

PENGARUH PENAMBAHAN BIOPOLIMER TERHADAP KINERJA PROSES SIANIDASI BIJIH EMAS

The Effect of Biopolymer Addition on the Performance of Gold Cyanidation Process

SITI AMINAH* dan JANUAR F. IRAWAN*

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37 Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telepon 0331-484977 Faximile 0331-484977
e-mail : siti.aminah@unej.ac.id atau lilu_amin@yahoo.com

* Kontributor utama

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan biopolimer ekstrak kayu terhadap kinerja proses sianidasi. Dilakukan serangkaian percobaan sianidasi tanpa penambahan biopolimer ekstrak kayu Pionera L 800 dan dipelajari pengaruh penambahan biopolimer terhadap perubahan viskositas *slurry*, konsentrasi oksigen terlarut, dan persen ekstraksi pelindian. Parameter yang divariasikan adalah konsentrasi biopolimer yaitu 0, 200, 400, 600 dan 800 ppm. Penambahan biopolimer sebanyak 400 ppm meningkatkan persen ekstraksi emas pada proses sianidasi sebesar 5,78% (dari 74,4% menjadi 80,18%). Penambahan biopolimer sebanyak 400 ppm menurunkan viskositas *slurry* sebesar 41,48% dan dapat meningkatkan terjadinya pelarutan tembaga yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan persen ekstraksi tembaga sebesar 23,53%.

Kata kunci: bijih emas, pelindian, biopolimer, ekstrak kayu.

ABSTRACT

This research aims to study the effect of the addition of wood extract biopolymers on the performance of cyanidation process. A series of cyanidation experiments with and without the addition of biopolymer wood extract Pionera L 800 was carried out to determine the influence of biopolymer addition on changes in slurry viscosity, dissolved oxygen concentration, and extraction percentage. The parameter which is the experimental variable were the concentration of biopolymers; 0, 200, 400, 600 and 800 ppm. The addition of 400 ppm biopolymer increased the percentage of gold extraction in the cyanidation process by 5.78% (from 74.4% to 80.18%), decreased the viscosity of slurry by 41.48% and increased copper extraction by 23.53%.

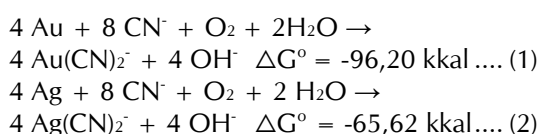
Keywords: gold ore, leaching, biopolymer, wood extract.

PENDAHULUAN

Logam emas memiliki banyak kegunaan di antaranya untuk perhiasan, komponen elektronik, mata uang, dan kegunaan lainnya. Emas merupakan logam mulia yang memiliki sifat istimewa seperti kilap yang menarik,

konduktivitas listrik yang tinggi, inert, dan tahan korosi. Hal ini merupakan faktor-faktor yang menjadikan logam emas bernilai tinggi. Kandungan emas pada kerak bumi hanya sebesar 0,005 g/t, jauh di bawah perak (0,07 g/t) dan tembaga (50 g/t) (Marsden dan House, 2006).

Bijih emas dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe berdasarkan kemudahannya diekstraksi, yaitu bijih emas tipe *free-milling*, bijih emas kompleks dan bijih emas tipe refraktori. Bijih emas *free-milling* dapat diekstrak dengan metode sianidasi konvensional dan ukuran yang tidak terlalu halus menghasilkan persen ekstraksi di atas 90% (Lunt dan Weeks, 2005). Bijih emas kompleks mengandung komponen-komponen yang ikut mengkonsumsi sianida dan oksigen sehingga konsumsi reagen pelindi yang dibutuhkan sangat tinggi. Persamaan reaksi untuk pelarutan emas dan perak dalam larutan sianida dapat ditulis sebagai berikut:



Reaksi pelarutan emas dalam larutan sianida merupakan reaksi redoks. Pada daerah anodik akan terjadi reaksi oksidasi Au menjadi Au^+ yang segera bereaksi dengan CN^- membentuk kompleks emas-sianida ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$). Pada bijih refraktori, partikel emas yang berukuran halus terjebak dalam mineral sulfida yang sulit dilarutkan dalam proses sianidasi. Termasuk dalam bijih refraktori adalah tipe bijih *preg-robbing* yaitu bijih mengandung material-material karbon (*carbonaceous materials*) yang cenderung mengadsorpsi emas yang sudah terlarut pada proses sianidasi.

