

SKRIPSI

**STUDI BENEFISIASI TERMAL BIJIH SAPROLIT POMALAA,
SULAWESI TENGGARA MENGGUNAKAN REDUKTOR
ARANG TEMPURUNG KELAPA**

Disusun dan diajukan oleh:

**JAMES CHRISTOFORUS
D111 19 1014**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****STUDI BENEFISIASI TERMAL BIJIH SAPROLIT POMALAA
SULAWESI TENGGARA MENGGUNAKAN REDUKTOR
ARANG TEMPURUNG KELAPA**

Disusun dan diajukan oleh

JAMES CHRISTOFORUS
D111191014

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 3 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Sufriadin, S.T., M.T
NIP. 196608172000121001

Ketua Program Studi,

Dr. Aryanti Viranti Anas, S.T., M.T
NIP. 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

ii

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : James Christoforus
NIM : D111191014
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Studi Benefisiasi Termal Bijih Saprolit Pomalaa Sulawesi Tenggara
Menggunakan Reduktor Arang Tempurung Kelapa}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 3 November 2023

Yang Menyatakan



James Christoforus



ABSTRAK

STUDI BENEFISIASI TERMAL BIJIH SAPROLIT POMALAA SULAWESI TENGGARA MENGGUNAKAN REDUKTOR ARANG TEMPURUNG KELAPA (dibimbing oleh Sufriadin dan Akmal Saputno)

Berdasarkan pembentukannya, bijih nikel dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sulfida dan laterit. Salah satu pengolahan bijih nikel laterit adalah dengan menggunakan metode pirometalurgi. Metode pirometalurgi biasanya digunakan dalam metode ekstraksi yang melalui beberapa tahapan seperti *roasting* dan reduksi pada sampel bijih. Sampel penelitian di ambil dari Pomalaa, Kabupaten Kolaka yang bertempat di PT Antam Tbk UBPN Kolaka dan dilakukan percobaan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi kimia, mineral bijih saprolit dan menganalisis hasil pra-olahan bijih nikel laterit dengan menggunakan variabel reduktor. Proses pra-olahan dimulai dengan mereduksi ukuran sampel bijih saprolit hingga lolos ayakan 100 *mesh*. Proses reduksi selektif dilakukan pada suhu 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan waktu reduksi 1 jam dan penambahan arang tempurung kelapa sebesar 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai reduktor. Hasil reduksi kemudian ditimbang dan hasilnya dianalisis dengan metode XRD, XRF dan mikroskopis untuk mengetahui perubahan kadar Ni yang telah dikalsinasi. Hasil analisis mineralogi menggunakan metode XRD (*X-Ray Diffraction*) mengindikasikan sampel bijih saprolit dari Pomalaa, Kabupaten Kolaka tersusun oleh mineral *lizardite* [$Mg_3 Si_2 O_5(OH)_4$], *goethite* [$FeO (HO)_2$], *forsterite* [$Mg_2Si O_4$] dan *montmorillonite* [$Al_2H_2O_{12}Si_4$]. Hasil analisis kimia menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) menunjukkan komposisi kimia sampel awal terdiri dari; 45,19% SiO_2 , 24,30% MgO , 11,17% Fe dan 2,06% Ni . Pada percobaan semakin banyak penambahan reduktor pada campuran reduksi, peningkatan kadar Ni semakin turun. Kadar Ni tertinggi yang didapatkan yaitu dari 2,06% menjadi 2,11% dengan peningkatan kadar Ni sampai 2,62%. Nilai ini dicapai pada proses kalsinasi dengan suhu 1000°C dan penambahan reduktor arang tempurung kelapa 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reduksi, peningkatan kadar Ni semakin menurun.

Kata Kunci: Pra-olahan, nikel laterit, benefisiasi, bijih saprolit, reduktor.



ABSTRACT

STUDY OF THERMAL BENEFICIATION OF POMALAA SAPROLIT ORE, SOUTHEAST SULAWESI USING COCONUT SHELL CHARCOAL REDUCTOR (supervised by Sufriadin and Akmal Saputno)

Based on its formation, nickel ore can be classified into two, namely sulfide and laterite. One of the processing method of lateritic nickel ore is by using the pyrometallurgical method. Pyrometallurgical methods are usually used in extraction methods that go through several stages such as roasting and reduction of ore samples. The research sample was taken from Pomalaa, Kolaka Regency which is located at PT Antam Tbk UBPN Kolaka and was processed with the aim of knowing the chemical composition, mineral saprolite ore and analyzing the results of pre-processed laterite nickel ore using reducing agent variables and roasting temperature variables. The pre-processing process begins by reducing the size of the saprolite ore sample until it passes a 100 mesh sieve. The selective reduction process was carried out at 900°C, 1000°C and 1100°C with a reduction time of 1 hour and the addition of 10%, 15%, 20% and 25% coconut shell charcoal as a reducing agent. The reduction results were then weighed and the results were analyzed using XRD, XRF and microscopic methods to determine changes in the Ni levels that had been calcined. The results of mineralogical analysis using the XRD (X-Ray Diffraction) method indicated that the saprolite ore sample from Pomalaa, Kolaka Regency, was composed of the minerals lizardite [Mg₂SiO₄], goethite [FeO (OH)], forsterite [Mg₂Si O₄] and montmorillonite [Al₂ Si₄H₂O₁₂]. The results of chemical analysis using the XRF (X-Ray Fluorescence) method showed that the initial sample chemical composition consisted of; 45.19% SiO₂, 24.30% MgO, 11.17% Fe and 2.06% Ni. The results showed that as the reduction temperature increased, the Ni content decreased. However, as more reducing agent was added to the reduction mixture, the increase in Ni content also decreased.. The highest Ni content obtained was from 2.06% to 2.11% with an increase in Ni content to 2.62%. This value was achieved in the calcination process with a temperature of 1000°C and the addition of 10% coconut shell charcoal as a reducing agent.

Keywords: Pre-processed, nickel laterite, beneficiation, saprolite ore, reducing agents.



DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nikel.....	5
2.2 Pengolahan Bijih Nikel Laterit.....	7
2.3 Tahapan Pada Proses Pirometalurgi.....	13
2.4 Reduktor Arang Tempurung Kelapa.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Lokasi Penelitian	20
3.2 Benda Uji dan Alat.....	21
3.3 Variabel Penelitian	21
3.4 Pengolahan dan Analisis Data.....	22
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Karakterisasi Sampel Awal Bijih Saprolit.....	34
4.2 Analisis Setelah Proses Kalsinasi.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Distribusi Cadangan Nikel Dunia	6
Gambar 2 Opsi proses pengolahan bijih nikel laterit berdasarkan tipe bijih.	9
Gambar 3 Diagram alir proses pengolahan bijih nikel laterit	10
Gambar 4 ilustrasi proses peleburan.	15
Gambar 5 Ilustrasi proses pemurnian.....	16
Gambar 6 Lokasi penelitian	20
Gambar 7 Proses pencampuran.....	24
Gambar 8 Kuartering sampel	25
Gambar 9 Penggerusan sampel menggunakan <i>agate morta</i>	26
Gambar 10 Proses pengayakan sampel.....	27
Gambar 11 Analisis Mikroskop polarisasi.....	28
Gambar 12 Alat XRD.....	29
Gambar 13 Alat XRF	29
Gambar 14 <i>Muffle furnace</i> YAMATO FO 310.....	30
Gambar 15 Penimbangan sampel.....	31
Gambar 16 Proses benefisiasi	32
Gambar 17 Bagan alir penelitian.....	23
Gambar 18 Difaktogram sampel awal bijih saprolit	34
Gambar 19 Hasil pengamatan mikroskopis dengan pembesaran $100\mu m$	36
Gambar 20 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap kadar Ni dan Fe pada suhu $900^{\circ}C$	39
Gambar 21 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap nilai S/M pada suhu $900^{\circ}C$	40
Gambar 22 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap kadar Ni dan Fe pada suhu $1000^{\circ}C$	41
Gambar 23 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap nilai S/M pada suhu $1000^{\circ}C$	42
Gambar 24 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap kadar Ni dan Fe pada suhu $1100^{\circ}C$	43
Gambar 25 Grafik pengaruh penambahan reduktor terhadap nilai S/M pada suhu $1100^{\circ}C$	44
Gambar 26 Grafik pengaruh suhu pada penambahan reduktor 10% terhadap kadar Ni dan Fe	45
Gambar 27 Grafik pengaruh suhu pada penambahan reduktor 15% terhadap kadar Ni dan Fe	45
Gambar 28 Grafik pengaruh suhu pada penambahan reduktor 20% terhadap kadar Ni dan Fe	46
Gambar 29 Grafik pengaruh suhu pada penambahan reduktor 20% terhadap kadar Ni dan Fe	46
Gambar 30 Difaktogram sampel benefisiasi $1000^{\circ}C$ dengan reduktor 10%	48
Gambar 31 Kenampakan mikroskopis produk kalsinasi bijih saprolite dengan pembesaran $100\mu m$	49



DAFTAR TABEL

Table 1 Fasa mineral bijih saprolit.....	35
Table 2 Hasil analisis awal komposisi kimia bijih.....	37
Table 3 Tabel hasil benefisiasi suhu 900°C	39
Table 4 Tabel hasil benefisiasi suhu 1000°C	41
Table 5 Tabel hasil benefisiasi suhu 1100°C	43
Table 6 Mineral hasil benefisiasi pada suhu 1100 °C menggunakan reduktor arang tempurung kelapa.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis XRD	55
Lampiran 2 Hasil Analisis XRF	58



KATA PENGANTAR

Puji syukur dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “studi benefisiasi termal bijih saprolit pomalaa sulawesi tenggara menggunakan reduktor arang tempurung kelapa”. Skripsi ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Departemen Teknik Pertambangan.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya Penyusun sampaikan kepada Manager PT Antam Tbk UBPN Kolaka yang telah memperbolehkan saya mengambil sampel pada lokasi tersebut. Ucapan terimakasih juga saya ucapkan sebesar-besarnya kepada Dr. Sufriadin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama dan Akmal Saputno, S.T., M.T, serta kepada para teman-teman yang telah banyak memberikan bimbingan baik itu secara teknis maupun *non*-teknis, sehingga skripsi ini dapat penyusun selesaikan tepat pada waktu yang telah ditentukan. Penyusun berharap kiranya dengan adanya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Penyusun menyadari banyaknya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu Penyusun sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun dari para pembaca untuk melengkapi segala kekurangan serta kesalahan yang terdapat pada skripsi ini untuk mencapai kesempurnaan dan tercapainya sasaran yang diharapkan pada pembuatan laporan selanjutnya.

Gowa, Oktober 2023

Penyusun



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel merupakan logam yang penting dan mempunyai banyak kegunaan. Penggunaan nikel sangat beragam, baik nikel primer (produk nikel yang berasal dari pemrosesan bijih nikel), nikel sekunder (produk nikel yang berasal dari pemrosesan nikel primer). Sebanyak 48% nikel primer di produksi baja tahan karat (*stainless steel*) dan baja paduan, 39% digunakan untuk produksi paduan *non* logam (*nonferrous alloy*) dan *superalloy* dan 10% untuk elektroplating. Sedangkan untuk nikel sekunder, 30% digunakan untuk transportasi, 14% digunakan untuk produksi produk-produk metal, 12% untuk peralatan elektronik, 10% digunakan pada industri petroleum, dan masing-masing 8% digunakan pada industri kimia, konstruksi, peralatan rumah tangga dan industri mesin (Kuch & Nickel, 2013)

Berdasarkan pembentukannya, bijih nikel diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sulfida dan laterit. Jenis sulfida terbentuk ribuan meter dibawah permukaan bumi yang terjadi akibat reaksi sulfur dengan batuan yang mengandung nikel. Jenis laterit terbentuk dalam waktu yang lama yang dimana merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung nikel dan menghasilkan nikel yang terdeposit lagi pada pembentukan oksida atau silikat (Kirk-Othmer, 1998). Sekitar 70% cadangan bijih nikel dunia adalah laterit dan 30% adalah sulfida, sedangkan produksi nikel dunia sebesar 60% berasal dari sulfida dan sisanya berasal dari laterit (Dalvi & Osborne. 2004). Bijih nikel laterit yang mempunyai cadangan lebih banyak, perlu dimanfaatkan secara maksimal, karena cadangan bijih nikel sulfida yang digunakan sebagai bahan baku terus menurun secara signifikan (Norgate & Jahanshahi, 2011).

Cadangan bijih nikel yang ditambang saat ini untuk menghasilkan logam nikel adalah bijih nikel jenis sulfida dan laterit. Jumlah cadangan nikel sulfida saat ini terus berkurang sehingga beberapa produsen nikel mengalihkan perhatiannya ke bijih laterit untuk digunakan sebagai bahan baku nikel. Tidak seperti bijih sulfida,

tit tidak mudah untuk ditingkatkan kadar nikelnya dengan teknologi yang saat ini sehingga berbagai upaya penelitian terus dilakukan untuk dapat tikan kadar nikel dalam laterit (Subagja, 2016).



Pengolahan sumber daya hendaknya dapat dilakukan secara baik dan benar (*good mining practice*) dengan melakukan konservasi dan memberikan nilai tambah melalui benefisiasi mineral agar nilai sumber daya dapat berlipat ganda (Agustinus, 2019). Benefisiasi merupakan salah satu proses yang dimana digunakan untuk meningkatkan (manfaat) Nilai ekonomi bijih yang telah dilakukan penambangan. Menghilangkan bahan yang tidak berharga, dan menghasilkan nilai produk yang lebih tinggi (ST Peralatan & teknologi 2013). Benefisiasi bukan hanya menghilangkan akan tetapi juga mengumpulkan semua bahan berguna yang dipisahkan, untuk menyediakan dengan berbagai nilai produk (Agustinus, 2019).

Metode pirometalurgi adalah salah satu metode yang digunakan dalam ekstraksi bijih nikel laterit. Metode ini digunakan dalam mengekstraksi bijih nikel yang terdiri dari *Rotary kiln-electric furnace (RKEF)* dan menghasilkan *nickel matte* dan feronikel dalam peleburan reduksi (Warner, et al., 2006). Metode pirometalurgi sebagian besar cocok untuk laterit saprolitik dan laterit garnierit dengan kandungan nikel tinggi (Setiawan, 2016). Pada proses pengolahan bijih nikel laterit, kokas dan agen reduktor lain diperlukan sebagai bahan utama sumber karbon untuk mengurangi oksida pada besi dan nikel dalam laterit. Salah satu alternatif untuk mengganti ketergantungan reduktor konvensional yang banyak mengandung sulfur maka diperlukan jenis bahan lain yang rendah sulfur. Arang tempurung kelapa dibentuk serbuk (*powder*) untuk meningkatkan efektifitas pengkarbonan. Penggunaan arang tempurung kelapa dalam percobaan ini merupakan pilihan diantara sumber karbon lainnya.

