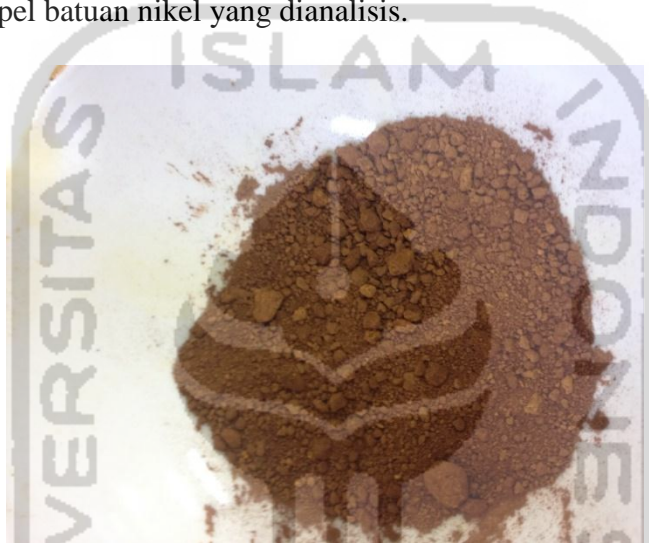


BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Preparasi sampel

Sampel batuan nikel yang digunakan diperoleh dari Soroako, Sulawesi Selatan. Sampel batuan nikel berwujud serbuk dan berwarna coklat. Gambar 4 merupakan sampel batuan nikel yang dianalisis.



Gambar 4. Serbuk batuan Nikel.

Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa serbuk batuan nikel yang sudah dikeringkan dengan oven selama ± 1 jam. Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kadar air. Batuan Nikel yang sudah benar-benar kering dihaluskan lagi menggunakan mortar untuk memperkecil ukuran partikel sehingga luas permukaan serbuk lebih besar. Dengan ukuran partikel yang kecil memperluas kontak antara padatan dan pelarut pada saat proses ekstraksi.

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan karakteristik nikel (Ni). Karakteristik nikel dianalisis menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan untuk data standar persentase ekstraksi nikel dianalisis menggunakan *Atomic*

Absorption Spectrophotometry (AAS). Berdasarkan kedua data tersebut didapatkan data kadar nikel. Selanjutnya hasil tersebut dapat digunakan untuk menentukan kadar nikel yang terekstrak. Dalam bab ini disajikan hasil penelitian serta pembahasannya.

5.2. Analisis XRF Nikel Laterit Soroako

Pada penelitian ini, nikel laterit yang digunakan adalah jenis limonit (NiO) yang berasal dari Soroako, Sulawesi Selatan. Pengujian dengan menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terkandung pada sampel nikel laterit. Hasil pengujian XRF disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan unsur nikel laterit Soroako

| Component | Result |
|--------------------------------|----------|
| Cl | <0.0001% |
| Al ₂ O ₃ | <0.0001% |
| SiO ₂ | 0.666% |
| P ₂ O ₅ | 0.524% |
| SO ₃ | 0.606% |
| CaO | 0.159% |
| TiO ₂ | 0.0985% |
| Cr ₂ O ₃ | 2.52% |
| Fe ₂ O ₃ | 92.1% |
| NiO | 2.11% |
| CuO | 0.0664% |
| ZnO | 0.0973% |
| Rb ₂ O | 0.0117% |
| ZrO ₂ | 0.101% |
| MoO ₃ | <0.0001% |
| RuO ₂ | 0.128% |
| Ag ₂ O | 0.0032% |
| Ta ₂ O ₅ | 0.107% |
| WO ₃ | 0.116% |
| PtO ₂ | 0.0436% |
| ThO ₂ | 0.0631% |
| U ₃ O ₈ | 0.0960% |

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 3, kadar Nikel laterit (NiO) didalam sampel sebesar 2,11%. Hal ini menunjukkan bahwa unsur yang mendominasi nikel laterit adalah besi (Fe), dan kromium (Cr), sedangkan nikel yang terkandung dalam sampel sebesar 2.11%. Selain unsur-unsur yang tersaji dalam tabel 3, sampel nikel laterit ini juga mengandung beberapa unsur lainnya, seperti Si, Ca, Ti dan lainnya. Hasil pengujian xrf yang lebih lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran .

Pembahasan mengenai karakteristik nikel laterit (NiO) yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan suatu informasi yang penting karena senyawa yang terkandung dalam sampel seperti komposisi akan mempengaruhi proses ekstraksi mineral nikel laterit dan kadar mineral nikel laterit. Seperti yang telah disebutkan pada subbab 2.2., nikel laterit yang berasal dari suatu wilayah akan memiliki karakteristik (komposisi dan fase mineral) yang berbeda dengan nikel laterit yang berasal dari wilayah lainnya, sehingga penggunaan nikel laterit yang berbeda akan memberikan hasil penelitian yang berbeda pula.