Uji karakteristik yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu (Aminah, 2019) adalah penentuan dengan berbagai teknik analisis unsur seperti mineralogy, XRD (*x-ray diffraction*), XRF (*x-ray fluorescence*), dan analisis *fire assay*. Pengujian tersebut diperlukan untuk penentuan struktur dan komposisi suatu mineral, sifat-sifat fisika dan kimia dari mineral yang terkandung dalam batuan sampel, dan keberadaan mineral asosiasinya. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan persen ekstraksi emas dalam proses pelindian, antara lain dengan optimasi konsentrasi sianida dan konsentrasi oksigen terlarut pada proses sianidasi (Ellis dan Senanayake, 2004), penambahan timbal nitrat, pelindian selektif emas dari bijih oksida dengan ammonia-sianida (Muir, 2011), sianidasi dengan "pretreatment with reductive alkaline leaching" (Li dkk., 2016)

dan penambahan biopolimer ekstrak kayu pada proses pelindian sianidasi (Chandra dan Mubarak, 2016). Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh penambahan biopolimer terhadap perubahan viskositas *slurry*, konsentrasi oksigen terlarut, dan persen ekstraksi pelindian. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan persen ekstraksi Au dan Ag.

METODE

Bahan reagen kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah biopolimer Pionera L-800 Borregard, NaCN padat, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, larutan standar AgNO_3 , bijih emas, akuades dan karbon aktif.

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap, yaitu : preparasi sampel, percobaan sianidasi tanpa biopolimer dan percobaan sianidasi dengan penambahan biopolimer.

Preparasi Sampel

Sampel emas didapatkan dari salah satu perusahaan tambang di Palu yang berupa bijih. Pihak perusahaan tambang melakukan sampling pada daerah-daerah tertentu. Adapun tahap preparasi sampel yang dilakukan adalah sebagai berikut. Bijih dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven 105°C selama 24 jam. Bijih kering dikecilkan ukurannya melalui proses penggerusan menggunakan *laboratory jaw crusher*, *roll crusher* dan digerus dengan *ball mill* hingga mempunyai fraksi ukuran P80 -200# (74 mikron). Kemudian dilakukan pengayakan. Setelah itu semua bijih dilakukan pencampuran (*blending*) sehingga menghasilkan sampel komposit yang akan digunakan dalam percobaan. Sampel bijih kemudian disampling menggunakan *rotary splitter* sehingga dihasilkan paket-paket sampel bijih yang representatif.

Dalam analisis mineragrafi, mineral emas secara megaskopis tidak terlihat, akan tetapi pada pengamatan mineragrafi ditemukan keberadaan emas dalam bentuk mineral *electrum*. Mineral *electrum* yang ditemukan jumlahnya sangat sedikit dan memiliki kenampakan warna putih krem, berukuran sangat halus hingga $5 \mu\text{m}$ yang tersebar secara acak dan terinklusi dalam kuarsa.

Percobaan Sianidasi dengan Penambahan Biopolimer

Biopolimer ekstrak kayu Pionera L-800 merupakan produk polimer organik yang bahan dasarnya adalah lignosulfonat (lignin) yang mengandung grup hidrofilik (sulfonat, fenil hidroksil dan alkohol hidroksil) dan grup hidrofobik (rantai karbon) sehingga termasuk kelompok surfaktan anionik. Salah satu kegunaan lignosulfonat adalah sebagai bahan perekat dalam industri keramik, bahan tambahan dalam pengeboran minyak, bahan pendispersi dalam pembuatan adukan beton (Ouyang, Qiu dan Chen, 2006), biopolimer sebagai dispersan dalam flotasi tembaga (Wang, Lauten dan Peng, 2016) dan penambahan biopolimer dalam pembuatan beton (Olivia dkk., 2018). Biopolimer L-800 adalah polimer natural termodifikasi yang berasal dari kayu. Seperti yang dilaporkan oleh Borregaard South East Asia, Pte. Ltd. (2020), biopolimer Pionera L-800 dapat digunakan dalam proses flotasi, *leaching*, ekstraksi pelarut, *elektrowinning* dan proses lainnya terutama sebagai surfaktan. Percobaan sianidasi dilakukan dengan metode *bottle roll test* dengan kondisi operasional *bottle roll test* sebagai berikut:

- Konsentrasi NaCN : 1000 ppm
- Waktu pelindian : 48 jam
- Persen solid : 40%
- Suhu : ruangan
- Konsentrasi oksigen terlarut : > 8 ppm

Bottle roll system memiliki kapasitas 2 liter, kecepatannya sekitar 70 rpm dan secara kontinyu diputar selama 48 jam. Semua bahan yang meliputi sampel, air dan reagen dimasukkan ke dalam botol, kemudian diputar di atas *bottle roller* yang berfungsi sebagai pengadukan. Bijih sampel yang dimasukkan sebanyak 500 gram. Apabila digunakan % solid 40%, maka:

$$\% \text{ solid} = \frac{ms}{ml + ms} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Sehingga volume air yang ditambahkan adalah 750 mL. Berat total dari sampel dan air adalah 1250 gram.

Sampel dan air dimasukkan terlebih dahulu ke dalam botol, kemudian diukur pH-nya. pH yang digunakan untuk kondisi pelindian adalah 10,5 – 11. dan pH dijaga stabil selama

proses pelindian. Apabila pH kurang dari yang ditentukan, maka dapat ditambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sampai pH-nya sesuai. Pengkondisian pH ini dilakukan untuk mencegah terbentuknya gas HCN yang berbahaya bagi peneliti maupun lingkungan sekitar dan menurunnya perolehan emas-perak karena terjadi penguapan CN^- .

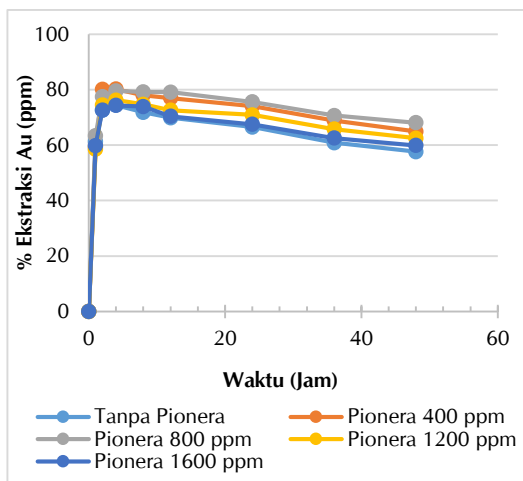
Percobaan ini berfungsi untuk mengetahui pengaruh variasi zat aditif biopolimer Pionera L-800 terhadap perolehan Au dan Ag selama proses sianidasi. Parameter yang divariasikan adalah konsentrasi biopolimer yaitu 0, 200, 400, 600 dan 800 ppm. Karakterisasi bijih yang digunakan pada penelitian sebelumnya, berbeda dengan penelitian ini dan variasi konsentrasi biopolimer yang digunakanpun sedikit berbeda. *Leaching* dilakukan selama 48 jam dengan pengambilan sampel pada jam ke 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 dan 48. *Slurry* hasil dari *leaching* disaring untuk memperoleh filtrat dan residu. Filtratnya dianalisis kandungan Au-Ag-nya menggunakan AAS sedangkan residunya dioven selama kurang lebih 24 jam dan kemudian dianalisis menggunakan *fire assay*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh biopolimer ekstrak kayu Pionera terhadap proses pelindian bijih emas dengan dilakukan variasi konsentrasi biopolimer yang ditambahkan. Variasi konsentrasi biopolimer yang digunakan, didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chandra (2013), yaitu : 0, 400, 800, 1200 dan 1600 ppm.

Hasil-hasil percobaan sebagaimana disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan persen ekstraksi emas sebesar 5,78%, dari 74,4% (tanpa penambahan biopolimer ekstrak kayu) menjadi 80,18% (dengan adanya penambahan biopolimer ekstrak kayu).