Penurunan cadangan nikel kadar tinggi menyebabkan penggunaan bijih nikel kadar rendah, khususnya yang mengandung Ni kurang dari 2% mulai diperhatikan karena berpotensi menjadi bahan baku produksi nikel di masa depan (Lee, et al., 2005). Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk mengetahui pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada saat percobaan peningkatan kadar bijih nikel saprolite dengan menggunakan metode reduksi selektif.



umusan Masalah

masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
agaimana komposisi mineralogi dan kimia dari sampel bijih saprolit.

2. Bagaimana pengaruh suhu pemanggangan terhadap peningkatan kadar Ni pada bijih saprolit.
3. Bagaimana pengaruh reduktor arang tempurung kelapa terhadap peningkatan kadar bijih saprolit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komposisi mineral dan kimia dari sampel bijih saprolit.
2. Menganalisis pengaruh suhu pemanggangan terhadap peningkatan kadar Ni bijih saprolit.
3. Menganalisis pengaruh penambahan reduktor arang tempurung kelapa terhadap peningkatan kadar Ni bijih saprolit.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan diharapkan menambah wawasan mengenai metode benefisiasi bijih nikel laterit khususnya bijih nikel kadar rendah. Benefisiasi bijih nikel laterit merupakan proses peningkatan kadar bijih nikel laterit dalam hal ini yaitu nikel bijih saprolit. Peningkatan kadar nikel saprolit bertujuan agar sebagian besar cadangan nikel saprolit yang ada dapat dimanfaatkan dengan maksimal.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian dilakukan di *Laboratory Based Education* (LBE) Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Galian Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Penelitian dilakukan untuk melakukan percobaan benefisiasi bijih nikel laterit zona saprolit yang di ambil pada lokasi penambangan PT Antam Tbk UBPN Kolaka dengan menggunakan reduktor arang tempurung kelapa. Penelitian ini melibatkan pengambilan sampel pada lokasi penambangan sebelum dilakukannya benefisiasi. Benefisiasi akan dilakukan setelah sampel telah melewati tahapan *blending* dan preparasi sampel hingga menjadi ukuran 100 *mesh*. Proses ilakukannya preparasi adalah pemanggangan dengan suhu 900°C, 1000, untuk mengetahui pada suhu berapa kadar nikel akan mengalami tan. Proses benefisiasi membutuhkan waktu selama 1 jam dengan



penambahan jumlah reduktor 10%, 15%, 20% dan 25% dari jumlah sampel yang digunakan. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 15gr setiap sampel. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroskop polarisasi tipe Nikon Eclipse LV100N POL untuk analisis mikroskopis, Shimadzu Maxima X- 7000 untuk analisis XRD, dan epsilon4 Panalytical untuk melakukan analisis XRF.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel

Nikel merupakan salah satu unsur kimia yang termasuk ke dalam logam transisi, memiliki warna yang putih keperakan dengan rona emas, kuat dan mudah dibentuk. Nikel dapat ditempa dalam bentuknya yang murni, tetapi ketika dicampur dengan besi, kromium, dan logam lainnya, ia menjadi baja tahan karat yang mengeras. Sekitar 70-80% nikel terdapat pada batuan laterit yang tersebar di daerah tropis dan subtropis seperti Indonesia, Kaledonia Baru, Australia, Kuba, dan Filipina (Kyle, 2010).

Laterit terbentuk akibat pelapukan kimia batuan yang berlangsung cukup lama pada iklim basah atau lembab pada suhu yang cukup tinggi. Nikel-terit merupakan hasil laterisasi batuan ultramafik dengan konsentrasi besi dan magnesium yang tinggi, yang terjadi pada permukaan tanah yang relatif dangkal, pada kedalaman sekitar 6-15 meter, namun dapat mencapai kedalaman 60 meter di bawah permukaan. Bijih nikel laterit membutuhkan waktu lebih dari satu juta tahun untuk terbentuk (Kose, 2010).

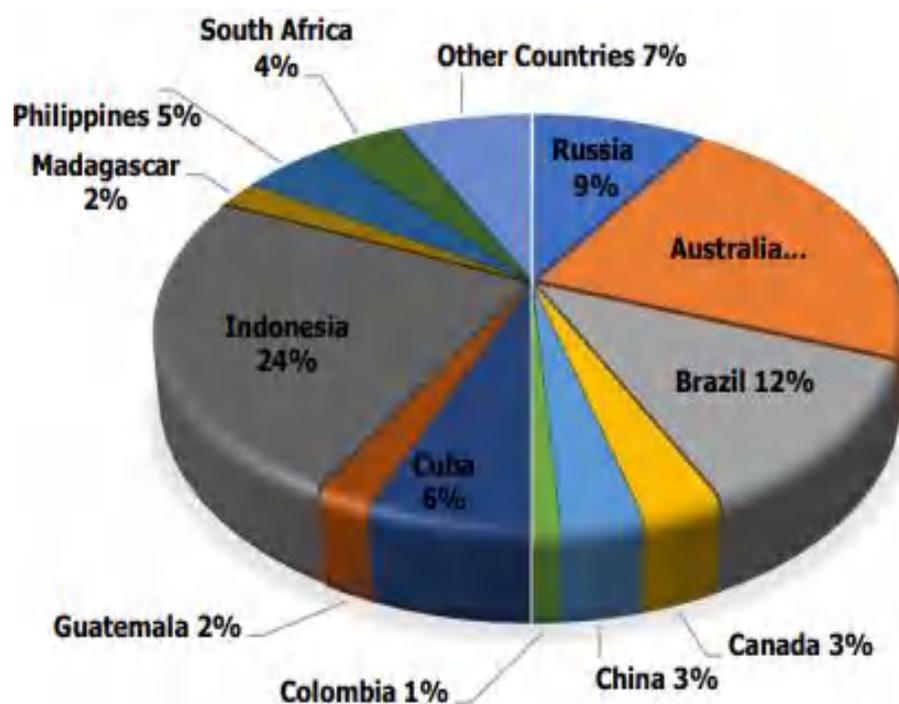
Nikel laterit merupakan produk lateritisasi batuan kaya Mg atau ultrabasa dengan kandungan Ni primer 0,2-0,4% (Golightly, 1981). Batuan ultrabasa ini mengandung mineral seperti olivin, piroksen dan amfibol (Rajesh, 2004). Nikel terite biasanya terdapat di daerah tropis akibat iklim yang mendukung pelapukan, selain topografi drainase, gaya tektonik, batuan induk, dan struktur geologi (Elias, 2001).

