

SKRIPSI

**STUDI PEROLEHAN NIKEL PADA BIJIH SAPROLIT
MENGUNAKAN METODE PEMANGGANGAN
TEREDUKSI DAN SEPARASI MAGNETIK**

Disusun dan diajukan oleh:

**NAUFAL MUTAWALLY DAMRIADI
D111 20 1011**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PEROLEHAN NIKEL PADA BIJIH SAPROLIT MENGUNAKAN METODE PEMANGGANGAN TEREDUKSI DAN SEPARASI MAGNETIK

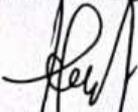
Disusun dan diajukan oleh

NAUFAL MUTAWALLY DAMRIADI
D111 20 1011

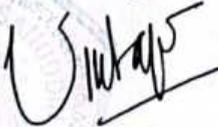
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 03 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Dr. Ir Sufriadin, S.T., M.T.
NIP. 1966081720001210001

Ketua Program Studi,


Dr. Ir Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T.
NIP. 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : NAUFAL MUTAWALLY DAMRIADI
NIM : D111 20 1011
Program Studi : TEKNIK PERTAMBANGAN
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Studi Perolehan Nikel Pada Bijih Saprolit Menggunakan Metode Pemanggangan Tereduksi dan Separasi Magnetik}

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 yangbn 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, 07 Juli 2024

Yang Menyatakan



Naufal Mutawally Damriadi



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

NAUFAL MUTAWALLY DAMRIADI. *Studi Perolehan Nikel Pada Bijih Saprolit Menggunakan Metode Pemanggangan Tereduksi dan Separasi Magnetik (dibimbing oleh Sufriadin)*

Nikel memiliki peran yang sangat penting dan memiliki banyak aplikasi dalam dunia industri. Sebanyak 62% dari produksi nikel digunakan untuk pembuatan baja tahan karat, sementara 13% digunakan dalam pembuatan *superalloy* dan paduan yang tidak mengandung besi. Hal ini disebabkan oleh kemampuan nikel yang tahan terhadap korosi dan dapat bertahan pada suhu tinggi. Bijih saprolit yang umumnya memiliki kadar logam yang rendah, perlu dibenefisiasi untuk meningkatkan nilai ekonomisnya dengan proses seperti pemanggangan tereduksi dan separasi magnetik, yang membantu meningkatkan konsentrasi logam yang diinginkan. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh ukuran butir terhadap peningkatan kadar bijih saprolit yang berasal dari Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara, Indonesia melalui penerapan metode pemanggangan tereduksi dan separasi magnetik. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakteristik mineralogi dan kimia sampel bijih saprolit, menganalisis pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik saprolit tanpa pemanggangan tereduksi dan dengan pemanggangan tereduksi. Proses pemanggangan tereduksi dilakukan pada suhu 1100 °C selama 60 menit, menggunakan 10% reduktor arang tongkol jagung. Ukuran butir sampel, yang merupakan variabel bebas dalam studi ini, meliputi -177+149 mikron, -149+105 mikron, -105+74 mikron, -74 mikron. Hasil pemisahan magnetik pada sampel bijih saprolit tanpa pemanggangan tereduksi dan dengan pemanggangan tereduksi menunjukkan bahwa ukuran butir tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap perolehan Ni dan Fe. Perbedaan perolehan antar ukuran butir tergolong kecil dan tidak menunjukkan pola yang jelas. Perolehan Ni dan Fe tertinggi pada sampel yang tanpa melalui pemanggangan tereduksi terdapat pada ukuran butir -149+105 mikron, dengan perolehan Ni sebesar 17,39% dan perolehan Fe sebesar 29,95%. Perolehan Ni dan Fe tertinggi pada sampel yang melalui pemanggangan tereduksi terdapat pada ukuran butir -105+74 mikron, dengan perolehan Ni sebesar 88,61% dan perolehan Fe sebesar 128,93%.

Kata kunci: bijih saprolit, pemanggangan tereduksi, separasi magnetik, ukuran butir, perolehan nikel.



ABSTRACT

NAUFAL MUTAWALLY DAMRIADI. *Nickel Recovery Study on Saprolit Ore Using Reductive Roasting and Magnetic Separation Method* (supervised by Sufriadin).

Nickel plays a crucial role in various industrial applications due to its exceptional corrosion resistance and ability to withstand high temperatures. Approximately 62% of nickel production is utilized in the manufacturing of stainless steel, while 13% is employed in the production of superalloys and non-ferrous alloys. This widespread use stems from nickel's unique properties that make it an essential component in various industrial processes. Saprolit ore, often characterized by low metal content, requires beneficiation to enhance its economic value. This can be achieved through processes like reductive roasting and magnetic separation, which effectively concentrate the desired metals. This study investigates the influence of grain size on the upgrading of saprolit ore from Wolo District, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia, employing reductive roasting and magnetic separation techniques. The primary objectives of this research are to characterize the mineralogical and chemical properties of the saprolit ore samples. To analyze the impact of grain size on nickel recovery from saprolit ore using magnetic separation without reductive roasting and with reductive roasting. The reductive roasting process was conducted at a temperature of 1100°C for 60 minutes using 10% corncob charcoal as a reductant. Grain sizes, representing the independent variables in this study, included -177+149 micron, -149+105 micron, -105+74 micron, -74 micron. The results of magnetic separation on saprolit ore samples without and with reductive roasting indicate that grain size does not significantly influence nickel (Ni) and iron (Fe) recovery. The observed differences in recovery among different grain sizes are relatively small and do not exhibit a clear pattern. For samples without reductive roasting, the highest Ni and Fe recoveries were obtained for -149+105 micron grain size, with Ni recovery of 17.39% and Fe recovery of 25.95%. In contrast, for samples subjected to reductive roasting, the highest Ni and Fe recoveries were achieved with -105+74 micron grain size, attaining Ni recovery of 88.61% and Fe recovery of 128.93%.

Keywords: saprolite ore, reduced roasting, magnetic separation, grain size, nickel recovery.



