

## PENGARUH KONDISI OPERASI GRINDING BIJIH LATERIT MENGUNAKAN BALL MILL TERHADAP KOMPOSISI Fe DAN Si

Gyan Prameswara<sup>1</sup>, Flaviana Yohanala Prista Tyassena<sup>2</sup>, Idi Amin<sup>3</sup>, Husnul  
Hatimah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar  
gyan@atim.ac.id<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Proses pemurnian nikel sudah menjadi perhatian pada beberapa tahun ini. Salah satu pengolahan awal yang krusial pada proses pemurnian nikel ini adalah dengan proses grinding. Nikel sendiri banyak terdapat pada mineral goethite yang mana juga terikat dengan Fe. Proses grinding pada penelitian ini diketahui pengaruhnya terhadap elemen major yaitu Fe dan Si. Proses grinding dilakukan menggunakan ball mill menggunakan variasi parameter proses banyak bola baja 5-15 dan durasi grinding 5-15 menit. Proses karakterisasi mineral juga dilakukan sebelum proses grinding untuk mengidentifikasi mineral yang terdapat pada sampel. Diketahui bahwa mineral major yang terdapat pada sampel adalah mineral kuarsa sebesar 54.48 % diikuti dengan lizardite sebesar 20.3 % dan goethite sebesar (13.98 %). Proses grinding terbukti untuk memperluas permukaan (liberasi) mineral-mineral pembawa Fe (juga Ni) pada sampel. Pada parameter proses banyak bola 15, durasi grinding 15 menit dan kecepatan putar 8 rpm terdapat sebanyak 14.7 % Fe dan 8.28 % Si. Peningkatan konsentrasi Fe dan juga pengurangan konsentrasi Si ini disebabkan perbedaan kekerasan dari mineral-mineral yang terdapat pada sampel. Distribusi partikel produk grinding juga menunjukkan lebih dari 50% partikel memiliki ukuran lebih kecil dari 180µm. Proses penelitian lanjutan yang dilakukan akan memakai jalur hidrometalurgi dikarenakan kadar nikel yang rendah dan jugamineral yang refraktori.

**Kata kunci:** Laterite, grinding, ball mill, liberasi mineral, goethite.

### ABSTRACT

The nickel refining process has become a concern in recent years. One of the crucial initial steps in the nickel refining process is the grinding process. Nickel itself is abundant in goethite which is also bound to Fe. The grinding process in this study is known to affect the major elements, namely Fe and Si. The grinding process is carried out using a ball mill using several process parameters, namely steel balls in the range of 5-15 and grinding duration in the range of 5-15 minutes. The mineral characterization process is also carried out before the grinding process to identify the minerals contained in the sample. It is known that the major minerals contained in the sample are quartz minerals at 54.48% followed by lizardite at 20.3% and goethite at 13.98%. The grinding process is proven to increase the surface area (liberation) of Fe (also Ni) carrier minerals in the sample. In the process parameter of 15 balls, 15 minutes of grinding duration, and 8 rpm rotational speed, there are 14.7% Fe and 8.28 % Si. The increase in Fe concentration and also the reduction in Si concentration was due to the difference in hardness of the minerals contained in the sample. The particle distribution of the grinding product also shows that more than 50% of the particles have a size smaller than 180 m. The further research process carried out will use the hydrometallurgical route due to the low nickel content and refractory minerals.

**Keywords:** Laterite, grinding, ball mill, mineral liberation, goethite.

### PENDAHULUAN

Pengolahan bijih laterite telah menjadi topik penting pada beberapa tahun ini. Kegunaan nikel yang terdapat pada laterite lah yang menjadi daya tarik utama pada pengolahan atau pemurnian nikel [1]. Nikel sendiri telah banyak digunakan sebagai katoda dalam baterai kendaraan listrik [2]. Pemakaian nikel pada sumber daya kendaraan listrik dikarenakan daya tampung listrik yang lebih besar dan pengisian ulang yang lebih cepat [3]. Oleh karena kemampuannya inilah saat ini nikel menjadi

logam yang sangat penting. Telah diketahui secara luas bahwa penggunaan kendaraan listrik dapat mengurangi polusi udara yang berdampak buruk terhadap lingkungan [4].