Endapan nikel di dunia dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu bijih belerang dan bijih laterit (oksida dan silikat). Hingga 72% dari cadangan nikel dunia adalah jenis laterit nikel, dan sekitar 42% dari cadangan dunia saat ini baru saja diproduksi. Meskipun 72% tambang nikel berbasis bijih laterit, 60% produksi nikel berasal dari bijih sulfida. Bijih nikel laterit sangat melimpah di belahan dunia dengan iklim tropis atau subtropis, terdiri dari proses pelapukan pada batuan



ultrabasa yang menghasilkan pengayaan unsur Ni, Fe, Co, dan Mn secara residual dan sekunder (Yildirim et al., 2012)

Nikel sulfida dan nikel laterit merupakan salah satu nikel yang telah banyak digunakan sebagai bahan baku dalam proses produksi logam nikel di seluruh dunia. Namun seiring berjalannya waktu, jumlah cadangan bijih nikel sulfida mulai berkurang, sehingga perhatian industri penghasil nikel beralih ke pengolahan bijih nikel laterit sebagai bahan baku dalam proses produksi nikel. Pengolahan bijih nikel laterit untuk meningkatkan kualitasnya lebih sulit dibandingkan bijih nikel sulfida, sehingga banyak penelitian yang mencoba meningkatkan kualitas bijih nikel laterit (Setiawan, 2016).



Gambar 1. Distribusi Cadangan Nikel Dunia (Mcrae, 2019)

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak menyimpan bijih nikel laterit. Jumlah dari endapan bijih nikel laterit yang berada di Indonesia tersebar di beberapa daerah yang berada di Indonesia seperti Sulawesi Tenggara Sulawesi

Papua dan Maluku (Setiawan, 2016). Potensi jumlah cadangan bijih nikel besar di Indonesia sebesar 2,1 miliar ton atau sekitar 24 dari cadangan nikel baran cadangan nikel dunia dapat dilihat pada Gambar 1. Bijih nikel laterit umumnya terdapat di daerah yang memiliki iklim tropis atau subtropis yang



terdiri dari batuan ultramafik yang merupakan hasil pelapukan yang kaya akan besi dan magnesium. Endapan ini biasanya memiliki lapisan yang berbeda akibat pelapukan.

Lapisan yang pertama merupakan salah satu lapisan yang memiliki kandungan kaya dengan silika dan pada lapisan yang kedua merupakan lapisan limonit yang biasanya didominasi oleh gondok ($\text{FeO}(\text{OH})$) dan hematit (Fe_2O_3). Lapisan selanjutnya adalah saprolit ($(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), yaitu lapisan yang kaya akan magnesium dan rudimentary. Pada lapisan saprolit dan juga pada lapisan limonit biasanya terdapat zona transisi kaya magnesium besi (10- 20 Mg) yang disebut serpentin ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$). Pada endapan laterit yang ideal, lapisan limonit tidak cocok untuk perbaikan kadar, sedangkan penambahan kadar saprolit juga terbatas pada peningkatan konsentrasi nikel (Astuti et al, 2012). Profil kedalaman bijih laterit biasanya 6- 15 meter dari permukaan. Di beberapa tempat, kedalaman profil bisa mencapai 60 meter di bawah permukaan. Kebutuhan bijih laterit meningkat seiring dengan kenaikan harga nikel dan penurunan cadangan bijih sulfida (Astuti et al, 2012).

2.2 Pengolahan Bijih Nikel Laterit.

Endapan nikel laterit yang berada di Indonesia untuk zona saprolit memiliki jumlah yang lebih banyak dibanding dengan pada zona limonit, hal ini berdasarkan pengalaman dari hasil eksplorasi di Sulawesi Tenggara. Sedangkan di Maluku Utara sebaliknya, endapan zona limonit lebih banyak ditemukan dari pada endapan pada zona saprolit. Pada umumnya, untuk untuk mengolah nikel laterit digunakan jalur proses hidrometalurgi untuk laterit kadar rendah atau nikel jenis limonit, dan jalur proses pirometalurgi untuk laterit kadar tinggi seperti saprolit (Prasetyo & Ronald, 2011).

Pengolahan bijih nikel laterit adalah proses untuk mengubah bijih nikel laterit menjadi konsentrat nikel dengan kadar nikel yang tinggi. Penggunaan bijih nikel laterit dalam produksi nikel masih terbatas dilakukan, karena bijih nikel laterit kadar nikel yang relatif rendah. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan untuk meningkatkan kadar nikel yang dapat diekstraksi (Rao dkk., 2016). proses metalurgi digunakan untuk memperoleh logam nikel. Proses



pengolahan metalurgi dari nikel dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pirometalurgi (melibatkan pemanasan) dan hidrometalurgi (melibatkan pelarutan). Hasil dari pirometalurgi berupa ferronikel (Fe-Ni) dan Nikel Pig Iron (NPI) sedangkan hidrometalurgi secara *majority* menghasilkan Ni dan Co (Rodrigues, 2013). Pemilihan metode yang akan digunakan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kandungan nikel dalam bijih, batasan dalam peningkatan kadar nikel, kerumitan teknologi pengolahan, kondisi geografis, serta kebutuhan infrastruktur seperti pembangkit listrik, pelabuhan, jalan jaringan, dan fasilitas pengolahan *slag* (Rodrigues, 2013).

Pengolahan bijih nikel laterit untuk mendapatkan logam nikel dapat dilakukan melalui dua proses ekstraksi yaitu proses hidrometalurgi dan pirometalurgi. Proses hidrometalurgi cocok digunakan untuk mengolah bijih limonit sedangkan proses pirometalurgi cocok untuk mengolah bijih saprolit dikarenakan komposisi mineral dan kimia zona saprolit lebih heterogen dibandingkan dengan zona limonit sehingga memerlukan pengolahan yang fleksibel. Selain itu kandungan Mg yang tinggi pada zona saprolit mengakibatkan konsumsi asam yang tinggi jika menggunakan proses hidrometalurgi (Pournaderi, et al., 2014).

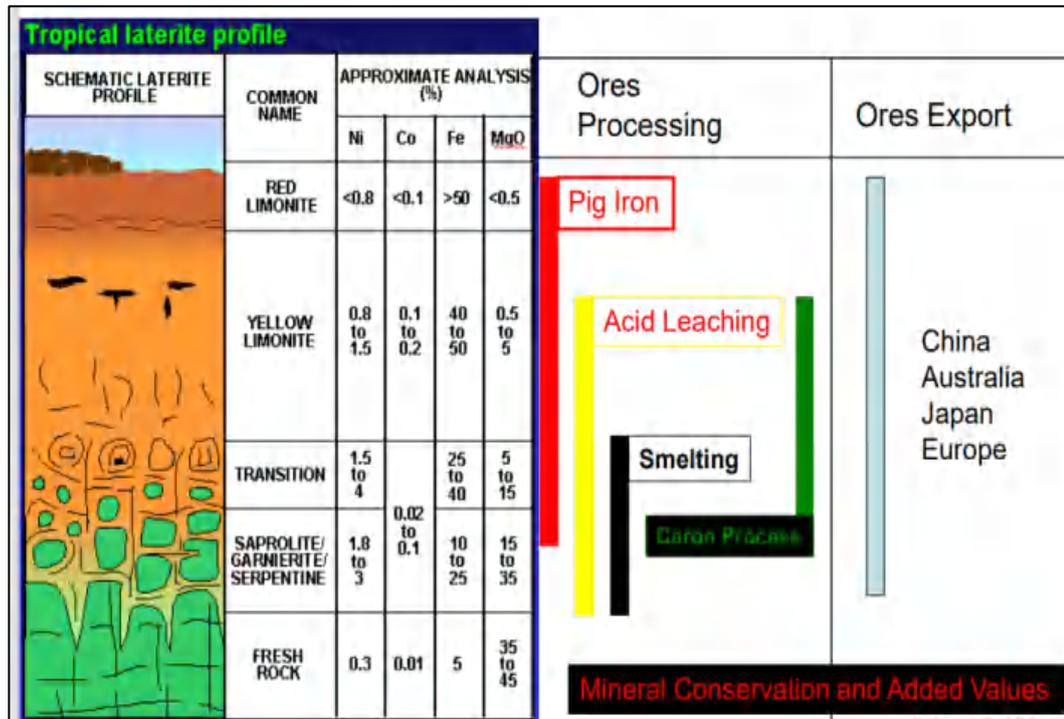
Pengolahan bijih nikel dengan kadaryang tinggi akan diproses melalui proses dengan menggunakan temperatur tinggi (pirometalurgi), sedangkan proses ekstraksi nikel dari bijih nikel laterit yang memiliki kadar rendah pada umumnya akan dilakukan dengan cara hidrometalurgi, karena apabila diolah dengan menggunakan proses pirometalurgi, dinilai akan tidak ekonomis dan nikel yang dihasilkan juga akan memiliki grade yang rendah (Solihin, dkk, 2014).