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	<i>Drum magnetic separator</i> (Svoboda, 2004).....	17
Gambar 2	Kuartering sampel bijih saprolit.....	23
Gambar 3	Penggerusan sampel bijih saprolit.....	24
Gambar 4	Pengayakan sampel bijih saprolit.....	24
Gambar 5	Penimbangan sampel bijih saprolit	25
Gambar 6	Contoh penamaan kode sampel.....	26
Gambar 7	Memasukkan sampel pada <i>muffle furnace</i>	27
Gambar 8	Pengukuran Nilai Kerentanan Magnetik	28
Gambar 9	Pemisahan bijih saprolit dengan magnetik separator	29
Gambar 10	Analisis menggunakan mikroskop Nikon Eclipse LV-100 POL	30
Gambar 11	Instrumen <i>X-Ray Diffraction</i> untuk analisis mineralogi	31
Gambar 12	Alat tekan untuk membuat sampel pellet	32
Gambar 13	Sampel pellet untuk analisis XRF	33
Gambar 14	Instrumen XRF untuk analisis kimia.....	34
Gambar 15	Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 16	Fotomikrografi sampel bijih saprolit yang menunjukkan mineral <i>goethite</i> (Gth), kuarsa (Qz), hematit (hmt), serpentin (Srp), dan talk (Tlc).....	38
Gambar 17	Hasil analisis XRD sampel awal bijih saprolit sebelum pemanggangan tereduksi dan pemisah magnetik.....	39
Gambar 18	Grafik pengaruh ukuran butir terhadap nilai kerentanan magnetik sampel bijih saprolit tanpa pemanggangan tereduksi.....	42
Gambar 19	Analisis perbandingan difaktogram sampel awal dengan hasil pemisahan magnetik tanpa pemanggangan tereduksi	44
Gambar 20	Grafik pengaruh ukuran butir terhadap peningkatan kadar Ni dan Fe pada bijih saprolit tanpa pemanggangan tereduksi	45
Gambar 21	Grafik pengaruh ukuran butir terhadap persentase berat <i>loss</i> sampel	48
Gambar 22	Grafik hubungan ukuran butir terhadap nilai kerentanan magnetik... 50	
Gambar 23	Analisis perbandingan difaktogram sampel awal dengan hasil pemisahan magnetik dengan pemanggangan tereduksi	51
Gambar 24	Grafik pengaruh ukuran butir terhadap peningkatan kadar Ni dan Fe pada bijih saprolit yang telah melalui pemanggangan tereduksi... 53	
Gambar 25	Fotomikrografi sampel setelah pemanggangan tereduksi yang menunjukkan mineral <i>tetrataenite</i> (FeNi), <i>Enstatite</i> (Enst), kuarsa (Qz), magnetit (Mgt), dan <i>iron</i>	55
Gambar 26	Grafik hubungan ukuran butir terhadap nilai <i>perolehan</i> Ni.....	56
Gambar 27	Grafik hubungan ukuran butir terhadap nilai <i>perolehan</i> Fe.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi mineral bijih saprolit sebelum pemanggangan tereduksi dan pemisahan magnetik.....	39
Tabel 2 Hasil analisis awal komposisi kimia bijih saprolit.....	41
Tabel 3 Hasil pengukuran kerentanan magnetik bijih saprolit tanpa pemanggangan tereduksi.....	42
Tabel 4 Hasil pemisahan sampel bijih saprolit secara magnetik tanpa pemanggangan tereduksi.....	43
Tabel 5 Komposisi kimia konsentrat sampel tanpa pemanggangan tereduksi.....	45
Tabel 6 Hasil analisis proksimat dari arang tongkol jagung	47
Tabel 7 Distribusi berat sampel setelah pemanggangan tereduksi	48
Tabel 8 Nilai kerentanan magnetik bijih saprolit yang telah melalui proses pemanggangan tereduksi.....	49
Tabel 9 Berat produk pemisahan secara magnetik setelah pemanggangan tereduksi.....	50
Tabel 10 Komposisi kimia konsentrat setelah pemanggangan tereduksi	53
Tabel 11 Nilai <i>perolehan</i> Ni tiap sampel	56
Tabel 12 Nilai <i>perolehan</i> Fe tiap sampel	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	66
---	----



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Perolehan Nikel Pada Bijih Saprolit Menggunakan Metode Pemanggangan Tereduksi dan Separasi Magnetik” yang disusun sebagai salah satu syarat lulus Mata Kuliah Skripsi Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya, oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Sufriadin, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian sekaligus sebagai pembimbing utama. Terima kasih banyak kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan beserta segenap dosen dan staf administrasi Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak yang sedalam-dalamnya kepada Bapak Damriadi Mangka dan Ibu Ratna selaku orang tua yang tiada hentinya memberikan do'a dan dukungan dalam bentuk apapun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh mahasiswa Teknik Pertambangan terkhusus Tambang 2020 dan anggota Laboratorium Analisis Pengolahan Bahan Galian serta kak Zahran yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis sangat berharap tugas akhir ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan serta pengetahuan kita mengenai benefisiasi bijih saprolit. Penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan tugas akhir yang berkaitan dengan si bijih saprolit ini kedepannya.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel adalah unsur kimia yang terdapat dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan unsur-unsur seperti besi, silikon, oksigen, dan magnesium yang menyusun lebih dari 90% dari komposisi bumi. Nikel memiliki beberapa karakteristik unik dalam bidang metalurgi, seperti titik lebur yang sangat tinggi, sifat feromagnetik, kemampuan katalitik, dan kemampuan untuk menjalani proses elektroplating dengan mudah. Bijih laterit terbentuk dalam sejarah geologi di wilayah tropis atau yang sebelumnya subtropis. Endapan laterit ini sering ditemukan di permukaan lahan datar dengan ketinggian rendah yang disebut *penepelan* (Moskalyk, 2002).

Bijih saprolit adalah istilah yang digunakan dalam konteks geologi untuk menggambarkan endapan mineral yang terbentuk hasil pelapukan kimia. Zona saprolit ini ditandai oleh adanya urat-urat mineral seperti garnet, kuarsa, dan chrysopras. Bijih saprolit cenderung memiliki kandungan unsur-unsur Ni (nikel) yang tinggi, namun Co (kobalt) dan Cr (kromium) yang rendah, serta seringkali terdapat fragmen-fragmen kuarsa. Dari segi komposisi kimia, zona saprolit ditandai dengan kelimpahan unsur Mg (magnesium) dan Ni yang lebih tinggi, sementara unsur Fe (besi) cenderung rendah. Hal ini terjadi karena unsur Mg dan Ni biasanya mengalami akumulasi dalam mineral hydrous silika yang terbentuk melalui proses pelarutan mineral utama yang menyusun batuan ultramafik (Haya dkk., 2019).

Benefisiensi secara umum merupakan usaha untuk meningkatkan tingkat kandungan mineral berharga dalam suatu bijih dengan menggunakan beragam metode pengolahan material galian, seperti pengurangan ukuran partikel, pemisahan berdasarkan sifat magnetik, proses flotasi, pemanasan, atau pendekatan lainnya. Tujuannya adalah untuk menghasilkan konsentrat yang mengandung jumlah mineral berharga yang lebih tinggi. Dalam konteks ini, ini merujuk pada proses peningkatan kandungan mineral berharga dengan



memisahkan bahan atau mineral yang memiliki nilai lebih rendah yang terdapat dalam bijih tersebut (Wills dan Finch, 2006).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menginvestigasi pemanggangan tereduksi bijih laterit nikel yang diikuti oleh pemisahan magnetik untuk menghasilkan konsentrat feronikel. Sebagai contoh, Kim *et al.* melakukan penelitian terkait konsentrasi nikel pada bijih laterit rendah mutu (Ni 1,50%, TFe 22,33%). Mereka melakukan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam dan kemudian menjalankan proses pemisahan magnetik basah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan peningkatan kadar nikel dari 1,5% menjadi 2,9%, meskipun tingkat perolehan nikel hanya mencapai 48% (Kim *et al.*, 2010).