Nikel sendiri didapatkan dari beberapa sumber mineral pembawa. Salah satu mineral tersebut merupakan goethite yang merupakan mineral pembawa nikel kadar rendah yang banyak terdapat di Indonesia [5]. Goethite di Indonesia terbagi menjadi dua tipe yaitu goethite yang berasal dari *laterite* (penambangan permukaan) dan *saprolite* (penambangan bawah tanah). Pada saat ini, sebanyak 60% bahan baku nikel diolah dari *saprolite* yang memiliki kadar nikel lebih tinggi. Namun, seiring dengan menipisnya cadangan nikel *saprolite* pengolahan mulai dialihkan kepada *laterite* yang ketersediaannya melimpah. Indonesia memiliki cadangan *laterite* tertinggi ketiga di dunia dengan 1.576 juta ton [6]. Tentunya sumber daya sebanyak ini harus diolah dengan bijak dan optimal untuk menjadikan Indonesia sebagai pemain utama dalam pengolahan nikel.

Proses pengolahan nikel sendiri dapat dibedakan menjadi dua jalur yaitu jalur pirometalurgi dan hidrometalurgi. Namun sebelum dilakukannya kedua proses tersebut harus dilakukan liberasi mineral terlebih dahulu. Proses liberasi ini sangat menentukan tingkat ekstraksi nikel pada proses berikutnya [7]. Pada pengolahan mineral, konsumsi energi paling besar berada pada proses liberasi dan kominusi mineral yaitu sebesar 70% dari total konsumsi [8]. Proses *grinding* banyak dipakai untuk mengecilkan ukuran mineral sebelum masuk ke tahap ekstraksi. Tingkat liberasi mineral akan sangat mempengaruhi proses ekstraksi yang dilakukan setelahnya [9]. Oleh karena itu, perlu dilakukan observasi terhadap proses grinding bijih *laterite* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap liberasi mineral. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses grinding terhadap konsentrasi Fe dan Si pada goethite.

## METODE PENELITIAN

### Karakterisasi Mineral

Sampel nikel *laterite* didapatkan dari Morowali, Sulawesi Tengah, Indonesia. Untuk mengetahui sifat dan keunikan dari sampel *laterite* ini maka dilakukanlah beberapa proses karakterisasi. Karakterisasi mineral dilakukan dengan analisis untuk mengetahui jumlah dan jenis mineral yang terdapat pada sampel dan juga untuk mengetahui kadar masing-masing elemen. Analisis kandungan mineral dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction SmartLab* dengan radiasi  $\text{CuK}\alpha$  pada rentang  $2\theta$  dari  $3-90^\circ$  dan analisis kadar elemen di dalam sampel menggunakan *X-Ray Fluorescence Rigaku* Primini Benchtop dengan waktu scan 5 menit per sampel.

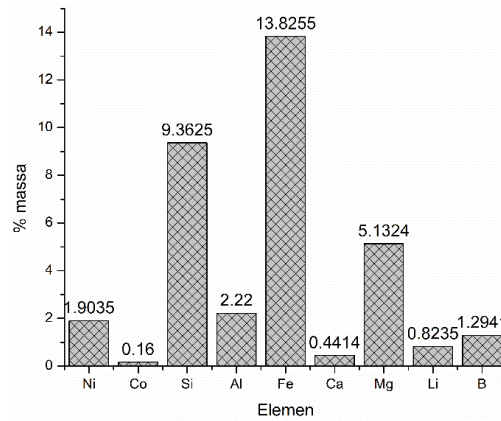
### Proses Grinding

Proses *grinding* dilakukan menggunakan *ball mill* dengan diameter 18.6 cm dan panjang 21.5 cm. *Ball mill* dilengkapi dengan lifters dan bola baja untuk proses penggerusan dengan diameter 2.5 cm serta berat 100 gram. Digunakan motor yang disambungkan dengan belt untuk memutar *ball mill* tersebut. Pada proses grinding, beberapa parameter diobservasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap komposisi Fe di dalam sampel. Parameter tersebut ialah banyak bola baja (5-15) dan durasi grinding (5-15). Untuk setiap proses grinding, dimasukkan 200 gram sampel *laterite* dan dilakukan pengayakan menggunakan *siever* Retsch tipe AS200 Basic selama 20 menit per sampel setelah proses *grinding*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