Pemilihan jalur proses yang akan digunakan untuk proses pengolahan dipengaruhi oleh karakteristik mineral ataupun komposisi kimia dari endapan nikel laterit tersebut. Proses hidrometalurgi dapat mengolah bijih nikel laterit dari zona limonit dengan kadar Ni dibawah 1,5%, Co dibawah 0.2%, Fe diatas 40%, dan MgO dibawah 5%. Proses pirometalurgi dapat mengolah bijih nikel laterit dari zona



lengan kadar Ni 1,5%-2%, Co 0,02%- 0.1%, Fe 25%-40%, dan MgO 5%-15% dan zona saprolit dengan kadar Ni 1,8%-3%, Co 0,02% -0.1%, 35%, dan MgO 15%-35%. Gabungan proses antara hidrometalurgi dan

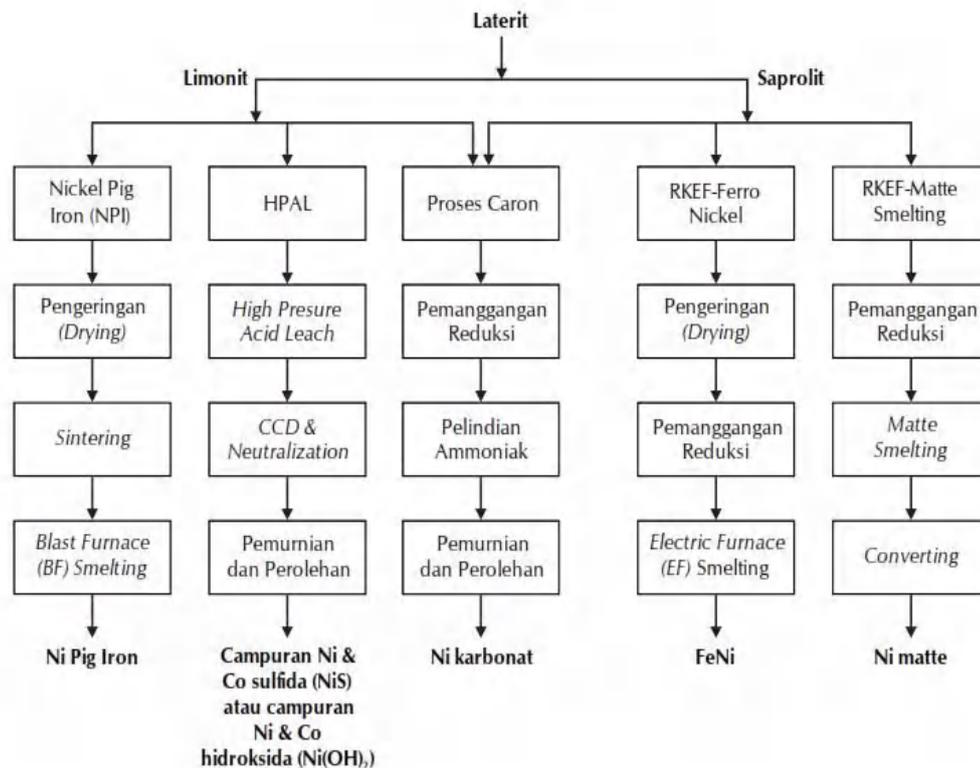
hidrometalurgi dapat mengolah bijih nikel laterit dari zona limonit dan saprolit (Brand et al., 1998).



Gambar 2 Opsi proses pengolahan bijih nikel laterit berdasarkan tipe bijih (Butt, 2007).

Proses yang akan digunakan akan dipilih dan juga ditentukan dari kandungan pada bijih, peningkatan pada kandungan yang terbatas, teknologi dari pengolahan yang kompleks, kondisi dari geografis, juga memperhatikan kebutuhan dari infrastruktur contohnya seperti pembangkit listrik, pelabuhan, dan juga fasilitas pengolahan slag . Proses dari pengolahan sendiri secara pirometalurgi pada umumnya hanya dapat digunakan untuk menghasilkan nikel yang memiliki kadar 1,50%, sedangkan rata-rata pada kadar nikel laterit di dunia sekitar 1,45% sehingga dalam proses pengolahan pirometalurgi secara konvensional menjadi sangat tidak efektif (Mayangsari dkk, 2016). Proses pengolahan nikel laterit dengan cara hidrometalurgi dengan ammonia leaching atau HPL (*high pressure leaching*) dengan menggunakan asam sulfat pada awalnya dianggap sangat efektif dalam proses peningkatan kadar Ni. Namun menurut penelitian lebih lanjut, proses juga dapat menimbulkan masalah lingkungan dan juga kesehatan serta meningkatkan biaya produksi (Mayangsari dkk, 2016). . Diagram pengolahan rit diperlihatkan pada Gambar 4.





Gambar 3 Diagram alir proses pengolahan bijih nikel laterit (Rodrigues, 2013)

2.2.1 Pirometalurgi

Metode ekstraksi yang biasanya digunakan dalam pirometalurgi melalui beberapa tahapan seperti: *roasting*, reduksi *metallothermic* dan reduksi pada bijih sulfida. Proses pemilahan yang pada umumnya biasa digunakan tergantung dari komposisi bijih atau konsentrat dan termodinamika, kinetik, kendala pada lingkungan yang terkait dengan setiap tahapan. Produksi feronikel dari bijih laterit memerlukan energi tinggi, karena bijih laterit atau bijih pra-reduksi umumnya langsung dilebur untuk menghasilkan sejumlah kecil produk feronikel dan sejumlah besar slag serta FeNi smelter yang biasa beroperasi pada suhu sekitar 1350-1400°C (Setiawan, 2016).