Metode pemanggangan tereduksi dan pemisahan magnetik sangatlah penting untuk meningkatkan kadar nikel pada bijih laterit nikel, terutama pada bijih laterit kadar rendah. Meskipun metode pemanggangan tereduksi dan pemisahan magnetik memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan kandungan nikel dalam bijih saprolit, masih ada banyak faktor dan parameter yang perlu dipahami guna mencapai hasil yang optimal. Berdasarkan uraian diatas dilakukan studi mengenai perolehan nikel pada bijih saprolit menggunakan metode pemanggangan tereduksi dan separasi magnetik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana karakteristik mineralogi dan kimia sampel bijih saprolit?
2. Bagaimana pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik tanpa pemanggangan tereduksi?
3. Bagaimana pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik dengan pemanggangan tereduksi?



ian Penelitian

ari dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut:

lengetahui karakteristik mineralogi dan kimia sampel bijih saprolit.

2. Menganalisis pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik tanpa pemanggangan tereduksi.
3. Menganalisis pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik dengan pemanggangan tereduksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih luas tentang bagaimana metode benefisiasi bijih saprolit dapat menjadi rekomendasi untuk penggunaan bijih saprolit. Benefisiasi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk meningkatkan kadar bijih sebelum memasuki tahap pengolahan berikutnya. Oleh karena itu, kegiatan pengolahan bahan galian yang dapat meningkatkan kadar bijih memiliki peran yang sangat penting dalam industri pertambangan untuk mengurangi biaya produksi.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan di *Laboatoratory Based Education (LBE)* Analisis dan Pengolahan Bahan Galian Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh ukuran butir sampel bijih saprolit tanpa pemanggangan tereduksi dan dengan pemanggangan tereduksi terhadap perolehan nikel menggunakan metode separasi magnetik pada sampel bijih saprolit dari Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia. Proses pemanggangan tereduksi dilakukan pada suhu 1100°C selama 60 menit dengan penambahan reduktor sebesar 10%. Pada tahap pemisahan magnetik, kecepatan putaran yang digunakan adalah 200 rpm. Ukuran butir bijih yang digunakan mencakup -177+149 mikron, -149+105 mikron, -105+74 mikron, -74 mikon



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel Laterit

Nikel adalah salah satu unsur kimia yang termasuk dalam kategori logam transisi. Unsur ini memiliki warna putih keperakan dengan sentuhan keemasan, dan memiliki sifat yang kuat serta mudah dibentuk. Pada keadaan murni, nikel bersifat lembut, tetapi ketika digabungkan dengan besi, krom, dan logam lainnya, nikel dapat menjadi bahan baja yang keras dan tahan terhadap karat. Dalam dunia industri, nikel memiliki peran yang sangat penting dan memiliki banyak aplikasi. Sebanyak 62% dari produksi nikel digunakan untuk pembuatan baja tahan karat, sementara 13% digunakan dalam pembuatan *superalloy* dan paduan yang tidak mengandung besi. Hal ini disebabkan oleh kemampuan nikel yang tahan terhadap korosi dan dapat bertahan pada suhu tinggi (Astuti, 2012). Nikel ada dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan unsur-unsur seperti besi, silikon, oksigen, dan magnesium yang menyusun lebih dari 90% dari komposisi bumi. Nikel memiliki beberapa keunggulan dalam metalurgi, seperti memiliki titik lebur yang sangat tinggi, sifat feromagnetik, perilaku katalitik, dan kemampuan untuk di-elektroplating dengan mudah (Moskalyk, 2002).

Nikel sebagai salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi ini perlu ditemukan keberadaannya untuk dapat memenuhi kebutuhan dibidang perindustrian. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni nikel bersifat lunak, tetapi jika dipadukan (*alloy*) dengan besi, krom, dan logam lainnya dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok, dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri (Sukandarrumidi, 2007).

Saat ini, mayoritas cadangan nikel di dunia berasal dari tipe laterit sekitar 72%, sedangkan sisanya adalah sulfida. Meskipun begitu, mayoritas produksi t ini diperoleh dari jenis sulfida sekitar 58%, sementara sisanya 42% ari jenis laterit (Dalvi, 2004). Penting untuk dipahami bahwa sebagian langan global logam *nonferrous* yang penting seperti nikel dan kobalt



berasal dari bijih laterit, yang membentuk lebih dari dua pertiga total cadangan tersebut. Endapan laterit biasanya ditemukan di wilayah tropis atau daerah yang sebelumnya subtropis dalam sejarah geologi. Mereka muncul di permukaan lahan datar dengan ketinggian yang rendah yang disebut *penepalan*. Teori utama adalah bahwa Mantel Atas pada dasarnya terdiri dari jenis batuan silikat magnesium yang disebut Peridotit, yang mengandung beragam unsur seperti Ni, Cu, Co, Fe, Mn, Si, Au, Ag, dan sebagainya (Moskalyk, 2002).

Keberadaan endapan nikel laterit umumnya banyak tersebar pada daerah-daerah seperti di Provinsi Sulawesi Selatan dijumpai pada daerah Soroako Kabupaten Luwu Timur dan Daerah Palakka Kabupaten Barru. Selain itu, endapan nikel laterit juga dijumpai di daerah Sulawesi Tengah yaitu Kabupaten Morowali, Kabupaten Luwuk Banggai dan Provinsi Sulawesi Tenggara (Tanggiroh, 2012). Menurut Boldt (1996) nikel terbentuk melalui proses pelapukan (laterisasi) yang intensif pada batuan induk. Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang memungkinkan tingkat pelapukan tinggi dapat terjadi.

Nikel sulfida dan nikel laterit telah lama menjadi bahan utama dalam produksi logam nikel. Namun, seiring berjalannya waktu, cadangan bijih nikel sulfida mulai menipis, sehingga industri nikel telah bergeser untuk lebih banyak menggunakan bijih nikel laterit sebagai bahan baku. Proses pengolahan bijih nikel laterit untuk meningkatkan kadar nikelnya lebih rumit dibandingkan dengan bijih nikel sulfida, sehingga telah banyak penelitian yang berusaha meningkatkan kadar nikel dalam bijih nikel laterit ini. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki endapan bijih nikel laterit dalam jumlah yang cukup besar. Endapan nikel laterit Indonesia tersebar di beberapa daerah seperti di Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku, dan Papua. Potensi deposit bijih nikel Indonesia mencapai 2,1 milyar ton atau sekitar 24% dari total sumber daya nikel di dunia (Subagja dkk., 2016).