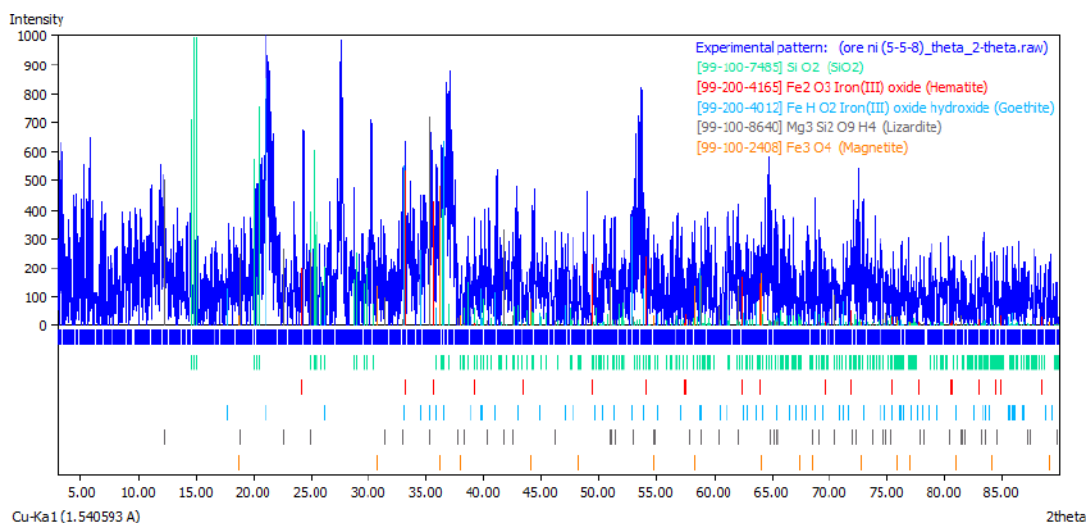
### Karakterisasi Mineral

Sampel *laterite* berasal dari Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Karakterisasi sampel *laterite* ini bertujuan untuk mengetahui mineral apa saja yang terdapat di dalam sampel. Tidak hanya itu, karakterisasi juga ditujukan untuk mengetahui seberapa besar kadar masing-masing elemen. Hasil analisis menggunakan XRF tersaji pada Gambar 1. di bawah. Terlihat bahwa elemen paling dominan pada sampel adalah Fe sebesar 13.82%. Uniknya, terdapat sebagian besar silika pada sampel (9.36%) hal ini menandakan silika ( $\text{SiO}_2$ ) masih banyak terdapat pada sampel. Hal ini dibuktikan juga oleh analisis XRD pada Gambar 2. Nikel sendiri terdapat dalam porsi yang sedikit. Hanya terdapat sebanyak 1.9 % Ni pada sampel, hal ini dapat menjadi indikasi awal bahwa sampel ini memanglah sampel yang ditambang dari tambang permukaan, berbeda dengan jenis bijih *saprolite* yang memiliki konsentrasi nikel hingga 2.5 % [10].



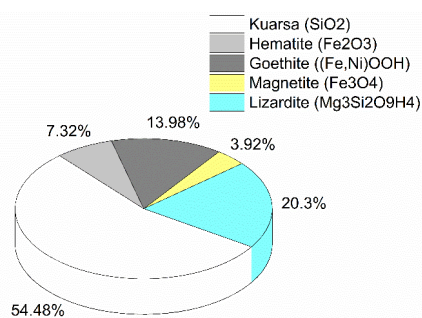
**Gambar 1.** Kadar elemen pada sampel

Gambar 1 juga menunjukkan elemen lain yang terdapat pada sampel yaitu cobalt, aluminium, kalsium, magnesium, litium dan boron. Keterdapatannya elemen Fe dalam jumlah besar dapat diindikasikan sebagai mineral pembawanya merupakan mineral dalam golongan oksida besi seperti hematite ( $Fe_2O_3$ ), magnetite ( $Fe_3O_4$ ) dan goethite ( $(Fe,Ni)OOH$ ) [11].



**Gambar 2.** Pola XRD dari sampel

Terlihat pada Gambar 2. bahwa terdapat mineral pembawa Fe yaitu hematite, magnetite dan goethite. Goethite disini juga merupakan mineral pembawa nikel. Terdapat juga mineral lizardite yang merupakan gangue mineral pada sampel (mineral pengganggu/ tidak diinginkan). Berdasarkan hasil perbandingan pola XRD sampel dengan pola referensi didapatkan kadar masing-masing mineral sebagaimana disajikan pada Gambar 3.