5.3. Analisis *Atomic Absorption Spektrophotometry* (AAS) Ekstraksi Nikel Laterit Awal

Analisis *Atomic Absorption Spektrophotometry* (AAS) pada sampel awal bertujuan untuk mengetahui kandungan nikel di dalam sampel dan untuk menghitung kadar nikel. Hasil yang berupa ppm dikonversi ke dalam persentase seperti yang tertulis pada Lampiran . Hasil nikel awal diperoleh sebesar 0,01%.

5.4. Ekstraksi Metalurgi

Ekstraksi metalurgi adalah proses pemisahan dari suatu konsentrat yang diambil dari suatu bijih melalui eksploitasi, dimana dari konsentrat tersebut yang diambil hanya logamnya saja.



Gambar 5. Campuran serbuk Nikel dan asam sulfat.

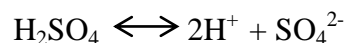
Proses hidrometalurgi merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindihan menggunakan larutan kimia. (Simate,2010).



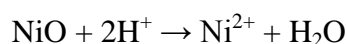
Gambar 6. Filtrat nikel laterit setelah proses ekstraksi

Pada penelitian kali ini, peneliti mengadopsi metode (E. Buyukakinci, Y.A. Topkaya, 2009) menggunakan asam sulfat sebagai *leachant* (agen pencuci) termasuk reaksi heterogen dimana melibatkan lebih dari satu fase, yaitu fase padat (partikel nikel laterit) dan fase cair (asam sulfat), konsentrasi asam sulfat yang digunakan sebesar 5N sebanyak 75mL. Tujuan menggunakan asam sulfat 5N adalah pada konsentrasi tersebut adalah proses *leaching* optimum (E. Buyukakinci, Y.A. Topkaya, 2009) dengan suhu 95°C dan lama waktu proses leaching yaitu selama 6 jam. Hasil kadar nikel yang terekstrak pada penggunaan konsentrasi asam sulfat 5N dan suhu 95°C serta lama waktu proses ekstraksi selama 6 jam sebesar 0,0286%.

Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat menyebabkan jumlah ion hidrogen (H^+) yang terbentuk pada tahap disosiasi asam juga akan meningkat pula . persamaan reaksi yang terjadi pada tahap disosiasi asam sulfat adalah :



Peningkatan jumlah ion hydrogen (H^+) ini akan mengakibatkan terjadinya peningkatan aktivitas pada tahap *proton attack*, dimana persamaan reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Ion hidrogen (H^+) yang terbentuk ini akan menyerang senyawa NiO yang terkandung dalam sampel nikel laterit soroako. Semakin banyak ion hidrogen H^+ yang bereaksi akan mengakibatkan ion nikel (II) (Ni^{2+}) yang terbentuk akibat reaksi proton attack juga akan semakin banyak.

5.5. Uji Analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 5, kadar nikel laterit (NiO) didalam sampel yang sudah diekstraksi menggunakan asam sulfat 5N sebesar 2,12%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh peneliti lebih besar dari pada hasil standar awal. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi tidak sempurna, kandungan nikel tidak terekstrak sehingga nikel diperoleh kembali. Unsur yang mendominasi nikel laterit (NiO) adalah Fe_2O_3 , dan Cr_2O_3 sedangkan nikel laterit (NiO) yang terkandung dalam sampel sebesar 2.11%. Selain unsur-unsur yang tersaji dalam Tabel 2, sampel nikel laterit ini juga mengandung beberapa unsur lainnya, seperti SiO_2 , CaO , TiO_2 dan lainnya.

Tabel 4. Kandungan Nikel laterit setelah ekstraksi

| Component | Result |
|--------------------------------|----------|
| Al ₂ O ₃ | <0.0001% |
| SiO ₂ | <0.0001% |
| P ₂ O ₅ | 0.215% |
| SO ₃ | 7.83% |
| CaO | 0.223% |
| TiO ₂ | 0.185% |
| Cr ₂ O ₃ | 2.70% |
| MnO | 0.533% |
| Fe ₂ O ₃ | 85.7% |
| NiO | 2.12% |
| ZnO | 0.139% |
| Rb ₂ O | 0.0034% |
| ZrO ₂ | 0.0401% |
| MoO ₃ | <0.0001% |
| RuO ₂ | <0.0001% |
| Ag ₂ O | 0.0040% |
| Ta ₂ O ₅ | 0.293% |
| WO ₃ | <0.0001% |
| PtO ₂ | 0.0433% |
| ThO ₂ | <0.0001% |
| U ₃ O ₈ | <0.0001% |

