



EVALUASI SISTEM KOMINUSI PRIMER PADA BENEFISIASI *COPPER-BEARING-MINERAL*

Gyan Prameswara^{a,*}, Flaviana Yoahanala Prista Tyassena^a, Pandu Dwi Cahya Perkasa^b

^a Program Studi Teknik Kimia Mineral – Politeknik ATI Makassar

Jl. Sunu No. 220, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, 90511

^b PT. Cahya Kurniawa Teknologi

Margorejo, Tempel, Sleman, D.I. Yogyakarta, 55552

*E-mail: gyan@atim.ac.id

Masuk Tanggal : 20 Januari, revisi tanggal: 28 Februari, diterima untuk diterbitkan tanggal : 8 Juni 2022

Abstrak

Proses kominusi merupakan langkah awal dalam pengolahan mineral. Efisiensi dan keberhasilan memetakan atau untuk karakterisasi material pada proses ini akan membantu pembangunan strategi pengolahan yang paling tepat untuk pemurnian Cu dari bijih kalkopirit. Sistem kominusi yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari 2 proses *grinding* (jaw crusher dan ball mill). Proses *grinding* pertama menggunakan jaw crusher belum efektif untuk menggerus bijih kalkopirit. Masih terdapat frekuensi massa yang tinggi pada rentang ukuran lebih besar dari 600 μm . Oleh karena itu, dilakukan penggerusan kedua menggunakan ball mill dengan rasio berat umpan:bola baja = 1:10, kecepatan putar 25 rpm selama 60 menit. Produk *grinding* kedua memiliki frekuensi massa lebih dari 60% pada rentang ukuran lebih kecil dari 180 μm . Nilai ukuran pada 80% kumulatif massa lolos (P80) pada produk *grinding* kedua juga berkurang secara signifikan yaitu berada pada rentang ukuran 212-355 μm . Karakterisasi mineral juga telah dilakukan untuk mengetahui konsentrasi elemen dan mineral pada sampel. Cu sebagai target mineral memiliki konsentrasi sebesar 7.57% sedangkan Si sebagai *major* elemen memiliki konsentrasi sebesar 35.5%. Mineral paling dominan pada sampel adalah kuarsa, kalkopirit, kalkosit dan kovelit dengan konsentrasi masing-masing secara berurutan adalah sebesar 81.10%, 2.76%, 13.28 dan 2.86%.

Kata Kunci: Kominusi, Penggerusan, Karakterisasi Mineral, Kalkopirit

Abstract

The comminution process is the first step in mineral processing. The efficiency and success of mapping or characterizing the material in this process will help develop the most appropriate treatment strategy for refining Cu from chalcopirite ore. The comminution system used in this study consisted of 2 grinding processes (jaw crusher and ball mill). The first grinding process using a jaw crusher has not been effective for grinding chalcopirite ore. There is still a high mass frequency in the size range greater than 600 μm . Therefore, a second grinding was carried out using a ball mill with a ratio of feed weight: steel ball = 1:10, rotating speed of 25 rpm for 60 minutes. The second grinding product has a mass frequency of more than 60% in a size range smaller than 180 μm . The size value at 80% of the cumulative undersize (P80) in the second grinding product was also significantly reduced, which was in the size range of 212-355 μm . Mineral characterization has also been carried out to determine the concentration of elements and minerals in the sample. Cu as the target mineral has a concentration of 7.57% while Si as the major element has a concentration of 35.5%. The most dominant minerals in the sample were quartz, chalcopirite, chalcocite, and covellite with concentrations of 81.10%, 2.76%, 13.28, and 2.86% respectively.

Keywords: *Comminution Process, Grinding, Minerals Characterization, Chalcopirite*

1. PENDAHULUAN

Potensi deposit mineral pembawa tembaga (Cu) di Indonesia memang menarik perhatian. Ditengah kelangkaan sumber daya pada saat ini, ekstraksi tembaga di Indonesia menjadi perhatian

untuk dapat dilakukan secara berkelanjutan dan memperhatikan aspek ekonomis dan lingkungan [1–3]. Pengolahan mineral yang mengandung tembaga (*copper-bearing-minerals*) seperti kalkopirit (CuFeS_2) dan kalkosit (Cu_2S) memang

menjadi tantangan bagi industri. Bukan hanya karena sifat refraktorinya, tetapi juga tingkat rekoveri yang rendah masih menjadi tantangan dalam pengolahan mineral-mineral ini menggunakan metode hidrometalurgi. Pada saat ini pemurnian tembaga dari mineral kalkopirit dan kalkosit masih menggunakan proses pemanasan yang memiliki beberapa aspek negatif seperti lepasan gas SO_x, penggunaan energi yang tinggi untuk proses peleburan dan harus melalui proses flotasi untuk meningkatkan kadar awal dari Cu [4–8].