Laterit adalah hasil dari proses pelapukan dan pengkayaan batuan mafik di daerah tropis, sehingga komposisi kimianya dan warnanya bervariasi antara satu endapan dan yang lainnya. Nikel dalam bijih laterit terkait dengan oksida besi dan mineral silikat karena mengalami



substitusi unsur besi dan magnesium dalam struktur kristalnya (Dalvi, 2004). Karena alasan ini, dari segi kimia dan fisik, bijih nikel laterit dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu bijih jenis saprolit (silikat/hidro silikat) dan jenis limonit (oksida/hidroksida) (Rhamdhani, 2009). Namun, bijih nikel laterit sulit diubah menjadi konsentrat nikel karena struktur kristal isomorfis yang terbentuk dari *goethite* atau *serpentine* (Mudd, 2010).

Laterit dihasilkan dari pelapukan batuan secara kimiawi yang berlangsung dalam waktu yang panjang dibawah suhu yang cukup tinggi pada kondisi iklim basah atau lembab. Nikel laterit adalah hasil laterisasi batuan ultramafik yang memiliki kandungan besi dan magnesium yang tinggi, dapat ditemukan pada tanah yang relatif dangkal yaitu sekitar 6-15 m, tetapi bisa juga mencapai 60 meter. Pembentukan bijih Nikel laterit dapat berlangsung lebih dari satu juta tahun (Kose, 2010).

Sebagian besar cadangan nikel di seluruh dunia terdapat di negara-negara yang berada di sekitar khatulistiwa. Di Eropa, mayoritas cadangan nikel berasal dari bijih nikel sulfida. Hal yang sama berlaku di Afrika. Sementara itu, di Asia, terutama di Indonesia dan Filipina, endapan bijih nikel laterit mendominasi. Di Amerika, sebagian besar cadangan nikel juga berasal dari bijih nikel laterit. Sedangkan di Australia dan wilayah Oceania, endapan bijih nikel laterit juga menjadi yang utama (Elias, 2002) Bijih nikel laterit banyak ditemukan di daerah di dunia yang memiliki iklim tropis atau subtropis. Proses pembentukan bijih ini melibatkan pelapukan kimiawi batuan ultramafik, yang kemudian membentuk tiga lapisan berbeda, yaitu limonit, saprolit, dan batuan dasar. Di antara ketiga lapisan tersebut, lapisan limonit biasanya dianggap sebagai material limbah atau yang sering disebut *overburden*, sementara saprolit adalah lapisan yang paling umum dieksplorasi dan dieksploitasi untuk dijadikan bijih nikel yang memiliki nilai ekonomi (Solar, 2015).

Pembentukan dan sebaran laterit nikel dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang berinteraksi. Tidak ada satu faktor tunggal yang mendominasi proses pembentukan laterit nikel ini. Namun, ketika faktor-faktor ini berkerja bersama yang dinamis, masing-masing dapat menjadi pengaruh utama yang menentukan karakteristik unik dari setiap deposit laterit nikel. Faktor-faktor



yang memengaruhi pembentukan laterit nikel di satu wilayah mungkin memiliki dampak yang kurang signifikan di wilayah lain. Memahami faktor-faktor ini dan bagaimana mereka berinteraksi di wilayah tertentu sangat penting untuk eksplorasi dan pengembangan deposit laterit nikel yang berkelanjutan. (Brand *et al.*, 1998). Secara umum, endapan laterit nikel dapat dibagi menjadi beberapa zona yaitu (Elias, 2002):

1. Zona Tanah penutup (*Overburden*)

Zona ini merupakan bagian paling atas dari lapisan laterit dan terdiri dari akar tumbuhan, humus, oksida besi, dan materi organik lainnya. Warna umumnya adalah coklat tua hingga hitam, dan strukturnya gembur. Kandungan nikel dalam zona ini sangat rendah, sehingga tidak diambil selama proses penambangan. Ketebalannya berkisar antara 0,3 hingga 6 meter.

2. Zona Limonit

Zona Limonit terletak di bawah zona tanah penutup. Ini adalah hasil pelapukan lebih lanjut dari batuan ultrabasa dan terdiri dari oksida besi yang dominan, *goethite*, dan magnetit. Ketebalannya rata-rata sekitar 8 hingga 15 meter. Meskipun jarang, tetapi akar tumbuhan dapat ditemukan dalam persentase yang sangat kecil. Kemunculan batuan ultrabasa pada zona ini tidak dominan, karena sebagian besar mineral dalam batuan basa hingga ultrabasa telah mengalami serpentinisasi selama proses pelapukan.

3. Zona Saprolit

Zona Saprolit berada di bawah zona limonit dan merupakan zona pengayaan unsur nikel (Ni). Ini terdiri dari oksida besi, serpentin, magnetit, dan masih mempertahankan tekstur batuan asal. Ketebalannya berkisar antara 5 hingga 18 meter. Pada zona ini, sering terlihat bongkah-bongkah batuan, dan pada rekahan-rekahan batuan asal dapat ditemukan mineral seperti magnesit, serpentin, krisopras, dan garnierit. Bongkah batuan asal yang muncul biasanya memiliki kandungan SiO₂ dan MgO yang tinggi serta kandungan Ni dan Fe yang rendah.

4. Zona Batuan Dasar (*Bedrock*)



Zona batuan dasar terletak di bagian paling bawah profil laterit. Ini adalah batuan asal dari laterit nikel, yang umumnya merupakan peridotit, jenis batuan beku ultrabasa. Batuan ini biasanya memiliki rekahan yang diisi oleh oksida besi sekitar 5-10%, garnierit dalam jumlah kecil, dan kandungan silika yang lebih dari 35%. Permeabilitas batuan dasar meningkat seiring dengan intensitas serpentinisasi.

2.2 Bijih Saprolit

Saprolit berbatuan memiliki tampilan yang hampir sama dengan batuan dasar, namun dengan jumlah serpentin yang lebih banyak. Perbedaan utama antara batuan dasar dan saprolit adalah adanya serpentin bertekstur jala-jala di dalam saprolit, yang juga mengandung lebih banyak mineral sekunder seperti mineral tanah liat dan kromit. Serpentin adalah mineral yang paling umum di horison saprolit ini dan bersamaan dengan ortopiroksen yang masih ada dalam batuan dasar. Hampir semua butiran serpentin memiliki warna cokelat yang pudar atau cokelat kehijauan dengan tekstur jala-jala. Kami juga melihat adanya serpentin minor yang memotong serpentin bertekstur jala-jala dan ortopiroksen. Serpentin ini muncul sebagai mikrovenlet dan menyerupai tahap akhir mineralisasi serpentin selama pelapukan. Butiran oksida krom yang berukuran $<1,2$ mm dikelilingi oleh serpentin dan terjadi dalam bentuk butiran anhedral (Choi *et al*, 2021).