5.6. Uji Analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Tabel 5. Hasil AAS sampel setelah ekstraksi

| No | Sampel ID | Seq No. | El | STD | Mean Sig (Absorbance) | Limit Detection from standar | Mean Samp | Std Dev | Samp Units |
|----|-------------|---------|----|-----|-----------------------|------------------------------|-----------|---------|------------|
| 1 | Calib Blank | 2 | Ni | 0 | 0.0003 | 0.0004 | | 0.00010 | mg/L |
| 2 | Std 1 | 3 | Ni | 0.5 | 0.0227 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 3 | Std 2 | 4 | Ni | 1 | 0.0418 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 4 | Std 3 | 5 | Ni | 2 | 0.0820 | 0.0004 | | 0.00040 | mg/L |
| 5 | Std 4 | 6 | Ni | 3 | 0.1186 | 0.0004 | | 0.00050 | mg/L |
| 6 | Std 5 | 7 | Ni | 5 | 0.2095 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 7 | Std 6 | 8 | Ni | 10 | 0.3311 | 0.0004 | | 0.00190 | mg/L |
| 8 | Sampel | 9 | Ni | | 0.3002 | 50x | 8,5883 | 0.00570 | mg/L |

Analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) pada sampel yang telah di ekstraksi diperoleh hasil sebesar 8,5883 yang ditunjukkan pada Tabel 6,

Hasil yang berupa ppm dikonversi ke dalam persentase seperti yang tertulis pada Lampiran . Hasil uji analisis nikel setelah ekstraksi disajikan pada Tabel 6.

Pengujian AAS pada sampel awal bertujuan untuk mengetahui kandungan nikel di dalam sampel dan untuk menghitung kadar nikel setelah ekstraksi. Hasil yang berupa ppm dikonversi kedalam bentuk persentase seperti yang tertulis pada persamaan berikut .

$$\%Ni = \frac{\text{Kandungan Ni (AAS)mg/Lx jumlah pengenceran x volume (L)}}{\text{Berat sampel awal (mg)}} \times 100\%$$

Dari persamaan diatas diperoleh kadar nikel laterit yang terekstrak sebesar 0,0286%. Untuk perhitungan hasil dapat dilihat di lampiran. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa data standar dan hasil yang diperoleh peneliti tidak sesuai. Hal ini dikarenakan hasil filtrat yang didapat peneliti tidak terekstrak dengan sempurna.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Proses ekstraksi nikel laterit (NiO) dilakukan dengan menggunakan asam sulfat 5N dengan suhu 95°C dan lama waktu proses ekstraksi yaitu selama 6 jam.
2. Hasil ekstraksi nikel dari mineral nikel laterit (NiO) sebesar 0,03% dengan menggunakan instrument AAS.

6.2. Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan proses ekstraksi padat-cair (*leaching*) dengan menggunakan jenis asam anorganik lainnya. Hasil penelitiannya dapat digunakan sebagai pembandingan dengan hasil penelitian ini .

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, 2006. *“Profesi Kependidikan (Pengertian, Ruang lingkup, dan Sejarah Supervisi Pendidikan)”*. Bandung: SPs UPI Bandung.
- Astuti, W., Hirajima, T., Sasaki, K., Okibe, N., 2014, *“Characteritation and atmospheric citric acid leaching of a saprolitic laterite from Sulawesi Island (Indonesia) : An insight into the mineral dissolution behaviours”*, MMIJ Autumn Kumamoto.
- Astuti, W., Hirajima, T., Sasaki, K., Okibe, N., 2014, *“Nickle extraction of limonitic ore from Halmahera Island (Indonesia) by citric acid under atmospheric pressure”*, MMIJ Spring Tokyo .
- Astuti, W., Hirajima, T., Sasaki, K., Okibe, N., 2015, *“Kinetics of nickel extraction from Indonesia saprolitic ore by citric acid leaching under atmospheric pressure”*, Minerals & Metallurgical Processing, 42, 176-185.
- Astuti, W., Hirajima, T., Sasaki, K., Okibe, N., 2016, *“Comparison of effectiveness of citric acid and other acids in leaching of low-grade Indonesia saprolitic ores”*, Minerals Engineering, 85,1-16.
- Asy’ari, M.A., Hidayatullah, R., Zulfadli, A., 2013, *“Geologi dan estimasi sumberdaya nikel laterit menggunakan metode ordinary kringing di PT. Aneka Tambang., Tbk”*, Jurnal INTEKNA Tahun XIII, 1, 7-15.
- Bateman, A.M., 1981, *“Mineral Deposit 3rd edition, Jhon Wiley and Sons”*, New York.
- Behera, S.K., Sukla, L.B., Mishar, B.K., 2010, *“ Leaching of nickel laterite using fungus mediated oranic acid and synthetic organic acid : A comparative study” Mineral Processing Technology, 946-954.*
- British Geological Survey : Natural Environment Research Council, 2008, *“Mineral Profile : Nickle”*, Minerals UK
- Buyukakinci, E., Topkaya, Y.A., 2009, *“Extraction of nickel from lateritic ores at atmospheric pressure with agitation leaching”*.
- Dalvi, A.D,Bacon, W.G., Osborne, R.C., 2004, *“The past and the future of nickel laterites”*, PDAC 2004 Intenational Convention, Trade Show, & Investor Exchange.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L.1989. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Kementerian ESDM 2014, *“Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2004 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral melalui Kegiatan Pengolahan dan Pemurnian Mineral di Dalam Negeri”*, ditetapkan pada tanggal 11 Januari 2014