Tembaga merupakan logam *non-ferrous* terpenting kedua setelah aluminium dan banyak dipakai dalam aplikasi industri seperti konstruksi, komponen mesin dan elektronik, serta untuk komponen telekomunikasi (wire) [9]. Kalkopirit merupakan mineral yang keterdapatannya paling banyak sebagai pembawa Cu (*Cu-bearing-minerals*). Mineral lain seperti kalkosit (Cu₂S) dan kovelit (CuS) merupakan mineral alternatif lain untuk ekstraksi logam ini [10].

Proses benefisiasi mineral merupakan proses awal perlakuan pada bijih setelah proses penambangan. Pada proses ini bijih di preparasi dan dipisahkan secara fisik dari gangue mineralnya (mineral pengotor) [11]. khususnya proses benefisiasi mineral menjadi sangat krusial dalam preparasi *Cu-Bearing-Minerals*. Karena pada proses ini terjadi liberasi dari mineral-mineral tersebut. Selain sifat dari *Cu-bearing-minerals* yang refraktori (sulit dipisahkan karena bonding antar ikatan yang kuat), terkadang keterdapatannya mineral tersebut sering bersamaan dengan mineral pengotornya (gangue minerals) seperti kuarsa (SiO₂). Oleh karena itu, pengurangan ataupun pemisahan kuarsa pada proses benefisiasi awal menjadi sangat krusial untuk mendapatkan *Cu-bearing-minerals* dengan konsentrasi lebih tinggi [12–14].

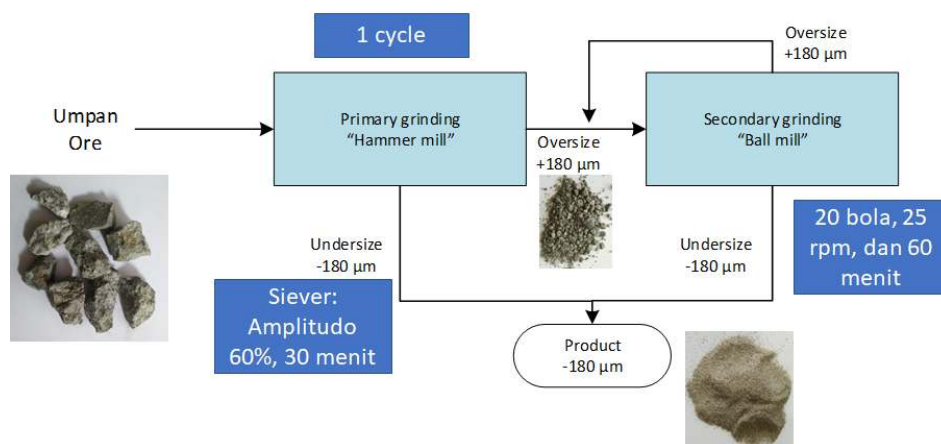
Penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi proses kominusi awal untuk preparasi dan karakterisasi dari *Cu-bearing-minerals*. Sebagai tahapan awal pada proses pengolahan mineral, akan digunakan jaw crusher dan ball mill untuk proses kominusi. Karakterisasi awal juga dilakukan untuk mengetahui konten elemen dan mineral yang terdapat.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

Sampel bijih kalkopirit berasal dari Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Proses kominusi bijih dilakukan menggunakan hammer mill dengan kapasitas 2 kg kemudian dilanjutkan dengan *grinding* menggunakan Ball mill.

Sampel awal berukuran rata-rata 2.5 cm. Digunakan kecepatan perputaran hammer sebesar 500 rpm (*grinding 1*) dilakukan dengan 1 cycle *grinding*. Kondisi operasi ball mill yang digunakan adalah 20 bola baja (rasio umpan:bola baja = 1:10) dengan ukuran diameter rata-rata 2 cm, 25 rpm selama 60 menit (*grinding 2*). Diagram penelitian tersaji pada Gambar 1. Analisis ukuran partikel dilakukan untuk produk *grinding 1* dan *grinding 2*. Proses pengayakan dilakukan dengan Retsch Test Sieve model AS 200 pada amplitudo 60% selama 30 menit. Evaluasi kemudian dilakukan untuk menentukan kumulatif massa lolos (cumulative undersize) dan fraksi massa dari setiap rentang ukuran.