Kelebihan dari metode ekstraksi pirometalurgi yaitu: prosesnya sederhana dan terbukti dengan baik, dapat menangani bijih magnesium tinggi (yang umumnya mengandung konsentrasi nikel tinggi), pemulihan nikel tinggi (90%), residu < granular dan mudah dibuang, serta reagen umumnya tidak mahal dan (Kyle, 2010). Kekurangan dari metode ekstraksi pirometalurgi yaitu: biaya tinggi, penggunaan energi tinggi dan ekonomi proyek sangat sensitif



terhadap biaya listrik, hanya dapat menangani bijih magnesium tinggi - pencampuran yang diperlukan untuk menjaga rasio $\text{SiO}_2 / \text{MgO}$, serta kobalt tidak ditemukan sebagai produk terpisah (Kyle, 2010). Beberapa proses pirometalurgi yang biasanya dilakukan:

1. *Rotary Kiln Electric Furnace* (RKEF)

Proses RKEF pada biasanya digunakan untuk menghasilkan nikel-*matte* dan feronikel. Proses ini diawali dengan pengeringan kandungan moisture hingga 45% melalui proses *pretreatment*. Proses ini, bijih laterit akan dilakukan proses pengeringandengan menggunakan *rotary dryer* dengan menggunakan temperatur 250°C agar kandungan *moisture*nya dapat mecapai 15-20%. Produk yang dihasilkan dari *rotary dryer* akan dilanjutkan dengan melakukan kalsinasi (prereduksi) dengan menggunakan *rotary kiln* dengan temperatur $800-900^\circ\text{C}$. Reduksi yang berlangsung di *rotary kiln* meliputi proses evaporasi dari air, disosiasi dari mineral-mineral pada temperatur 700°C menjadi oksida-oksida dan uap air, reduksi dari nikel oksida dan besi oksida gas reduktor pada temperatur sekitar 800°C . Hasil proses kalsinasi kemudian dilebur di dalam *electric furnace* pada temperatur $1500-1600^\circ\text{C}$ menghasilkan feronikel. Pada *electric furnace* ini sendiri akan terjadi proses pemisahan yang dimana terjadi antara feronikel dari terak silika-magnesia, pada proses juga akan terjadi besi oksida kalsin dan reduksi nikel oksida yang akan menjadi nikel logam, proses pelelehan dan pelarutan yang terjadi pada nikel dalam feronikel. Proses ini digunakan pada industri pirometalurgi nikel saat ini karena proses yang dilalui lebih sederhana dan juga dapat diguakan pada bijih dari berbagai lokasi. Walaupun pada dasarnya konsumsi energi yang digunakan sangat tinggi dan hanya lebih rendah dari proses Caron (Setiawan, 2016).

2.2.2 Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan salah satu proses yang pada umumnya dapat digunakan dalam pengolahan atau ekstraksi logam yang berharga dari bijih dengan



akan media cair atau larutan pada kondisi atmosferik atau bertekanan. ung terjadi pada proses hidrometalurgi dapat menjawab tantangan dalam manfaatan bijih nikel laterit yang dimana memiliki kadar rendah seperti

limonit. Dalam proses ini, terdapat tiga metode yang pada umumnya digunakan yaitu *atmospheric leaching*, *heap leaching* dan *high pressure acid leaching* (HPAL) (Arif, 2018).

1. *Atmospheric Leaching* (AL)

Atmospheric leaching (AL) merupakan salah satu proses yang mengekstraksi suatu bahan yang dapat larut dari padatan dengan menggunakan pelarut pada tekanan atmosfer. Proses kimia dari AL dengan pencucian asam bersuhu rendah umumnya dibawah 100°C dan tekanan rendah diprediksi dapat dikembangkan dimasa depan. *Atmospheric leaching* pada suhu yang lebih rendah dan kondisinya pada tekanan atmosfer menghindari kebutuhan autoclave pada HPAL yang mahal. Namun, ada dua masalah utama pada penggunaan *atmospheric leaching* yaitu kinetika ekstraksi nikel yang lambat dan kemudahan dalam memisahkan logam pada proses selanjutnya misalnya, ekstraksi nikel dengan metode *atmospheric leaching* cenderung mengandung konsentrasi yang signifikan dari besi dan aluminium yang larut (McDonald and Whittington, 2008).

2. *High Pressure Acid Leaching* (HPAL)

Proses *High Pressure Acid Leaching* adalah salah satu proses ekstraksi yang pada awalnya dikembangkan oleh Sheritt Gordon Canada agar dapat mengolah limonit murni yang jumlahnya yang banyak di Pinares de Mayari Cuba. HPAL merupakan proses metode ekstraksi hidrometalurgi yang sudah dapat digunakan secara komersial. Biaya pembangunan HPAL dan proses caron sama-sama mahal tapi memiliki tingkat perolehan yang berbeda dimana HPAL memiliki perolehan nikel (Ni>90%) dan kobal (Co>90%) sedangkan proses caron memiliki perolehan nikel (Ni:70%-80%) dan kobal (Co±50%) (Prasetyo dan Ronald, 2011). Teknologi HPAL dapat mengolah bijih nikel laterit kadar rendah, selain itu teknologi HPAL dapat mengolah bijih dengan berbagai kandungan mineral yang terkandung dalam bijih laterit dengan berbagai macam mineral yang beragam. Namun, HPAL

emerlukan energi tambahan untuk pemanasan material bijih jika pemanasan memanfaatkan uap dari autoclave tidak memadai. Disisi lain, penggunaan asam dapat menyebabkan korosi pada mesin dan pabrik.



3. *Heap Leaching*

Heap leaching merupakan salah satu proses yang biasanya digunakan agar dapat mengolah tembaga, emas, uranium dan digunakan dalam berbagai tingkatan oleh perusahaan seperti Glencore (Minara), Vale, BHPB dan Xstrata untuk mengolah nikel laterit. Proses *heap leaching* berpotensi menjadi proses pengolahan nikel laterit dengan modal terendah dan paling ramah lingkungan (Oxley and Barcza, 2013). Pada proses *heap leaching*, bijih ditumpuk di atas lapisan yang tak tembus seperti plastik atau aspal dan disemprot dengan larutan asam dari atas. Asam akan masuk ke dalam tumpukan (*heap*) dan melindi logam-logam yang terkandung dalam bijih, sehingga terbentuk larutan yang kaya akan logam. Larutan yang kaya akan logam tersebut, dikumpulkan pada bagian bawah tumpukan bijih selanjutnya dipompa dan diproses lebih lanjut secara kimiawi (Arif, 2018). Proses pelindian menggunakan asam, bergantung pada permeabilitas tumpukan bijih. Jika permeabilitasnya sangat kecil, larutan asam tidak dapat meresap ke dalam yang mengakibatkan pelindian tidak dapat terjadi. Untuk menghindari hal tersebut, umumnya bijih terlebih dahulu diaglomerasi. Proses aglomerasi yaitu proses dimana mengubah bijih menjadi berbentuk pellet kemudian ditambahkan asam dan air. Proses pelindian dilakukan pada suhu kamar dan berlangsung selama berbulan-bulan yaitu sekitar 3 – 12 bulan. Proses dari *heap leaching* sendiri tidak memerlukan proses pemisahan padatan seperti pada proses PAL dan AL. Perolehan dari proses *heap leaching* ini sendiri tidak sebesar perolehan pada proses HPAL dan AL, sebab perolehan dan selektivitas proses ini terhadap besi sangat bergantung pada tipe bijih, dan khususnya komposisi mineral yang terkandung dalam bijih (Arif, 2018).