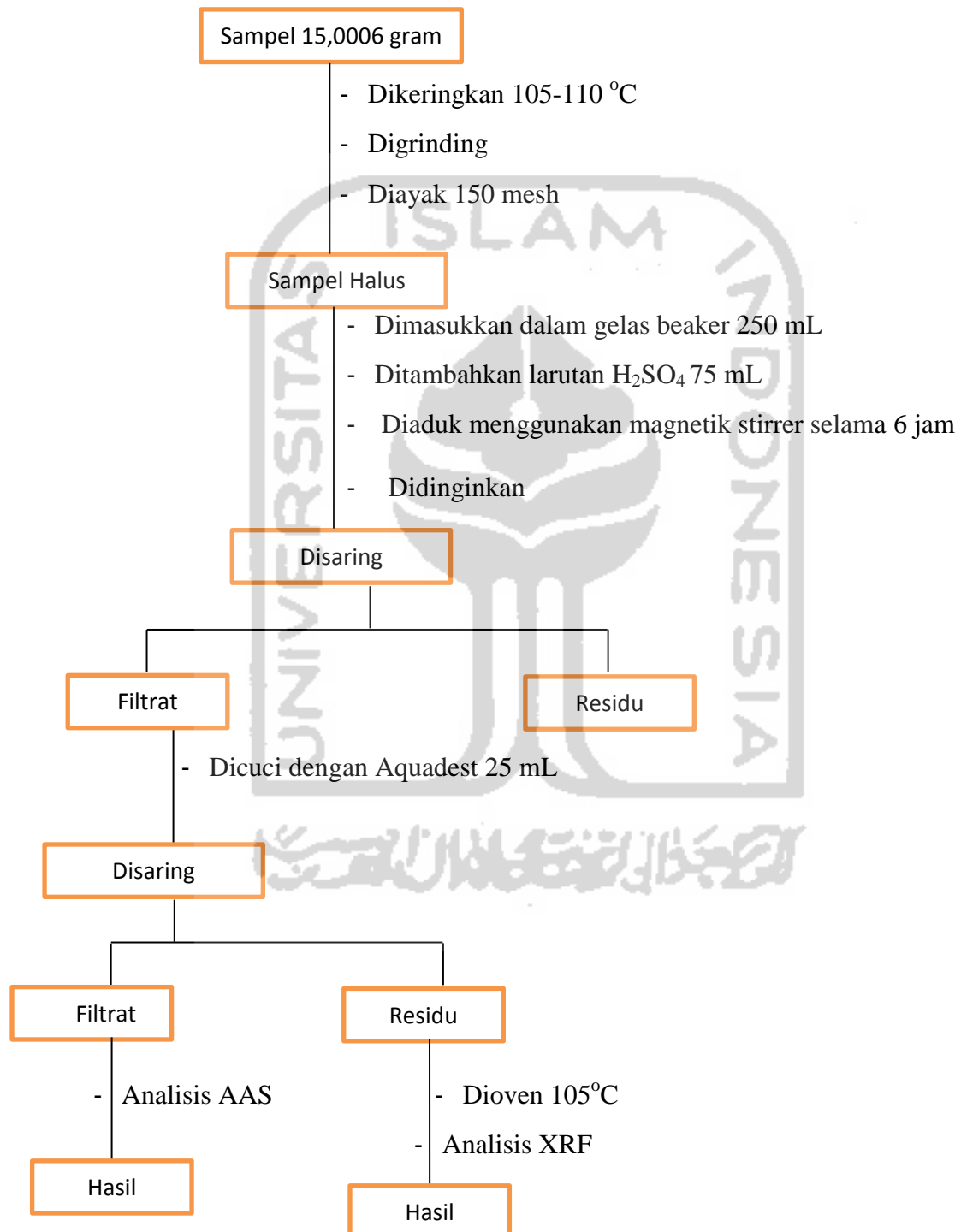
- Kementerian ESDM 2015, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2015 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2004 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral melalui Kegiatan Pengolahan dan Pemurnian Mineral di Dalam Negeri”, ditetakan pada tanggal 4 Maret 2015.
- Kuck, P.H., 2012, “Nickle”, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries.
- Kusuma, G.D., 2012, “ Pengaruh reduksi roasting dan konsentrasi leaching asam sulfat terhadap recovery nikel dari bijih limonite”, Skripsi, Universitas Indonesia.
- Kyle, J., 2010, “Nickle laterite processing technologies- Where to next?”, ALTA 2010 Nickle/Copper Conference, Perth, 24-27 Mei 2010.
- Li, Chun. Et al. 2008. “Photodegradation of Mechanically Activated Panzhihua Ilmenite in Dilute Solution of Sulfuric Acid” Hydrometallurgy 89:1-10.
- McDonald, R.G., Whittington, B.I., 2008, “Atmospheric acid leaching of nickel laterites review : Part I. Sulphuric acid technologies”, Hydrometallurgy, 91,35-55.
- McDonald, R.G., Whittington, B.I., 2008, “Atmospheric acid leaching of nickel laterites review : Part II. Sulphuric acid technologies”, Hydrometallurgy, 91,56-69.