Peningkatan persen ekstraksi tertinggi terjadi ketika biopolimer yang ditambahkan adalah sebesar 400 ppm. Semakin besar konsentrasi biopolimer ekstrak kayu yang ditambahkan, persen ekstraksi emas semakin menurun jika dibandingkan dengan persen ekstraksi emas pada penambahan biopolimer 400 ppm.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi biopolimer ekstrak kayu terhadap persen ekstraksi emas

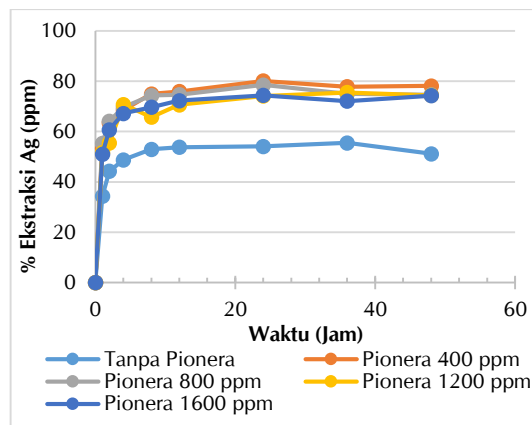
Ekstraksi yang tertinggi adalah ketika pelindian terjadi pada jam ke-4. Setelah itu terjadi penurunan persen ekstraksi emas. Penurunan persen ekstraksi emas mengindikasikan bahwa bijih bersifat *preg-robbing*. Sifat *preg-robbing* ini disebabkan oleh kalsit (CaCO_3) yang terkandung di dalam mineral bijih sebanyak 8-10%.

Pada penelitian sebelumnya, telah dikonfirmasi bahwa hasil *preg-robbing test* menunjukkan bijih memiliki kecenderungan untuk mengambil kembali kompleks $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ yang terlarut di dalam larutan sehingga dapat terjadi penurunan ekstraksi emas pada jam tertentu. Nilai %PR adalah sebesar 18,7% dan akan memberikan pengaruh negatif selama proses pelindian.

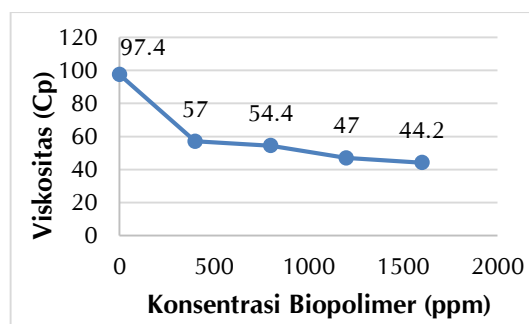
Hal yang sama juga terjadi pada persen ekstraksi perak, seperti terlihat pada Gambar 2. Semakin tinggi persen ekstraksi emas dan perak, maka semakin banyak pula emas dan perak yang terlarut membentuk senyawa kompleks $\text{NaAu}(\text{CN})_2$ dan $\text{NaAg}(\text{CN})_2$. Hal ini dikarenakan biopolimer ekstrak kayu dapat berfungsi sebagai pendispersi yang akan menurunkan viskositas *slurry*, yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

Pada konsentrasi 400 ppm, viskositas dapat diturunkan sebesar 41,48% (dari 97 cP menjadi 57 cP); pada konsentrasi 800 ppm, viskositas diturunkan sebesar 44,15% (dari 97,4 cP menjadi 54,4 cP); pada konsentrasi 1200 ppm, viskositas diturunkan sebesar

51,74% (dari 97,4 cP menjadi 47 cP); dan pada konsentrasi 1600 ppm, viskositas diturunkan sebesar 54,62% (dari 97,4 cP menjadi 44,2 cP).