2.3 Tahapan Pada Proses Pirometalurgi



Proses pirometalurgi (*smelting/peleburan*) merupakan salah satu proses yang digunakan untuk memisahkan logam dari bijihnya dengan cara menggunakan suhu yang sangat tinggi hingga mencapai ratusan derajat Celsius. Proses ini sangat cocok digunakan untuk pengolahan mineral yang

memiliki kadar tinggi dan telah banyak digunakan oleh beberapa perusahaan dalam memproduksi logam, salah satunya adalah nikel. Tahapan-tahapan dalam proses pirometalurgi yaitu: pengeringan, kalsinasi, peleburan dan pemurnian. (Taruminkeng, 2016).

Proses pirometalurgi, yang dikenal sebagai peleburan (*smelting*), melibatkan penggunaan suhu tinggi, di mana panasnya berasal dari tungku berbahan bakar batubara menggunakan kokas sebagai bahan bakar. Selain berfungsi sebagai bahan bakar, batubara juga berperan sebagai agen pereduksi selama proses peleburan. Metode ini paling cocok untuk mengolah nikel laterit jenis saprolit dengan kandungan nikel tinggi (>2%). Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan *feronickel*, *nickel matte*, atau *nickel pig iron* (Kyle, 2010).

Tahapan pirometalurgi dapat dibagi menjadi empat tahapan yaitu sebagai berikut: (Taruminkeng, 2016).

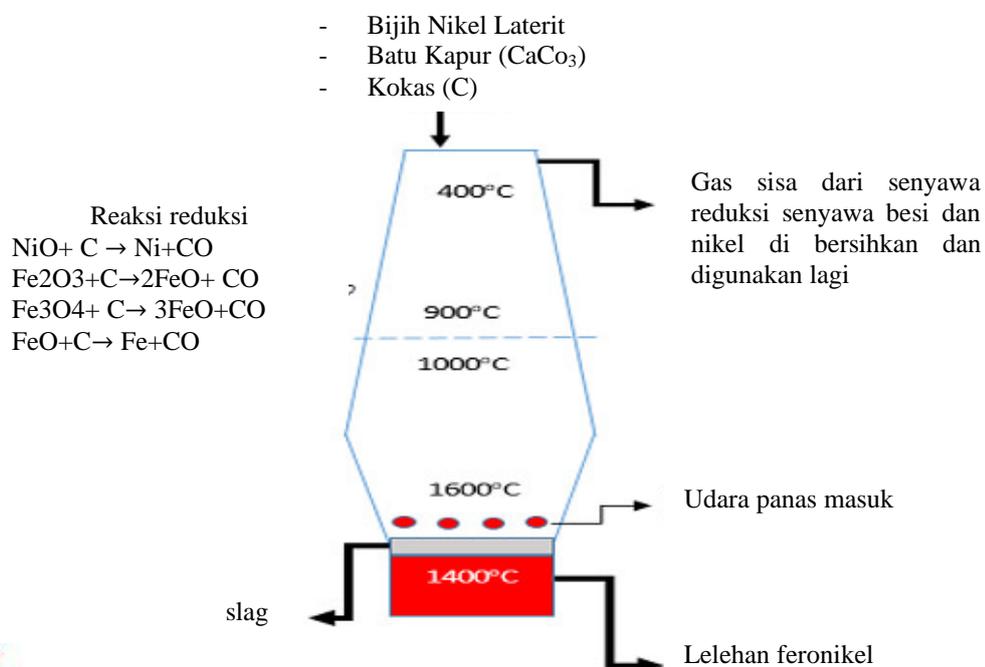
1. Proses pengeringan yaitu proses penghilangan kandungan air atau moisture dari bijih nikel menggunakan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Dalam tahapan ini, tidak ada aspek termodinamika yang ditinjau karena proses ini hanya melakukan penguapan sebagian kandungan air dalam bijih tanpa adanya reaksi kimia (Taruminkeng, 2016). Pada tahap ini dilakukan pemanggangan terhadap batuan (bijih), yang dimaksudkan untuk menghilangkan kandungan air (*Drying*). Kandungan air yang terdapat dalam batuan laterit direduksi pada suhu sekitar 150°C. Kandungan air pada nikel laterit bervariasi, sekitar 30%-45%. Dalam proses ini kandungan air pada nikel laterit dikontrol sekitar 15%-20% untuk mengurangi timbulnya debu yang berlebihan pada proses pengeringan dan proses-proses selanjutnya.
2. Kalsinasi adalah proses perlakuan panas padatan dengan memanaskan bahan pada suhu yang sangat tinggi. Biasanya dilakukan dengan adanya udara atau gas nitrogen. Tindakan ini memulai tolakan dari beberapa bahan yang mudah menguap seperti air, bahan organik, dan karbon dioksida dari sampel tanpa fusi apapun. Kadang-kadang kalsinasi digunakan untuk mengubah sifat kokimia atau konstitusi bahan (mengubah fase atau mengubah logam uk oksida logam). Suhu kalsinasi adalah parameter penting dalam sintesis



fotokatalis dan dapat memainkan peran penting dalam mengendalikan sifat fisikokimia dan aktivitas fotokatalitik (Klacanska, 2017).

Proses kalsinasi yaitu proses penghilangan air, karbon dioksida atau gas lain yang mempunyai ikatan kimia dengan bijih, sebagai contoh hidrat atau karbonat (Sutawiratmaja.2009). Proses ini dilakukan di dalam tanur putar (*rotary kiln*). Proses ini dilakukan pada temperatur tinggi namun bijih itu tidak mengalami leleh. Pada tahapan ini terjadi proses pra-reduksi yang bertujuan menghilangkan ikatan oksigen dari bijih laterit dengan menggunakan gas sebagai reduktornya. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengolahan ini berupa reaksi padatan dan gas. Reduksinya terdiri dari reduksi nikel oksida dan reduksi besi oksida (Sutawiratmaja.2009).

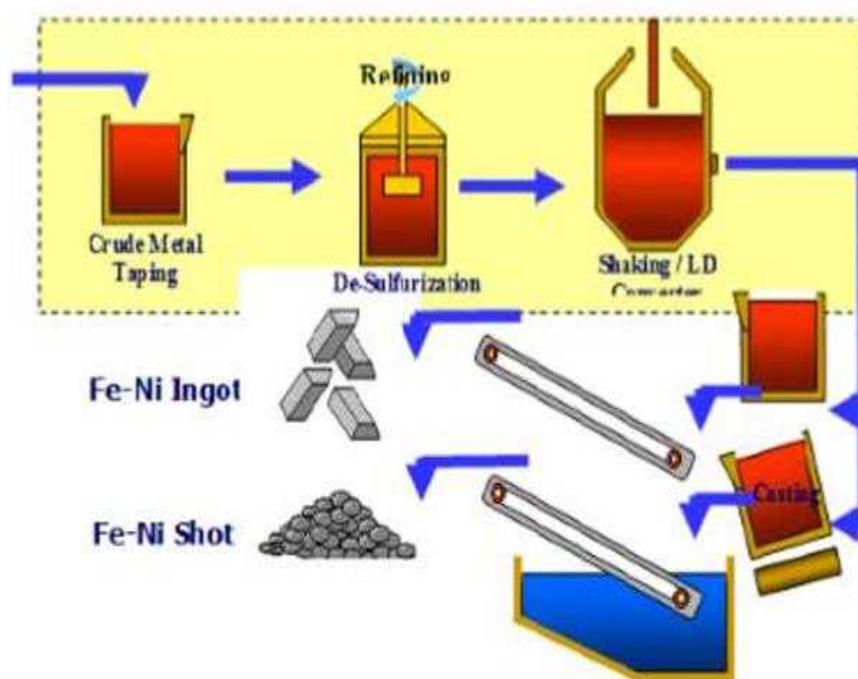
3. Proses peleburan merupakan salah satu proses inti dari proses pengolahan nikel melalui pirometalurgi. Proses ini memiliki tujuan untuk memisahkan lelehan logam dengan slag. Lelehan logam dan slag akan terpisah berdasarkan berat jenisnya. Proses peleburan adalah proses reduksi lanjutan dari proses pra-reduksi di tanur putar. Gambar 4 dapat memperlihatkan bagaimana proses peleburan terjadi di dalam tungku pemanas (Tarumingkeng. 2016).