Karakterisasi konsentrasi elemen dilakukan menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF) Rigaku Mini Benchtop dengan waktu scan 5 menit. Identifikasi bulk mineral dilakukan menggunakan instrumen X-Ray Diffraction (XRD) SmartLab dengan radiasi Cu-K α pada rentang 2 θ sebesar 3-90°.



Gambar 1. Diagram proses kominusi bijih kalkopirit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

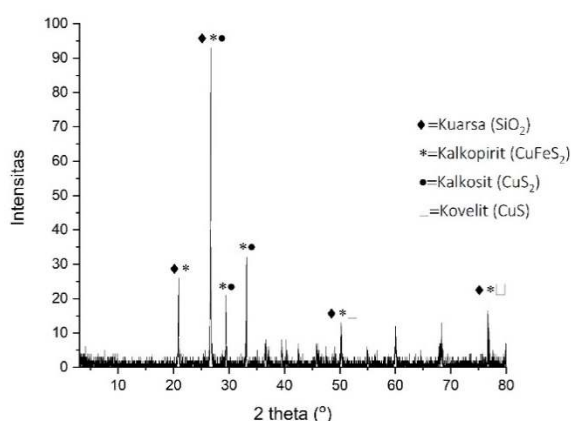
3.1. Karakterisasi mineral

Konsentrasi Cu pada sampel terdeteksi sebesar 7.53 %. Nilai ini menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Cu pada deposit lain seperti pada deposit yang dilaporkan oleh penelitian sebelumnya [15]. Konsentrasi elemen pada sampel tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi elemen.

Elemen	% berat
Si	35.50
S	29.72
Fe	23.76
Cu	7.57
P	1.04
K	0.95
Ca	0.70
Ti	0.29
Mn	0.22

Konten silika menjadi perhatian penting. Keberadaan silika yang tinggi mengindikasikan konten gangue mineral yang tinggi pula. Hal ini menjadi catatan penting untuk melakukan proses reduksi dan/atau pemisahan konten silika sebelum diumpangkan ke proses hidrometalurgi. Konsentrasi S dan Fe yang tinggi juga mengindikasikan fase mineral dominan pada sampel adalah kalkopirit (CuFeS_2), hal ini dikonfirmasi lebih lanjut dengan data powder diffraction pada Gambar 2.



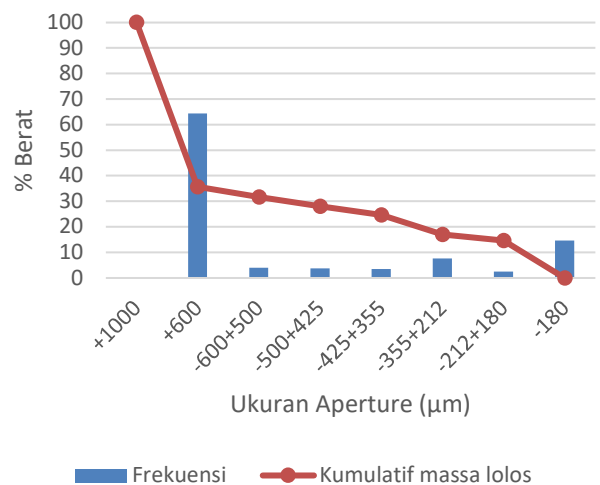
Gambar 2. Pattern XRD bijih kalkopirit.

Terdeteksi mineral kuarsa dan kalkopirit merupakan fase major pada sampel. Dari data ini diketahui bahwa mineral-mineral major seperti kuarsa dan kalkopirit memiliki pattern difraktografi yang runcing, menandakan mineral-mineral tersebut memiliki struktur kristalin yang baik. Dari data pattern dapat juga diketahui