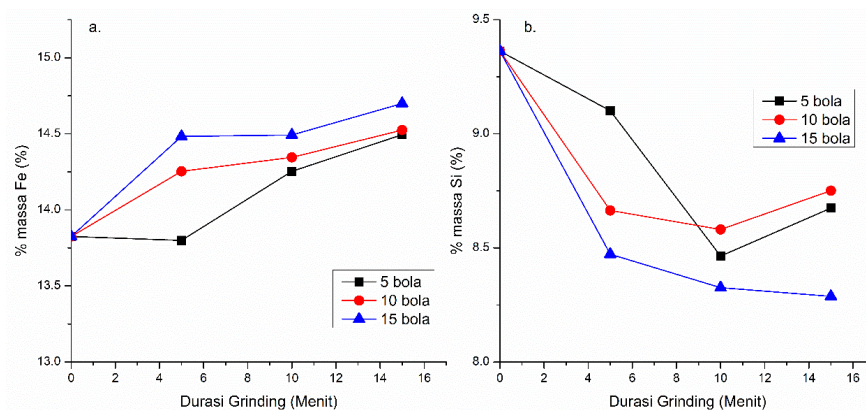


**Gambar 3.** Komposisi mineral pada sampel

Pada Gambar 3, Terlihat bahwa mineral yang paling dominan pada sampel adalah kuarsa diikuti dengan lizardite dan goethite. Dengan demikian perlu dilakukan pemisahan kuarsa terlebih dahulu untuk memaksimalkan proses pemurnian selanjutnya.

### Pengaruh Kondisi Proses *Grinding* Terhadap Fe dan Si

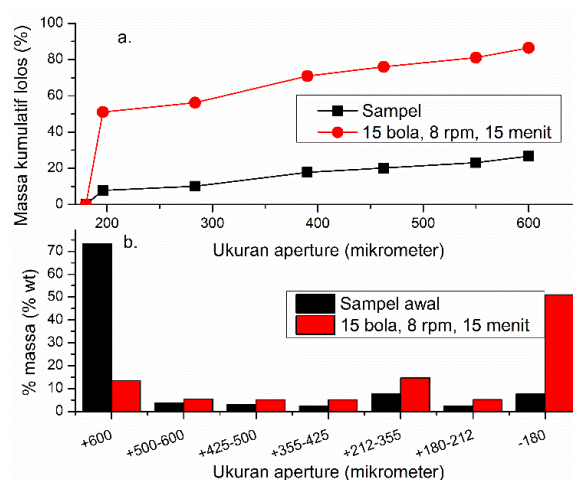
Proses *grinding* dilakukan dengan mengobservasi perubahan konsentrasi Fe pada kondisi operasi yang berbeda. Gambar 4. Menunjukkan distribusi Fe pada berbagai kondisi operasi. Analisis sampel dilakukan pada ukuran partikel 180  $\mu\text{m}$ . Terlihat bahwa seiring dengan penambahan jumlah bola dan durasi *grinding*, konsentrasi Fe di dalam sampel semakin tinggi. Hal ini mengindikasikan luas permukaan mineral pembawa Fe (Hematite, magnetite dan goethite) semakin besar dikarenakan terliberasi oleh proses *grinding* menggunakan *ball mill*. Sebaliknya, konsentrasi kuarsa sebagai mineral pembawa Si semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh nilai *Mohs' Hardness* atau nilai kekerasan silika lebih besar dibanding dengan mineral pembawa Fe. Nilai *Mohs' Hardness* dari mineral pembawa silika berkisar dari 7-7.5 sedangkan hematite, magnetite dan goethite berkisar dari 5-6.5 [12,13]. Dengan demikian, selain untuk memperkecil ukuran partikel, proses *grinding* pada kondisi operasi yang tepat juga dapat menjadi proses pengkonsentrasian awal mineral berdasar perbedaan nilai kekerasannya. Pada banyak bola baja 15, durasi grinding 15 menit dan kecepatan putar ball mill 8 rpm konsentrasi Fe meningkat dari 13.82% menjadi 14.7% sedangkan konsentrasi Si berkurang dari 9.36% menjadi 8.28%.



Gambar 4. Konsentrasi (a) Fe dan (b) Si pada proses *grinding* (kecepatan putar 8 rpm)

### Analisis Distribusi Partikel

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis distribusi partikel untuk sampel awal dan untuk sampel pada kondisi operasi maksimum. Terlihat pada Gambar 5. bahwa perbedaan gap massa kumulatif lolos dari sampel dan pada kondisi maksimum sangat besar. Terdapat lebih dari 50 % dari massa sampel memiliki ukuran 180  $\mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa partikel umpan sangat mudah terliberasi. Pada Gambar 5b. juga terlihat bahwa distribusi partikel sampel awal terdiri dari sebagian besar ukuran partikel lebih besar dari 600  $\mu\text{m}$  sedangkan setelah proses grinding terdapat lebih dari 50 % partikel berukuran lebih kecil dari 180  $\mu\text{m}$ . Tidak terlihat terbentuknya puncak lain (bimodal) yang berarti pada distribusi partikel sampel awal dan juga hasil proses *grinding*. Hal ini menandakan bahwa proses *grinding* pada kondisi parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap pengecilan ukuran partikel umpan.