Horison saprolit mengalami perubahan warna tergantung pada tingkat pelapukan, bisa kuning-cokelat, kuning-keabu-abuan, atau hijau-keabu-abuan. Ketebalannya berkisar antara 2 hingga 7 meter dan merupakan bagian utama dari bijih di daerah penelitian. Sebagian besar terdiri dari saprolit berbutir halus dan saprolit berbatuan kasar. Fragmen batuan kasar sebagian mempertahankan tekstur asli batuan dasar. Ada juga retakan-retakan *stockwork* yang tidak terhubung dan vena atau lapisan *Garnierite* yang mengendap di sepanjang retakan-retakan tersebut. Selain itu, produk-produk perubahan seperti serpentin serat, talk, dan tanah liat juga ditemukan bersama dengan retakan-retakan tersebut (Choi *et al*,



arnierite hadir dalam dua varian warna, yaitu hijau rumput dan hijau muncul sebagai lapisan dengan karakter aphanitic saat dilihat secara

makroskopis. *Garnierite* hijau rumput berisi Mg-silikat berwarna hijau tua tanpa tekstur yang mencolok, sementara *Garnierite* hijau jade mengandung Mg-silikat berwarna putih gading dengan tekstur osilasi. Di dekat perbatasan antara saprolit dan *Garnierite* hijau rumput, terdapat cincin silikat berketebalan sekitar 150 μm . *Garnierite* tipe vena memiliki warna hijau mélange saat dilihat dalam cahaya polarisasi bidang datar. Proses pembentukan *Garnierite* tipe vena juga melibatkan pembentukan iddingsite dan magnetit (Choi *et al*, 2021).

Saprolit membentuk lapisan-lapisan yang mendalam dalam proses pelapukan. Dalam konteks regolit lateritik, lapisan ini dapat terlindungi oleh lapisan atas yang biasanya disebut zona bercorak atau residu lateritik, di mana sebagian besar karakteristik lapisan bawah dipertahankan. Kadang-kadang, lapisan ini juga bisa tertutup atau dilindungi oleh tanah residu atau materi tumpahan yang terakumulasi secara sporadis. Meskipun mengalami proses pelapukan awal dan perubahan, saprolit tetap mempertahankan ciri-ciri dasar tekstur batumannya. Dalam konteks eksplorasi mineral, sampel saprolit seringkali sangat penting dan umumnya diperoleh melalui pengeboran. Mencatat dengan cermat informasi tentang sampel pengeboran sangat krusial dalam memilih sampel yang tepat untuk analisis dan juga dalam menginterpretasi data. Sayangnya, proses pengambilan sampel saprolit ini sering kali kurang mendapatkan perhatian yang seharusnya. Terkadang, perbedaan antara saprolit dan tumpukan material tumpahan dapat menjadi kurang jelas dalam potongan-potongan pengeboran, dan mengidentifikasi batuan asalnya bisa menjadi tugas yang sangat sulit, meskipun mungkin dapat diestimasi melalui pengamatan teliti terhadap sisa-sisa karakteristik tekstur batuan aslinya (Robertson dan Butt, 1993).

Anomali geo-kimia dalam saprolit umumnya merupakan hasil dari sisa-sisa proses pelapukan, dan area di mana penyebaran unsur-unsur ini dipengaruhi oleh proses hidromorfik jarang terjadi lebih jauh dari beberapa puluh meter dari zona mineralisasi yang telah mengalami oksidasi. Namun, terkadang penyebaran unsur-unsur ini dapat meluas hingga mencapai lebih dari 100 meter. Misalnya, di beberapa lingkungan semi-arid dan sabana kering (Butt dan Zeegers,



Jarak dan kedalaman pengeboran menjadi faktor yang sangat penting. Ketika mengambil sampel dari dalam lapisan saprolit, dispersi unsur-unsur bisa sangat terbatas sehingga anomali memiliki lebar yang hampir sebanding dengan mineralisasi aslinya. Dalam kasus sasaran yang sempit, seperti deposit sulfida massif atau mineralisasi emas di lingkungan yang lembap dan tanpa dispersi lateral yang signifikan, bisa digunakan pengeboran vertikal di titik-titik dengan jarak 20 meter atau kurang di antaranya. Penggunaan selang yang lebih lebar mungkin memadai jika digunakan pengeboran dengan sudut yang tumpang tindih, tetapi perlu berhati-hati mengenai dampak kuat dari zona pelapukan (Freyssinet dan Itard, 1997), kandungan emas (Au) tetap tinggi atau hampir setara dengan kadar bijih sepanjang regolit. Namun, dalam lingkungan semi-arid, terjadi penurunan konsentrasi emas yang signifikan, bahkan bisa mencapai 100 ppb atau lebih rendah, dari lapisan saprolit yang berada di atas hingga kedalaman 40-50 meter. Umumnya, ini terjadi dengan adanya zona penurunan konsentrasi emas yang terletak di bawah, dengan orientasi sub-horizontal, akibat mobilisasi emas dalam air tanah yang bersifat asam dan proses oksidasi (Butt, 1989).

2.3 Proses Benefisiasi

Benefisiasi secara umum adalah suatu upaya untuk meningkatkan tingkat kekayaan suatu bijih dengan menggunakan berbagai metode pengolahan bahan galian, seperti pengurangan ukuran partikel, pemisahan berdasarkan sifat magnetik, proses flotasi, pemanasan, atau pendekatan lainnya. Tujuannya adalah untuk menghasilkan konsentrat yang mengandung jumlah mineral berharga yang lebih tinggi. Dalam konteks ini, benefisiasi mengacu pada proses meningkatkan kadar mineral berharga dengan memisahkan material atau mineral yang kurang bernilai yang terkandung dalam bijih tersebut. Secara umum, bahan galian tambang yang ditemukan di alam jarang memiliki kadar logam berharga yang tinggi secara langsung dan siap untuk dijual atau diproses lebih lanjut, seperti proses peleburan. Oleh karena itu, diperlukan proses benefisiasi khusus untuk

atkan kualitas bijih tersebut (Wills dan Finch, 2006).

aterit dapat diproses untuk menghasilkan Nikel dengan dua cara, yaitu hidrometalurgi dan pirometalurgi. Hidrometalurgi merupakan proses



pemurnian logam dengan menggunakan pelarut kimia untuk melarutkan bahan logam tertentu sehingga kemurnian logam yang diinginkan meningkat (*leaching*). Hidrometalurgi merupakan metode yang cukup menjanjikan karena mampu menghasilkan Nikel dengan kemurnian tinggi. Selain itu, pelarut dapat di daur ulang dan digunakan kembali sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Akan tetapi dari pelarut kimia tersebut yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Selain itu, pengolahan melalui pirometalurgi yaitu *smelting* merupakan teknologi yang sudah sangat banyak digunakan untuk memproduksi *ferro nickel* atau *nickel matte*. Proses ini cocok untuk mengolah bijih saprolite/limonit dengan kadar Ni yang tinggi (>2%), Mg yang tinggi (10%-15%) dan Fe yang rendah (13-20%).