- Rhamdani, A.R., 2015, “Karakteristik reduksi nikel laterit Pomalaa, Sulawesi Tenggara dengan menggunakan bioreduktor lamtaroo”, Tesis, Universitas Gadjah Mada.
- Shofi, A.S., 2003, “Pembuatan nickel pig iron (NPI) dari bijih nikel laterite Indonesia menggunakan blast furnace LIPI di UPT Balai Pengolahan Mineral Lampung-LIPI”, Laporan Akhir Insentif Riser SINas 2013.
- Simate, G.S., Ndlovu, S., 2008, “Bacterial leaching of nickel laterites using chemolithotrophic microorganisms : Identifying influential factors using statistical design of experiments”, Int. J. Miner. Process, 88,31-36.
- Simate, G.S., Ndlovu, S., Walubita, L.F., 2010, “The fungal and chemolithotrophic leaching of nickel laterites – Challenges and opportunities” , Hydrometallurgy, 103, 150-157
- Sutisna, D.T., Sunuhadi, D.N., Pujobroto, A., Herman, D.Z., 2006 “Perencanaan eksplorasi cabakan nikel laterit di daerah Wayamli, Teluk Buli, Halmahera Timur sebagai model perencanaan eksplorasi cabakan nikel laterit di Indonesia”, Buletin Sumber Daya Geologi Volume 1 Nomor 3, 48-56.