Gambar 5. Analisis ukuran partikel (a) massa kumulatif lolos dan (b) distribusi partikel

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan observasi pengaruh parameter proses *grinding* menggunakan *ball mill* didapatkan bahwa pada kondisi maksimum dapat memperluas permukaan partikel umpan secara keseluruhan. Konsentrasi Fe meningkat sedangkan konsentrasi Si pada produk proses *grinding* akan berkurang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kekerasan dari mineral-mineral pembawanya. Konsentrasi Fe meningkat dari 13.82% menjadi 14.7% sedangkan konsentrasi Si berkurang dari 9.36% menjadi 8.28%. Parameter proses paling optimal pada proses grinding ini dicapai pada banyak bola baja 15, durasi grinding 15 menit dan kecepatan putar 8 rpm. Distribusi partikel juga menunjukkan efektivitas proses grinding menggunakan ball mill. Terdapat lebih dari 50 % massa produk yang memiliki ukuran partikel lebih kecil dari 180  $\mu\text{m}$ . Proses selanjutnya yang akan dilakukan terhadap bijih laterite ini adalah dengan melakukan proses *leaching* untuk mengekstrak logam berharga dari sampel. Proses hidrometalurgi dipilih dikarenakan sifat refraktori dari bijih *laterite* ini.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar untuk pemakaian peralatan proses (*ball mill*) pada penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Campagnol, K. Hoffman, A. Lala, and O. Ramsbottom. The future of nickel: a class act. , London, 2017.
- [2] A. Nieto, V. Montaruli, and M. Cardu. The strategic importance of nickel: scenarios and perspectives aimed at global supply. *Trans. Soc. Min., Metall., Explor* 334(January 2013):510–518. 2013 [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/259970932>
- [3] J. Anderson, Y. Lu, O. Heathman, and J. Frasser. Study on future demand and supply security of nickel for electric vehicle batteries. , Luxemburg, 2021.
- [4] I. Setiawan, E. Febrina, R. Subagja, S. Harjanto, and F. Firdiyono. Investigations on mineralogical characteristics of Indonesian nickel laterite ores during the roasting process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 541(1):012038. 2019
- [5] R. Fan and A. R. Gerson. Mineralogical characterisation of Indonesian laterites prior to and post atmospheric leaching. *Hydrometallurgy* 134–135:102–109. 2013
- [6] W. Astuti, T. Hirajima, K. Sasaki, and N. Okibe. Comparison of atmospheric citric acid leaching kinetics of nickel from different Indonesian saprolitic ores. *Hydrometallurgy* 161:138–151. 2016
- [7] C. S. Sridhar, P. S. Sankar, and R. K. Prasad. Grinding kinetics, modeling, and subsieve morphology of ball mill grinding for cement industry ingredients. *Particulate Science and Technology* 34(1):1–8. 2016
- [8] S. Tarasiewicz and P. Radziszewski. Grinding process simulation in a ballmill. *Mathematical and Computer Modelling* 14(C):1072–1074. 1990
- [9] K. Quast, J. N. Connor, W. Skinner, D. J. Robinson, and J. Addai-Mensah. Preconcentration strategies in the processing of nickel laterite ores Part 1: Literature review. *Minerals Engineering* 79:261–268. 2015
- [10] Y. I. Supriyatna, I. H. Sihotang, and Sudibyo. Preliminary study of smelting of Indonesian Nickel Laterite Ore using an Electric Arc Furnace. *Materials Today: Proceedings* 13:127–131. 2019
- [11] E. E. I. Irabor and P. O. Okolo. Chemical and Mineralogical Characteristics of Lateritic Iron Ore Deposit At Iyuku, Etsako West Local Government Area of Edo State, Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences* 16(2):309–312. 2010 [Online]. Available: [www.globaljournalseries.com](http://www.globaljournalseries.com);
- [12] A. Szymanski and J. M. Szymanski. Hardness Estimation of Minerals, Rocks and Ceramic Materials. Warszawa: PWN-Polish Scientific Publisher, 1989.
- [13] T. S. Yusupov, E. A. Kirillova, and L. G. Shumskaya. Mineral hardness effect on the combined mineral grinding. *Journal of Mining Science* 43(4):450–454. 2007