Dalam pembuatan *ferronickel*, bijih dicampur dengan batubara kemudian dikeringkan dan dikalsinasi dalam tanur putar pada suhu 900°C-1000°C. Hasil kalsinasi kemudian di-smelting dan ditambahkan kembali batubara ke dalam *electric furnace* pada suhu 1550°C. Hasilnya berupa Ni dan Fe yang sudah tereduksi sempurna 60%-70%. Fe, Mg, dan SiO₂ yang tersisa akan tertinggal dalam campuran slag (Kyle, 2010).

Salah satu karakteristik yang dimiliki oleh mineral adalah kemampuan mereka untuk memiliki sifat magnetik. Oleh karena itu, dalam proses benefisiasi, kita mengenal metode pemisahan magnetik atau konsentrasi magnetik. Proses magnetik merupakan salah satu langkah operasi yang digunakan dalam pengolahan bahan galian, di mana operasinya berdasarkan pada perbedaan sifat kemagnetan antara mineral-mineral yang akan dipisahkan (Ezhov dan Shvaljov, 2015).

Hasil dari proses benefisiasi bijih nikel yang memiliki kadar rendah adalah produksi konsentrat bijih nikel yang memiliki kadar tinggi. Dalam endapan bijih nikel tersebut, terdapat mineral goetit (FeO.OH) atau oksida besi hidrat. Mineral goetit mengandung air kristal yang sering disebut sebagai air kimia atau air terikat. Ketika dipanaskan pada suhu 300°C, air kimia akan menguap, dan mineral goetit mengalami transformasi menjadi mineral hematit (Fe₂O₃).



terdapat berbagai metode pengolahan yang beragam untuk setiap jenis bijih nikel yang mengandung mineral tertentu. Pengolahan ini memerlukan

pendekatan yang khusus, berdasarkan perbedaan dalam sifat fisik mineral yang terdapat dalam bahan galian tersebut. Beberapa sifat fisik yang sering digunakan sebagai dasar untuk pengolahan bahan galian mencakup berat jenis, sifat kemagnetan, sifat listrik, respons mineral terhadap gelembung udara (apakah mudah basah atau tidak), dan sebagainya. Selain itu, bentuk dan ukuran partikel mineral tertentu serta sejauh mana mineral tersebut terlepas juga memiliki peran yang sangat penting dalam proses benefisiasi (Nurhakim *et al*, 2011).

Berikut beberapa manfaat dari pelaksanaan proses benefisiasi:

1. Mengurangi biaya transportasi dari lokasi penambangan ke lokasi peleburan karena sebagian limbah telah disingkirkan selama proses benefisiasi, dan kadar bijih telah ditingkatkan.
2. Mengurangi penggunaan bahan tambahan (flux) dalam proses peleburan serta mengurangi kerugian logam yang terbawa bersama slag.
3. Meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya keseluruhan dalam proses peleburan karena jumlah tonase yang harus dilebur menjadi lebih sedikit.
4. Menghasilkan konsentrat dengan kadar mineral yang lebih tinggi, sehingga mempermudah ekstraksi logam berharga.
5. Jika konsentrat mengandung lebih dari satu mineral berharga, ada potensi untuk mendapatkan logam tambahan sebagai produk sampingan.

2.4 Preparasi Sampel

Preparasi sampel adalah langkah awal di mana kita mengisolasi atau mengumpulkan dengan lebih intens beberapa bagian khusus dari suatu bahan untuk membuatnya lebih mudah dipisahkan dan dideteksi. Proses ini dapat melibatkan perubahan kimia pada bagian yang diinginkan untuk mempermudah isolasi, pemisahan, atau deteksi selanjutnya. Penting untuk diingat bahwa bagaimana kita mempersiapkan sampel sangat memengaruhi kemampuan kita untuk mengidentifikasi, mengonfirmasi, dan mengukur jumlah zat yang kita cari.

Sampel yang bersih membantu peningkatan dalam proses pemisahan dan deteksi, dan sampel yang kurang baik dapat menyebabkan hasil analisis menjadi tidak akurat. Oleh karena itu, persiapan sampel adalah langkah krusial dalam



analisis kimia, memengaruhi keberhasilan dan biaya analisis secara keseluruhan (Chen *et al*, 2007).

Preparasi adalah serangkaian langkah untuk menyiapkan sampel yang akan dianalisis, dengan metodenya disesuaikan dengan kondisi dan tujuan contoh tersebut. Proses preparasi sampel sangatlah berpengaruh pada sampling. Tujuan dari kegiatan preparasi sampel adalah menghasilkan sampel dengan jumlah dan ukuran yang memadai untuk pengujian, yang mewakili sampel awal yang akan dikirim ke laboratorium untuk dianalisis. Langkah-langkah dalam mempersiapkan sampel adalah sebagai berikut (Setiawan dan Prabowo, 2021):

a. Pengeringan Udara/*Air Drying*

Pengeringan udara pada sampel bruto dilakukan jika sampel terlalu basah untuk diproses tanpa kehilangan kelembaban atau menyebabkan kesulitan pada crusher atau mill. Waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan bervariasi tergantung pada jenis batubara yang akan dipreparasi. Prinsipnya, batubara dijaga agar tidak mengalami oksidasi selama proses pengeringan.

b. Pengecilan Ukuran Butir

Proses pengecilan ukuran butir adalah upaya pengurangan ukuran pada sampel tanpa mengubah massa sampel. Alat mekanis seperti Jaw Crusher, Rolls Crusher, dan Swing Hammer Mills digunakan untuk mengurangi ukuran butir. Jaw Crusher atau Roll Crusher umumnya digunakan untuk mengurangi ukuran butir dari 50 mm menjadi 11,2 mm, 4,75 mm, atau 2,36 mm. Roll Crusher lebih disarankan untuk sampel dengan jumlah/massa yang besar. Swing Hammer Mill digunakan untuk menggerus sampel hingga ukuran 0,2 mm, yang akan digunakan untuk analisis di laboratorium.

c. *Mixing*

Mixing adalah proses pencampuran sampel untuk mendapatkan sampel yang homogen. Pencampuran dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan riffle atau dengan membentuk dan membentuk kembali timbunan berbentuk kerucut. Metode mekanis, seperti Alat Rotary Sample Divider (RSD),

it digunakan.

Pembagian atau *Dividing*



Proses untuk mendapatkan sampel representatif dari sampel bruto tanpa mengurangi ukuran butir disebut pembagian. Secara umum, pengurangan sampel ini dilakukan dengan melakukan pembagian sampel. Pembagian dapat dilakukan secara manual (*riffling* atau metode *increment* manual) atau secara mekanis dengan menggunakan Rotary Sample Divider.