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi biopolimer ekstrak kayu terhadap persen ekstraksi perak



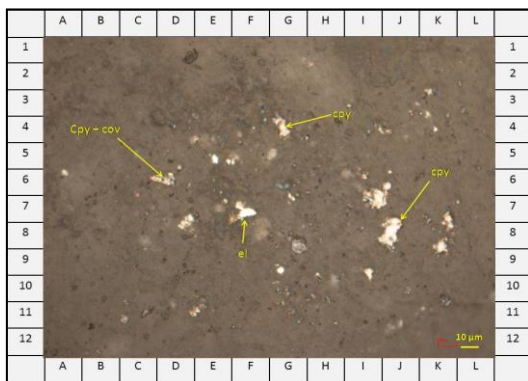
Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi biopolimer Pioneer terhadap viskositas *slurry*

Menurunnya viskositas (kekentalan suatu *slurry*) dapat meningkatkan mobilitas ion dan dapat memperbesar luas kontak. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan pelarutan emas dan perak oleh reagen sianida sehingga persen ekstraksi emas dan perak juga akan meningkat. Hasil percobaan menunjukkan persen ekstraksi yang meningkat untuk semua logam yang diukur, yaitu : Au, Ag, Cu dan Fe.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penurunan viskositas *slurry* mengakibatkan peningkatan konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang cukup signifikan, dapat dilihat pada Gambar 5. Peningkatan konsentrasi oksigen terlarut ini diharapkan dapat memberikan pengaruh positif pada proses pelindian, yang

ditunjukkan dengan semakin meningkatnya ekstraksi emas dan perak. Oksigen akan mengoksidasi Au dari bijih menjadi Au^+ yang akan bereaksi dengan ion sianida CN^- menjadi kompleks aurosianid ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$).

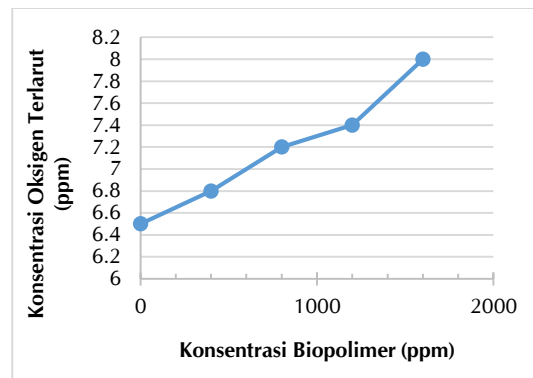
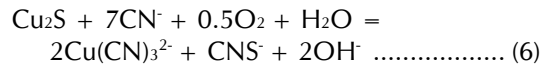
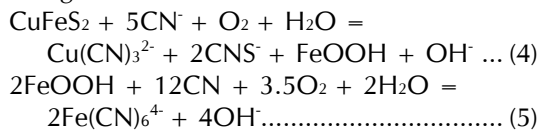
Selain dikarenakan penurunan viskositas dan kenaikan DO akibat penambahan biopolimer ekstrak kayu, kenaikan ekstraksi emas juga dapat disebabkan karena pelarutan mineral kalkopirit dan ubahannya (kovelit, kalkosit dan digenit). Berdasarkan hasil mineragrafi (seperti ditunjukkan pada Gambar 4), dapat dilihat bahwa Au berasosiasi dengan mineral kalkopirit dan ubahannya, sehingga ketika terjadi pelarutan mineral tersebut, menyebabkan Au yang terinklusi akan terpapar dari mineral tersebut dan dapat terlarut di larutan NaCN.



cov = covellite, cpy = chalcopyrite, el = electrum

Gambar 4. Mikrografi di bawah mikroskop cahaya pantul dengan perbesaran 2000x memperlihatkan kumulat inklusi detritus mineral sulfida dalam kristal kuarsa urat

Reaksi pelarutan kalkopirit dan ubahannya (kovelit, kalkosit dan digenit) dapat dituliskan sebagai berikut:

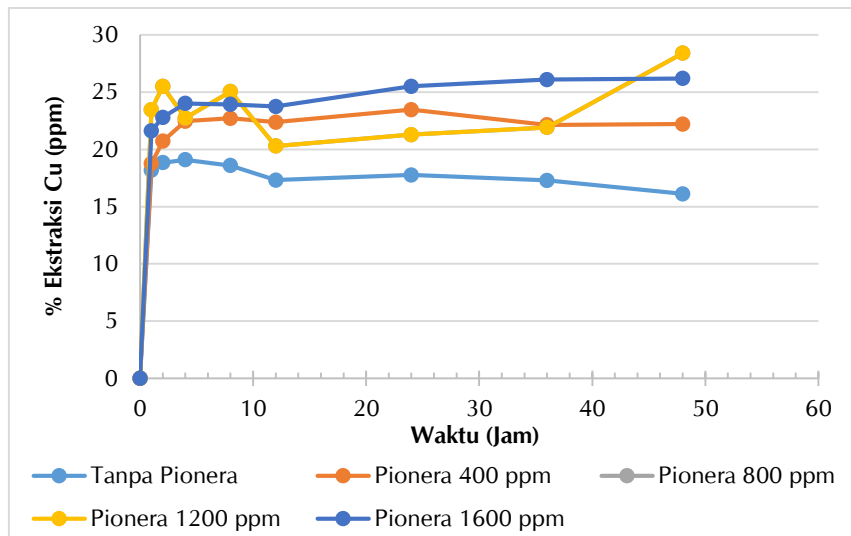


Gambar 5. Grafik pengaruh konsentrasi biopolimer ekstrak kayu terhadap konsentrasi oksigen terlarut

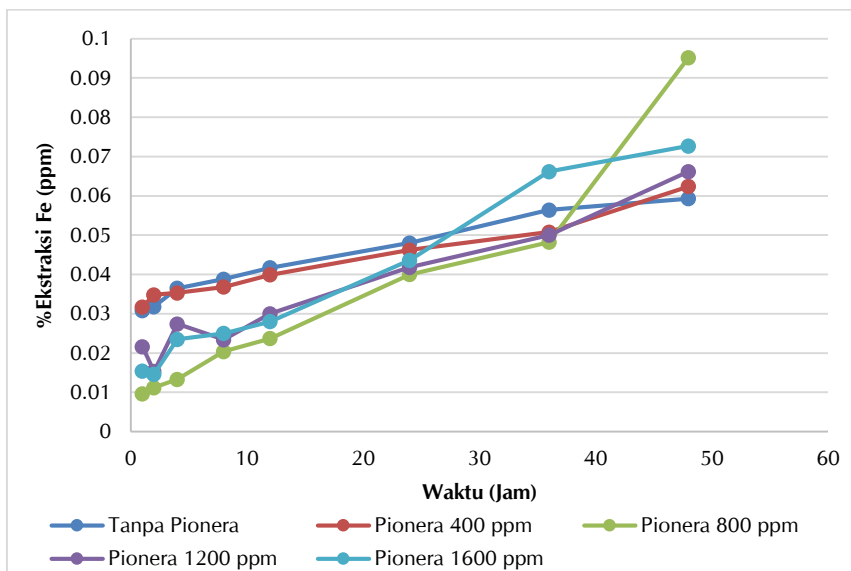
Pada penggunaan ekstrak kayu biopolimer 400 ppm juga terjadi peningkatan persen ekstraksi mineral ikutan/*gangue mineral*, dalam hal ini Cu dan Fe. Terjadi peningkatan persen ekstraksi Cu sebesar 4,38% (dari 19,09% tanpa penambahan biopolimer menjadi 23,47% dengan penambahan biopolimer 400 ppm).

Semakin bertambahnya waktu, persen ekstraksi dari Cu dan Fe ini semakin besar dan tidak mengalami penurunan seperti halnya dengan emas dan perak yang mengalami penurunan pada waktu pelindian tertentu, yang berarti bahwa hanya emas dan perak yang diserap kembali oleh karbon yang terkandung di bijih. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.

Untuk ekstraksi Cu dan Fe, reaksinya mengikuti reaksi kimia (4), (5) dan (6). Meskipun terjadi peningkatan ekstraksi Cu dan Fe, hal ini tidak akan memengaruhi selektivitas dari proses sianidasi tersebut. Hal ini dikarenakan kadar mineral ikutan tersebut sangat kecil, dan pengambilan Au dan Ag akan dimaksimalkan pada proses *recovery* larutan hasil pelindian.