- Tzeferis, P.G., 1994, "Leaching of nickel and iron from Greek non-sulphide nickleiferous ores by organic acids" *Hydrometallurgy*, 36, 345-360.
- U Hakim. 2011. *Penggunaan Daun Pisang Batu (Musa Balbisiana Colla) Sebagai Adsorben Untuk Menyerap Logam Crom (Cr) Dan Nikel (Ni)*. Skripsi.
- Valix, M., Usai, F., Malik, R., 2001, "Fungal bio-leaching of low grade laterite ores", *Minerals Engineering*, 14, 197-203.
- Wanta, K.C., 2016 " *Kinetika proses leaching nikel laterit Pomalaa dengan menggunakan asam sitrat sebagai leachant*", Tesis, Universitas Gadjah Mada.



LAMPIRAN

Lampiran 1 . Skema Kerja Ekstraksi Nikel menggunakan asam sulfat sebagai leaching .



Lampiran 2. Perhitungan Normalitas H₂SO₄ 5N

Diketahui : BM H₂SO₄ = 98,08 g/mol

Berat jenis = 1,84 g/mol

Valensi = 2

$$N = \frac{((10 \times \% \times \text{Berat Jenis}) \times \text{Valensi})}{BM}$$

$$N = \frac{((10 \times 96\% \times 1,84) \times 2)}{98,08}$$

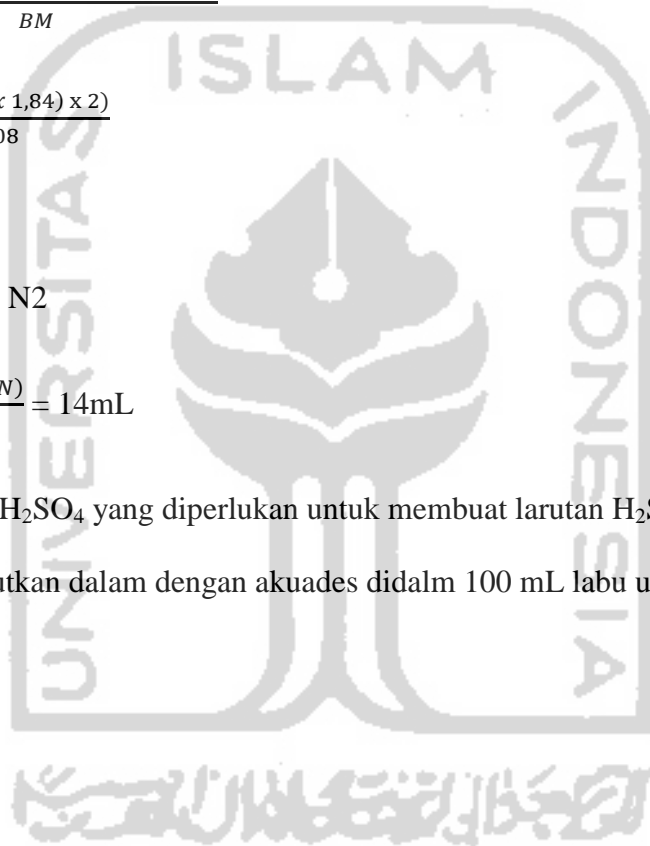
$$N = 36$$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_2 = \frac{(100 \text{ mL} \times 5N)}{36 N} = 14 \text{ mL}$$

Jadi banyaknya H₂SO₄ yang diperlukan untuk membuat larutan H₂SO₄ 5N adalah

14 mL dan dilarutkan dalam dengan akuades didalam 100 mL labu ukur .



Lampiran 3. Perhitungan %Ni yang terekstrak (AAS)

Diketahui : Berat sampel = 15,0006 g \longrightarrow 15000,6mg

Volume total = 100mL \longrightarrow 0,01L

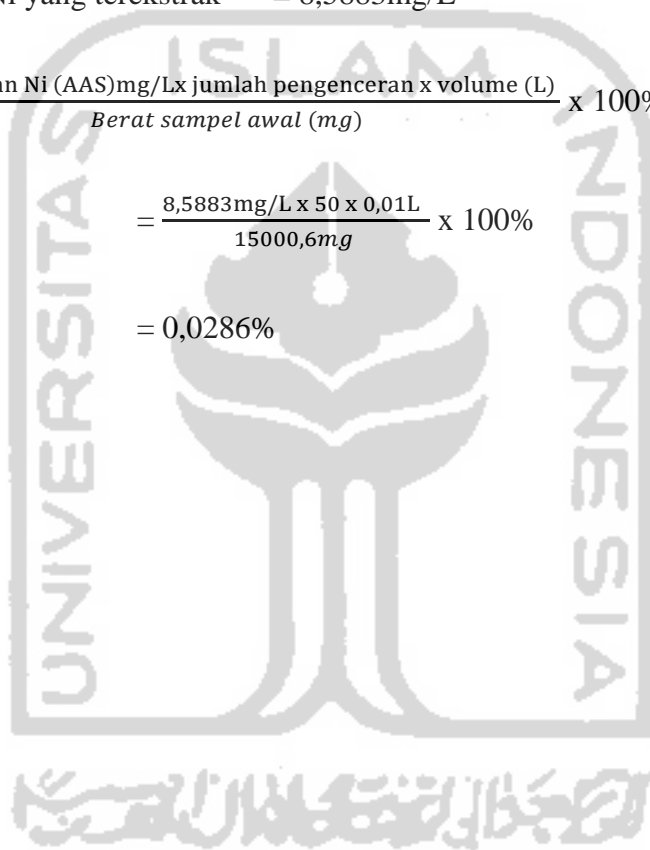
Fp (AAS) = 50x

Ni yang terekstrak = 8,5883mg/L

$$\%Ni = \frac{\text{Kandungan Ni (AAS)mg/Lx jumlah pengenceran x volume (L)}}{\text{Berat sampel awal (mg)}} \times 100\%$$