2.5 Metode Pemanggangan Tereduksi

Sejumlah penelitian telah dilakukan dalam konteks pemanggangan tereduksi bijih laterit nikel yang diikuti oleh pemisahan magnetik untuk menghasilkan konsentrat feronikel. Kim *et al.* melakukan eksplorasi terhadap konsentrasi nikel pada bijih laterit rendah mutu (Ni 1,50%, TFe 22,33%) dengan melakukan kalasinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam, diikuti oleh pemisahan magnetik basah. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar nikel meningkat dari 1,5% menjadi 2,9%, walaupun perolehan nikel hanya mencapai 48% (Kim *et al.*, 2010). Sementara itu, Li *et al.* mengadopsi metode deoksidasi padat untuk mengekstrak nikel dari bijih laterit nikel rendah mutu (Ni 1,09%, TFe 9,16%). Hasilnya adalah konsentrat feronikel dengan kadar nikel mencapai 4,50% dan perolehan sebesar 80,00%. Meskipun demikian, penelitian-penelitian ini belum berhasil mencapai konsentrat feronikel dengan kadar nikel yang tinggi (>8%) melalui pemanggangan tereduksi dan pemisahan magnetik tanpa bahan tambahan (Li, *et al.*, 2012).

Belakangan ini, pemanggangan tereduksi dengan penambahan zat tertentu untuk memperoleh konsentrat feronikel dengan kadar nikel yang tinggi telah menjadi fokus penelitian yang menarik. Cao *et al.* telah melakukan penelitian mengenai proses pemanggangan tereduksi dan pemisahan magnetik pada bijih laterit nikel rendah mutu dengan kadar Ni 1,86% dan Fe 13,59%. Mereka menemukan bahwa reduksi yang efektif telah terjadi, dan hasilnya adalah konsentrat feronikel dengan kadar nikel sebesar 10,83% dan perolehan nikel sebesar 82,15%. Proses reduksi dilakukan pada suhu 1200 °C selama 40 menit, penambahan 20% Na₂CO₃ dan 15% batu bara (Cao *et al.*, 2010).
 ya, Zhu *et al.* melakukan reduksi selektif dan pemisahan magnetik basah bijih laterit nikel (Ni 1,42%, Fe 23,16%) pada suhu 1100 °C selama 60 menit,



dengan menambahkan 6% kalsium sulfat dan 5% batu bara. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kadar nikel dalam konsentrat feronikel dapat mencapai 6,00%, dengan perolehan nikel sebesar 92,10% (Zhu, *et al.*, 2012). Di sisi lain, Li *et al.* melaporkan bahwa kadar nikel dan perolehan feronikel mencapai 9,48% dan 83,01%, masing-masing, saat bijih laterit nikel (Ni 1,91%, Fe 22,10%) direduksi pada suhu 1100 °C selama 60 menit dengan menambahkan 20% natrium sulfat (Na₂SO₄) (Li, *et al.*, 2012).

Secara keseluruhan, bijih laterit telah menjadi fokus perhatian yang meningkat sebagai alternatif bagi bijih nikel sulfida (Zhu, *et al.*, 2019). Sebagai akibatnya, banyak penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kandungan nikel dalam bijih laterit ini. Saat ini, metode pirometalurgi telah digunakan secara luas untuk mengolah logam nikel dari bijih laterit rendah mutu, khususnya melalui proses pemanggangan tereduksi-magnetik yang dikenal dengan nama Proses Krupp-Renn (Wang, 2017).

Penurunan cepat dalam ketersediaan bijih besi berkualitas tinggi, bersama dengan permintaan yang besar dari industri besi dan baja, telah menarik perhatian global terhadap penggunaan yang lebih efisien dari bijih besi tahan api. Di Cina, cadangan besar bijih besi tahan api tidak mendapatkan perhatian yang sesuai dikarenakan sifat-sifatnya seperti kadar besi yang rendah, komposisi yang rumit, dan granularitas yang sangat halus. Selama proses *suspension magnetization roasting* (SMR), fase bijih besi tahan api dapat berubah menjadi magnetit, yang dapat dipisahkan dengan efisien menggunakan metode pemisahan magnetik intensitas rendah. Meskipun SMR telah diterapkan secara luas dalam pengolahan bijih besi, masalah serius polusi lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil tidak dapat diabaikan (Cao, *et al.*, 2021).

Biomassa, termasuk sisa-sisa tanaman dan pupuk organik, dapat digunakan sebagai bahan pereduksi yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui setelah diubah menjadi bentuk serbuk halus atau bentuk lainnya. Sebagai sumber daya yang berkelanjutan dan bebas dari emisi CO₂, biomassa dapat memenuhi

misi gas rumah kaca dalam industri pembuatan besi, yang menyumbang % dari emisi CO₂ antropogenik global. Selain itu, penggunaan biomassa pengganti bahan bakar fosil tradisional dapat mengurangi emisi



pembentukan SOX dan NOX di masa depan. Penelitian pada tingkat mikroskopis telah fokus pada lignin alkali, komponen biomassa, yang telah terbukti dapat meningkatkan nilai magnetisasi saturasi oksida besi ketika dipanggang bersama bijih limonit. Selain itu, konsep reduksi langsung dan kopiroisis adalah pendekatan inovatif untuk memanfaatkan biomassa dalam proses ini (Cao *et al*, 2021).

2.6 Magnetic Separation

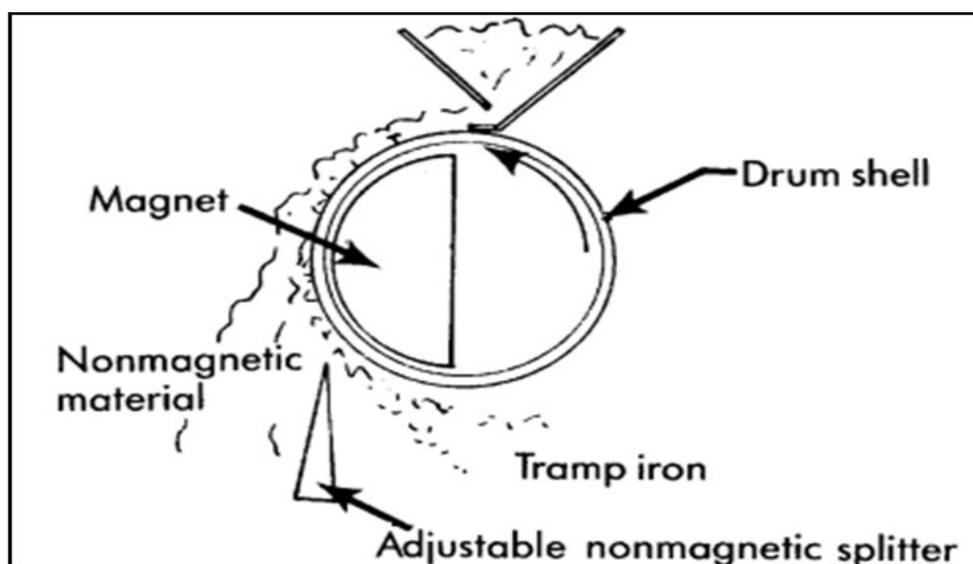
Metode benefisiasi yang umumnya diterapkan pada bijih besi melibatkan gravitasi dan pemisahan magnetik. Gravitasi adalah teknik tertua dan paling ekonomis untuk memperoleh mineral berharga dari bijih besi alami. Meskipun selama abad ke-20 teknik-teknik lain seperti flotasi dan pemisahan magnetik mulai mendominasi, gravitasi tetap menjadi pilihan yang relevan. Ini karena teknik pemisahan gravitasi memiliki keunggulan biaya yang rendah, mudah dioperasikan, dan bersahabat dengan lingkungan. Dasarnya adalah perbedaan kecepatan pengendapan antara partikel yang membentuk bijih (Seifelnassr *et al.*, 2012). Selain itu, untuk meningkatkan kadar bijih besi, dapat digunakan metode pemisahan magnetik yang dikombinasikan dengan pemisahan gravitasi berdasarkan karakteristiknya (Svoboda, 2004).