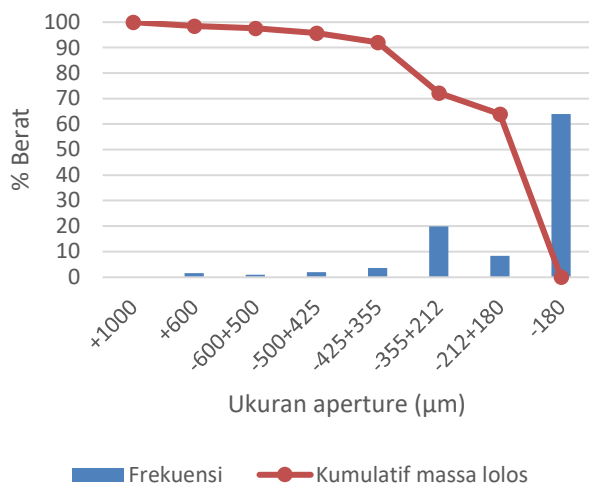
komposisi mineral-mineral major pada sampel. Konsentrasi kuarsa, kalkopirit, kalkosit dan kovelit berurutan adalah sebesar 81.10%, 2.76%, 13.28 dan 2.86%. konsentrasi kuarsa yang masih sangat tinggi menjadi perhatian pada pengolahan atau pemurnian pada penelitian selanjutnya.

3.2. Distribusi ukuran partikel dan evaluasi proses grinding

Distribusi ukuran partikel memiliki fungsi untuk mengevaluasi kinerja proses *grinding*. Faktor properti fisik secara signifikan mempengaruhi proses *grinding* adalah ukuran partikel dan kekerasan mineral. Telah diketahui bahwa kekerasan mineral major pada sampel (dalam skala Mohs) untuk kuarsa = 7, kalkopirit = 3.5, kalkosit = 2.5-3 dan kovelit = 1.5-2. Dilihat dari faktor kekerasan mineral, kuarsa memiliki kekerasan paling tinggi, berbeda sangat signifikan dari *Cu-bearing-minerals*. Hal ini memungkinkan sebaran mineral kuarsa akan lebih tinggi pada rentang ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan dengan *Cu-bearing-mineral*, begitu sebaliknya. Data sebaran ukuran partikel tersaji pada Gambar 3 (produk *grinding* 1) dan Gambar 4 (produk *grinding* 2).



Gambar 3. Distribusi ukuran partikel produk *grinding* 1 (jaw crusher)



Gambar 4. Distribusi ukuran partikel produk *grinding* 2 (ball mill)

Dari data distribusi ukuran partikel terlihat bahwa pada produk *grinding* 1 masih terdapat pada porsi besar untuk partikel dengan ukuran lebih besar dari 600 μm. Hal ini menandakan diperlukannya proses *grinding* lanjutan untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih halus. Proses *grinding* kedua menggunakan ball mill dengan parameter proses rasio umpan:bola baja = 1:10 (berat/berat), kecepatan putar 25 rpm selama 60 menit. Kinerja proses *grinding* kedua secara signifikan meningkatkan frekuensi partikel dengan ukuran yang lebih kecil. Terlihat pada Gambar 4, frekuensi paling besar ditunjukkan oleh partikel dengan ukuran lebih kecil dari 180 μm. Kumulatif massa lolos 80% dari total massa umpan (P80) juga menunjukkan rentang ukuran yang lebih kecil dibanding proses *grinding* pertama (-355+212 μm). Hal ini menunjukkan bahwa sistem kominusi menggunakan 1 cycle *grinding* pertama (jaw crusher) dan *grinding* kedua (ball mill) efektif untuk digunakan pada bijih kalkopirit.

Observasi lanjutan mengenai data sebaran elemen dan mineral serta karakteristik material lanjutan pada masing-masing ukuran partikel akan dilakukan pada penelitian berikutnya. Sehingga didapatkan strategi yang paling tepat untuk mengolah atau memurnikan mineral bernilai (*valuable minerals*) dari bijih kalkopirit.

4. KESIMPULAN

Proses *grinding* menggunakan sistem kominusi yang tepat akan memberikan efisiensi penggunaan daya yang lebih tinggi untuk industri pengolahan mineral, sehingga bisa menekan biaya operasi. Proses kominusi juga sangat penting untuk proses karakterisasi dan liberasi Cu-bearing-minerals. Telah dilakukan karakterisasi awal bijih kalkopirit serta analisis distribusi

partikelnya. Mineral paling dominan yang terdapat pada sampel adalah kuarsa (SiO₂), diikuti dengan kalkosit (Cu₂S), kovelit (CuS) dan kalkopirit (CuFeS₂). Konsentrasi Cu pada sampel sebesar 7.57%.