$$= \frac{8,5883\text{mg/L} \times 50 \times 0,01\text{L}}{15000,6\text{mg}} \times 100\%$$

$$= 0,0286\%$$



Lampiran 4. Alat penelitian

Timbangan analitik



Vacum



AAS



Oven

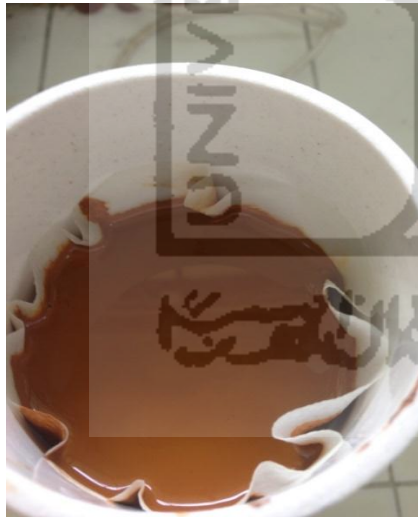
Lampiran 5.



Campuran serbuk nikel dan asam sulfat



Vacum Filtrat sampel



Proses Vacum sampel



Filtrat sampel

Lampiran 6. Hasil analisis XRF sampel standar

| Analyzed result | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Sample name | Ni std | Date | 4/27/2017 10:38 AM | | | |
| File name | Nikel | Counts | 1 | | | |
| Application | Nikel | Sample model | Bulk | | | |
| No | Component | Result | Unit | Statistical error | Detection limit | Quantitation limit |
| 1 | Cl | <0.0001 | mass% | 0.0023 | 0.0069 | 0.0207 |
| 2 | Al2O3 | <0.0001 | mass% | 0.102 | 0.305 | 0.916 |
| 3 | SiO2 | 0.666 | mass% | 0.0264 | 0.0696 | 0.209 |
| 4 | P2O5 | 0.524 | mass% | 0.0123 | 0.0313 | 0.0939 |
| 5 | SO3 | 0.606 | mass% | 0.0072 | 0.0179 | 0.0538 |
| 6 | CaO | 0.159 | mass% | 0.0115 | 0.0237 | 0.0712 |
| 7 | TiO2 | 0.0985 | mass% | 0.0106 | 0.0290 | 0.0871 |
| 8 | Cr2O3 | 2.52 | mass% | 0.0118 | 0.0105 | 0.0314 |
| 9 | MnO | 0.425 | mass% | 0.0085 | 0.0187 | 0.0562 |
| 10 | Fe2O3 | 92.1 | mass% | | | |
| 11 | NiO | 2.11 | mass% | 0.0143 | 0.0246 | 0.0738 |
| 12 | CuO | 0.0664 | mass% | 0.0030 | 0.0055 | 0.0164 |
| 13 | ZnO | 0.0973 | mass% | 0.0022 | 0.0044 | 0.0133 |
| 14 | Rb2O | 0.0117 | mass% | 0.0013 | 0.0037 | 0.0110 |
| 15 | ZrO2 | 0.101 | mass% | 0.0008 | 0.0010 | 0.0029 |
| 16 | MoO3 | <0.0001 | mass% | 0.0071 | 0.0212 | 0.0635 |
| 17 | RuO2 | 0.128 | mass% | 0.0012 | 0.0031 | 0.0094 |
| 18 | Ag2O | 0.0032 | mass% | 0.0003 | 0.0008 | 0.0023 |
| 19 | Ta2O5 | 0.107 | mass% | 0.0100 | 0.0263 | 0.0790 |
| 20 | WO3 | 0.116 | mass% | 0.0092 | 0.0239 | 0.0718 |
| 21 | PtO2 | 0.0436 | mass% | 0.0019 | 0.0024 | 0.0071 |
| 22 | ThO2 | 0.0631 | mass% | 0.0025 | 0.0062 | 0.0187 |
| 23 | U3O8 | 0.0960 | mass% | 0.0024 | 0.0033 | 0.0100 |