Setiap mineral memiliki tingkat kemagnetan khusus yang berfungsi sebagai karakteristik unik yang membedakannya dari mineral lainnya. Proses pemisahan magnetik dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan tingkat kemagnetan ini. Ada banyak desain peralatan pemisah magnetik (*magnetic separator*) yang tersedia. Dalam penelitian ini, digunakan desain berjenis magnetik *drum*. *Magnetic drum separator* adalah jenis perangkat pemisah magnetik yang paling umum digunakan dibandingkan dengan desain-desain lain seperti *magnetic pulley*, *plate magnet*, *grate magnet*, dan *suspended magnet*. Ilustrasi dari *drum magnetic separator* dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Magnetic separator tipe *drum* digunakan untuk mengolah umpan dengan ukuran partikel mulai dari beberapa sentimeter hingga mikrometer, dan dapat kan dalam kondisi kering atau basah. Jenis *magnetic separator* n berdasarkan intensitas magnet yang digunakan, yaitu intensitas rendah sitas tinggi. Pada *magnetic separator* dengan intensitas rendah, biasanya



digunakan magnet ferrit yang merupakan jenis magnet konvensional. Sementara pada teknologi yang lebih modern, *magnetic separator* dengan intensitas tinggi menggunakan magnet yang terbuat dari paduan logam tanah jarang (REE). Prinsip dasar desain untuk semua jenis *drum magnetic separator* pada dasarnya sama. Balok-balok magnet permanen ditempatkan pada bagian tertentu dari *drum*, sehingga material dapat terlepas dari *drum* magnet ketika putaran mencapai bagian *drum* yang tidak memiliki medan magnet. Kombinasi dari magnet ini dapat terdiri dari tiga hingga sembilan balok magnet yang diposisikan dengan polaritas yang berlawanan dan mencakup sudut sekitar 90° hingga 120° (Usachyov dan Korytny, 1998).



Gambar 1 *Drum magnetic separator* (Svoboda, 2004)

Magnetic separator adalah alat untuk memisahkan material padat berdasarkan sifat kemagnetan suatu bahan. Hal ini dapat dilakukan karena bijih yang terdapat di alam mempunyai sifat kemagnetan yang berbeda antar satu dengan yang lain. Sifat kemagnetan yang tinggi (*ferromagnetic*), lemah (*paramagnetic*) dan nonmagnetik (*diamagnetic*). Alat ini terdiri dari pulley yang dilapisi dengan magnet yang berada disekitar arus listrik. Alat pemisah fase padat-padat ini memiliki prinsip kerja yaitu dengan melewati suatu bahan/material



1 padatan yang mengandung logam dan padatan yang tidak mengandung
ada suatu bagian dari *magnetic separator* yang diberi medan magnet,
latatan yang mengandung logam akan menempel (tertarik) pada medan

magnet sedangkan yang tidak mengandung magnet akan jatuh secara grafitasi dengan demikian terjadi pemisahan secara fisik (Ginting, 2015).

Magnetic separator adalah perangkat proses pemisahan satu mineral atau lebih dengan mineral lainnya yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan dari mineral-mineral tersebut. Mineral-mineral yang terdapat dalam bijih akan memberikan respon terhadap medan magnet sesuai dengan sifat kemagnetan yang dimilikinya. Mineral yang akan tertarik oleh medan magnet dikelompokkan sebagai mineral *magnetic*, sedangkan yang tidak tertarik oleh medan magnet dikelompokkan sebagai mineral *non-magnetic*. Mineral-mineral yang masuk dalam kelompok mineral *magnetic* misalnya: *magnetite, hematite, ilmenite, siderite, monazite*. Sedangkan mineral-mineral yang dikelompokkan dalam mineral *non-magnetic* misalnya: kuarsa, mika, *corundum, gypsum, zircon, feldspar* (Lube, et, al., 2012)

Magnet Separator merupakan sistem konsentrasi atau memisahkan antar mineral yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan dari mineral – mineral yang terdapat dalam unsur yang akan memberikan tanda terhadap medan magnet sesuai sifat kemagnetan yang dimilikinya. Dimana magnet ini ditempatkan di bagian ujung belt sebelum batubara tumpah ke *chute* (unit pengarah) atau *crusher* (unit penghancur). Material yang mempunyai unsur kemagnetan yang kuat akan merespon atau terpengaruh oleh medan magnet dan tertangkap oleh Magnet Separator agar tidak terbawa sampai ke stockpile ataupun kapal.

Magnetic Separator adalah segmen asli untuk partikel dengan kekuatan dan kekurangan yang berbeda dilihat dari 3 metode, yaitu kekuatan daya tarik (*fascination*), gravitasi, gerusan dan dormansi. Umpan ke pemisah yang menarik diisolasi menjadi sesuatu seperti dua bagian. Jika separator digunakan untuk membuat magnet pekat, maka separator umumnya bersifat paramagnetik atau diamagnetik. Parcel yang memanfaatkan magnet mengandalkan kehebatan daya pikat dari bahan yang akan diproteksi. Efisiensi pembagian menggunakan magnet harus dilihat dari tingkat fiksasi memulihkan dan menarik (Santoso, et, al., 2022).



Magnetic Separator merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan mineral magnetik dan non-magnetik dari mineral berharga. Tujuannya adalah meningkatkan kandungan material berharga dalam deposit alami sehingga

meningkatkan harga jual. Pemisahan magnetik ini merupakan pemisahan fisik partikel berharga berdasarkan gaya magnet yang bekerja berlawanan arah. Oleh karena itu, pemisahan menggunakan pemisah magnetik merupakan cara yang efisien. Pemisah magnetik bekerja dengan memanfaatkan perbedaan sifat magnetik material. Material ferromagnetik, seperti besi, akan tertarik kuat oleh gaya magnet. Material paramagnetik akan tertarik oleh gaya magnet tetapi tidak sekuat material ferromagnetik. Material diamagnetik tidak dapat ditarik oleh garis gaya magnet sama sekali (Wills, 2005).

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan berfokus pada "Studi Perolehan Nikel Pada Bijih Saprolit Menggunakan Metode Pemanggangan Tereduksi dan Separasi Magnetik".

Metode penelitian pada penelitian ini mencakup waktu dan lokasi penelitian,

penelitian, alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data penelitian, isis data penelitian.