Proses *grinding* pertama (jaw crusher) hanya efektif untuk menggerus bijih kalkopirit dari ukuran rata-rata 2.5 cm hingga 600 μm. Proses *grinding* kedua (ball mill) berhasil untuk mengurangi ukuran partikel dengan frekuensi lebih dari 60% dari total umpan menjadi lebih kecil dari 180 μm. Kumulatif massa lolos 80% dari massa total juga menunjukkan pada rentang yang lebih kecil (-325+212 μm) yang mengindikasikan secara keseluruhan sistem kominusi menggunakan jaw crusher dan ball mill sudah efektif untuk dipakai dalam proses kominusi bijih kalkopirit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Mineral – Politeknik ATI Makassar untuk peminjaman peralatan kominusi. Serta mengucapkan terima kasih kepada PT. Cahaya Kurniawan Teknologi untuk pemberian sampel bijih kalkopirit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Yamamoto, A. Maulana, K. Yonezu, K. Watanabe, and A. Subehan, "The Mineralization Characteristics of Copper and Gold at Sungai Mak Deposit in Gorontalo, Northern Sulawesi, Indonesia," in *Geoscience for Energy, Mineral Resource, and Environment Applieds 2014*, 2014, pp. 1–5.
- [2] S. J. Suprpto, D. Murdohardono, S. Suparno, O. Abdurahman, and A. T. Subekti, "Alterasi dan Mineralisasi di Pulau Merah, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur," *Buletin Sumber Daya Geologi*, vol. 13, no. 2, pp. 70–83, 2018,
- [3] BPS, "Produksi Barang Tambang Mineral 2017-2019," Jakarta, 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/10/508/1/produksi-barang-tambang-mineral.html>
- [4] A. Navarra, H. Marambio, F. Oyarzún, R. Parra, and F. Mucciardi, "System dynamics and discrete event simulation of copper smelters," *Minerals and Metallurgical Processing*, vol. 34, no. 2, pp. 96–106, 2017,

- [5] J. J. Eksteen, E. A. Oraby, and B. C. Tanda, "A conceptual process for copper extraction from chalcopyrite in alkaline glycinate solutions," *Minerals Engineering*, vol. 108, pp. 53–66, 2017,
- [6] D. L. Bampole, P. Luis, and A. F. Mulababafubiani, "Sustainable copper extraction from mixed chalcopyrite–chalcocite using biomass," *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, vol. 29, no. 10, pp. 2170–2182, 2019,
- [7] K. Pérez, R. I. Jeldres, S. Nieto, E. Salinas-Rodríguez, P. Robles, V. Quezada, J. Hernández-ávila, and N. Toro, "Leaching of pure chalcocite in a chloride media using waste water at high temperature," *Metals*, vol. 10, no. 3, 2020,
- [8] M. E. Schlesinger, M. J. King, K. C. Sole, and W. G. Davenport, *Extractive Metallurgy of Copper*, 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 2011.
- [9] F. Lambert, S. Gaydardzhiev, G. Léonard, G. Lewis, P. F. Bareel, and D. Bastin, "Copper leaching from waste electric cables by biohydrometallurgy," *Minerals Engineering*, vol. 76, pp. 38–46, May 2015,
- [10] V. F. Monteiro, O. Garcia, and O. H. Tuovinen, "Oxidative dissolution of covellite by *Thiobacillus ferrooxidans*," in *Process Metallurgy*, vol. 9, 1999, pp. 283–290.
- [11] N. Poloko, G. Danha, and T. Gaogane, "Processing and characterization of chalcopyrite (CuFeS₂) sample from Botswana," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 35, pp. 488–493.
- [12] Mohammad. Khoshkhoo, "Chalcopyrite Dissolution in Sulphate-Based Leaching and Bioleaching Systems," Luleå tekniska universitet, Luleå, 2014.
- [13] H. Veltman, S. Pellegrini, and V. N. Mackiw, "Direct acid pressure leaching of chalcocite concentrate," *Jom*, vol. 19, no. 2, pp. 21–25, 1967,
- [14] X. Chen, Y. Peng, and D. Bradshaw, "The separation of chalcopyrite and chalcocite from pyrite in cleaner flotation after regrinding," *Minerals Engineering*, vol. 58, pp. 64–72, 2014,
- [15] G. Setyawan and D. M. Zaki Mubarok, "pelindian tembaga dari bijih kalkopirit dalam larutan asam sulfat dan ozon sebagai oksidator," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 11, no. 2, pp. 118–128, 2015,