Hasil XRF sampel setelah ekstraksi

| Analyzed result | | | | | | |
|-----------------|--------------------|---------|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Sample name | Ni002 | | Date | 4/27/2017 10:46 AM | | |
| File name | Nikel_201704271046 | | Counts | 1 | | |
| Application | Nikel | | Sample model | Bulk | | |
| No. | Component | Result | Unit | Statistical error | Detection limit | Quantitation limit |
| 1 | Al2O3 | <0.0001 | mass% | 0.102 | 0.306 | 0.917 |
| 2 | SiO2 | <0.0001 | mass% | 0.0247 | 0.0740 | 0.222 |
| 3 | P2O5 | 0.215 | mass% | 0.0206 | 0.0607 | 0.182 |
| 4 | SO3 | 7.83 | mass% | 0.0135 | 0.0369 | 0.111 |
| 5 | CaO | 0.223 | mass% | 0.0122 | 0.0224 | 0.0673 |
| 6 | TiO2 | 0.158 | mass% | 0.0117 | 0.0309 | 0.0926 |
| 7 | Cr2O3 | 2.70 | mass% | 0.0121 | 0.0099 | 0.0296 |
| 8 | MnO | 0.533 | mass% | 0.0082 | 0.0164 | 0.0493 |
| 9 | Fe2O3 | 85.7 | mass% | | | |
| 10 | NiO | 2.12 | mass% | 0.0124 | 0.0246 | 0.0738 |
| 11 | ZnO | 0.139 | mass% | 0.0024 | 0.0043 | 0.0128 |
| 12 | Rb2O | 0.0034 | mass% | 0.0011 | 0.0034 | 0.0101 |
| 13 | ZrO2 | 0.0401 | mass% | 0.0007 | 0.0009 | 0.0026 |
| 14 | MoO3 | <0.0001 | mass% | 0.0129 | 0.0387 | 0.116 |
| 15 | RuO2 | <0.0001 | mass% | 0.0010 | 0.0030 | 0.0089 |
| 16 | Ag2O | 0.0040 | mass% | 0.0003 | 0.0006 | 0.0019 |
| 17 | Ta2O5 | 0.293 | mass% | 0.0102 | 0.0217 | 0.0650 |
| 18 | WO3 | <0.0001 | mass% | 0.0081 | 0.0243 | 0.0729 |
| 19 | PtO2 | 0.0433 | mass% | 0.0017 | 0.0022 | 0.0065 |
| 20 | ThO2 | <0.0001 | mass% | 0.0024 | 0.0071 | 0.0212 |
| 21 | U3O8 | <0.0001 | mass% | 0.0020 | 0.0060 | 0.0179 |

Lampiran 7. Hasil AAS sampel standar

| No | Sample ID | Seq No. | El | Standar | Mean Sig (Absorbance) | Limit Detection from standard | Mean Samp | Std Dev | Samp Units |
|----|-------------|---------|----|---------|-----------------------|-------------------------------|-----------|---------|------------|
| 1 | Calib Blank | 2 | Ni | 0 | 0.0005 | | | 0.00030 | mg/L |
| 2 | std 1 | 3 | Ni | 0.5 | 0.0175 | 0.0014 | | 0.00010 | mg/L |
| 3 | std 2 | 4 | Ni | 1 | 0.0359 | 0.0014 | | 0.00020 | mg/L |
| 4 | std 3 | 5 | Ni | 2 | 0.0692 | 0.0014 | | 0.00030 | mg/L |
| 5 | std 4 | 6 | Ni | 3 | 0.1022 | 0.0014 | | 0.00060 | mg/L |
| 6 | std 5 | 7 | Ni | 5 | 0.1748 | 0.0014 | | 0.00070 | mg/L |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | 0924-1 | 8 | Ni | | 0.3446 | | 9.9303 | 0.00130 | mg/L |

Hasil AAS sampel setelah ekstraksi

| No | Sample ID | Seq No. | El | Standar | Mean Sig (Absorbance) | Limit Detection from standard | Mean Samp | Std Dev | Samp Units |
|----|-------------|---------|----|---------|-----------------------|-------------------------------|-----------|---------|------------|
| 1 | Calib Blank | 2 | Ni | 0 | 0.0003 | | | 0.00010 | mg/L |
| 2 | std 1 | 3 | Ni | 0.5 | 0.0227 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 3 | std 2 | 4 | Ni | 1 | 0.0418 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 4 | std 3 | 5 | Ni | 2 | 0.0820 | 0.0004 | | 0.00040 | mg/L |
| 5 | std 4 | 6 | Ni | 3 | 0.1186 | 0.0004 | | 0.00050 | mg/L |
| 6 | std 5 | 7 | Ni | 5 | 0.2095 | 0.0004 | | 0.00030 | mg/L |
| 7 | std 6 | 8 | Ni | 10 | 0.3311 | 0.0004 | | 0.00190 | mg/L |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | 0974-1 | 9 | Ni | | 0.3739 | 50x | 10.7855 | 0.00090 | mg/L |
| 10 | 0974-2 | 10 | Ni | | 0.3002 | 50x | 8.5883 | 0.00570 | mg/L |
| 11 | 0982-1 | 11 | Ni | | 0.2829 | 50x | 8.0726 | 0.00540 | mg/L |