Gambar 4 ilustrasi proses peleburan (Tarumingkeng. 2016).



4. Proses pemurnian merupakan salah satu proses yang digunakan untuk menaikkan kadar dari suatu logam. Proses yang penting dalam tahapan pemurnian adalah penghilangan pengotor karbon, silikon, fosfor, sulfur dan terkadang juga dapat penghilangan oksigen terlarut. Pada kasus ini, yang ditinjau hanya proses penghilangan pengotor sulfur atau dikenal dengan istilah desulfurasi. Pada proses desulfurasi ini, yang berperan sebagai agen desulfurasi adalah CaC_2 . Gambar 5 memperlihatkan ilustrasi proses pemurnian (Tarumingkeng, 2016).



Gambar 5 Ilustrasi proses pemurnian

2.4 Reduktor Arang Tempurung Kelapa

Reduktor pada umumnya yang biasa digunakan adalah kokas, batubara dan gas. Proses reduksi dengan menggunakan *blast furnace* (BF) merupakan salah satu teknologi yang dominan untuk memproduksi bahan baku dalam proses pembuatan logam cair dari bahan baku bijih menggunakan kokas sebagai reduktor. Menurut Suonaiärvä dan Fabritius, biomassa dapat digunakan sebagai agen reduktor sebagai

aku dalam menggantikan *cooking coal* dalam *blast furnace*, untuk tikan injeksi bubuk batubara dari *tuyeres*, untuk menggantikan karbon



fosil di briket, menggantikan kokas pada sintering dan mengganti karbon fosil pada reduksi pelet bijih besi (Abidin. 2018)

Arang aktif merupakan suatu padatan yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi maupun diaktifasi dengan bahan-bahan kimia (aktivator). Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf yang sebagian besar terdiri sebuah karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (intern permukaan) yang mempunyai luas permukaan antara 300-3500 m²/gram dan hal ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai daya serap (menyerap) yang baik (Anonim,2016). Daya serap (absorpsi) arang aktif umumnya bergantung pada jumlah senyawa karbon bebas yang berkisar 85-95%. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu, daya serap arang aktif sangat besar yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003). Arang tempurung kelapa merupakan salah satu bahan baku yang kualitasnya cukup baik dijadikan karbon aktif.

Secara kuantitatif, Indonesia memiliki banyak keunggulan komparatif yang sangat besar dari tempurung kelapa, tetapi perusahaan tempurung kelapa di Indonesia masih menghadapi beragam kendala sehingga potensinya belum dapat dimanfaatkan dengan baik. Produk-produk yang dihasilkan dari hasil olahan tempurung kelapa ini adalah Bio-oil, *liquid smoke* (asap cair), karbon aktif, tepung tempurung, dan juga kerajinan tangan. Proses pengolahannya berupa separasi, pirolisa, penggilingan, dan pengolahan kerajinan tangan. Arang tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku di pabrik karbon aktif, industri briket, dan bahan bakar langsung. Dalam penelitian ini bahan baku arang aktif dibuat dari tempurung kelapa (Jamilatun.2016).

Pada proses pengolahan bijih nikel laterit, kokas dan agen reduktor lain diperlukan sebagai bahan utama sumber karbon untuk mengurangi oksida pada besi dan nikel dalam laterit. Salah satu alternatif untuk mengganti ketergantungan reduktor konvensional yang banyak mengandung sulfur maka diperlukan jenis n yang rendah sulfur. Biomassa memiliki potensi untuk dijadikan sumber yang berkelanjutan dan rendah sulfur. Penggantian kokas dan bahan konvensional sedang dikembangkan oleh beberapa peneliti. Salah satunya



pemanfaatan arang tempurung kelapa sawit untuk reduksi bijih nikel laterit. Melalui penelitian ini, akan digunakan karbon biomassa yang tersedia dan sangat melimpah untuk mensubstitusi kokas dan bahan reduktor alam (batubara) sebagai bahan reduktor bijih nikel laterit. Karbon biomassa yang digunakan pada penelitian ini adalah arang batok kelapa (Petrus. et al 2019).

Penelitian tentang proses penambahan karbon (C) ke dalam struktur baja karbon rendah, telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Penggunaan media karbon padat pada proses *carburizing* merupakan salah satu metoda yang sederhana dibandingkan dengan metoda lainnya. Metoda ini pada umumnya dengan menggunakan media karbon berupa arang kayu, arang tempurung kelapa, kokas, briket batu bara dan grafit, ditambah zat pengaktif untuk menghasilkan proses *carburizing* yang lebih baik. Arang tempurung kelapa dibentuk hingga menjadi serbuk (*powder*) agar dapat meningkatkan efektifitas pengkarbonan. Proses *carburizing* dibawah pengaruh panas, membutuhkan gas CO₂ untuk membentuk gas CO₂ yang dapat masuk ke dalam struktur baja. Ketersediaan gas CO₂ selama proses berlangsung dapat dipengaruhi oleh ruangan kosong antar butir arang dan zat pengaktifnya. Ruangan kosong yang terbentuk akibat susunan antar butir arang akan terisi oleh udara. Besarnya ruangan yang akan berpengaruh terhadap banyaknya udara yang tersedia tergantung pada ukuran butir arang. Ukuran butir arang juga menentukan cepat atau lambatnya butir arang padat menjadi gas. Ukuran butir yang kecil lebih cepat berubah menjadi gas dibandingkan ukuran butir yang lebih besar. Penggunaan arang tempurung kelapa dalam percobaan ini merupakan pilihan diantara sumber karbon lainnya. Sumber karbon merupakan media dalam proses *pack carburizing* untuk meningkatkan kandungan karbon pada baja. Arang tempurung kelapa yang digunakan berupa serbuk. Bentuk serbuk dipilih untuk memudahkan dalam membedakan ukuran butir. Perbedaan ukuran butir ini dilakukan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam percobaan ini (Kuswanto, 2010).

Untuk mengetahui pengaruh penambahan arang batok kelapa sebagai pada hasil reduksi bijih nikel dilakukan analisa komposisi kimia terhadap ku bijih dan produk hasil reduksi menggunakan XRF. Analisa tersebut 1 untuk mengetahui kandungan atau *grade* Fe dan Ni, sehingga dapat



dihitung *recovery* dari besi dan nikel. Hasil analisa komposisi kimia menunjukkan bahwa terjadi kenaikan grade Fe dan Ni pada pelet komposit hasil reduksi, tetapi kecenderungan *grade* Fe-Ni menurun dengan kenaikan jumlah arang batok kelapa yang digunakan (Petrus, 2019).