Gambar 6 Pengaruh konsentrasi biopolimer Pioneer terhadap persen ekstraksi tembaga



Gambar 7 Pengaruh konsentrasi biopolimer Pioneer terhadap persen ekstraksi besi

KESIMPULAN DAN SARAN

Biopolimer ekstrak kayu menimbulkan beberapa dampak positif pada *slurry* yang dapat langsung teramati yaitu: dengan penambahan biopolimer sebanyak 400 ppm dapat menurunkan viskositas *slurry* sebesar 41,48% dari 97,4 cP (tanpa biopolimer) menjadi 57 cP. Selain itu terjadi peningkatan oksigen terlarut dalam *slurry*; penambahan biopolimer hingga 1600 ppm meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam *slurry* dari 6,5 ppm menjadi 8 ppm.

Penambahan biopolimer ekstrak kayu 400 ppm pada proses sianidasi dapat meningkatkan ekstraksi emas sebesar 5,78%, dari 74,4% (tanpa penambahan biopolimer ekstrak kayu) menjadi 80,18% (dengan adanya penambahan biopolimer ekstrak kayu). Dalam hal ini juga harus diperhatikan lamanya proses pelindian sehingga dihasilkan persen ekstraksi yang tertinggi dan karakterisasi dari bijih. Pada bijih yang digunakan dalam penelitian ini, waktu perolehan ekstraksi tertinggi emas adalah 4 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PIONERA L-800 Borregaard yang telah memberikan biopolimer ekstrak kayu untuk penelitian, PT. Citra Palu Mineral yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian menggunakan bijih emas hasil tambang perusahaan dan Prof. Dr. mont. M. Zaki Mubarak, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dari tesis yang telah mengizinkan hasil penelitian tesis dipublikasikan dan Kepala Lab Hidro-elektrometalurgi (Progam Studi Teknik Metalurgi, FTTM - ITB) dimana penelitian tesis dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. (2019) "Karakterisasi batuan bijih emas," *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), hal. 66. doi: 10.34128/je.v5i2.81.
- Borregaard South East Asia Pte. Ltd. (2020) *Pionera biopolymer L-800 (D-919)*, www.pionera.com. Tersedia pada: www.pionera.com (Diakses: 20 Januari 2020).
- Chandra (2013) *Studi pemanfaatan biopolimer ekstrak kayu sebagai zat aditif pada sianidasi untuk peningkatan recovery pengolahan emas di tambang emas Antam Pongkor*. Institut Teknologi Bandung.
- Chandra dan Mubarak, M. Z. (2016) "On the use of lignin-based biopolymer in improving gold and silver recoveries during cyanidation leaching," *Minerals Engineering*, 89, hal. 1–9. doi: 10.1016/j.mineng.2015.12.014.
- Ellis, S. dan Senanayake, G. (2004) "The effects of dissolved oxygen and cyanide dosage on gold extraction from a pyrrhotite-rich ore," *Hydrometallurgy*, 72(1–2), hal. 39–50. doi: 10.1016/S0304-386X(03)00131-2.
- Li, W., Liu, Z., Huang, Q., Tang, Y. dan Qiu, X. (2016) "Extraction of low-grade silver from a refractory Au-Ag ore in cyanidation by pretreatment with reductive alkaline leaching," *Hydrometallurgy*, 164, hal. 257–264. doi: 10.1016/j.hydromet.2016.06.021.
- Lunt, D. dan Weeks, T. (2005) "Process flowsheet selection," in Adams, M. D. (ed.) *Developments in Mineral Processing*. 1st ed. Elsevier, hal. 73–96. doi: 10.1016/S0167-4528(05)15003-0.
- Marsden, J. O. dan House, C. I. (2006) *The chemistry of gold extraction*. 2nd Editio. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Muir, D. M. (2011) "A review of the selective leaching of gold from oxidised copper–gold ores with ammonia–cyanide and new insights for plant control and operation," *Minerals Engineering*, 24(6), hal. 576–582. doi: 10.1016/j.mineng.2010.08.022.
- Olivia, M., Jingga, H., Toni, N. dan Wibisono, G. (2018) "Biopolymers to improve physical properties and leaching characteristics of mortar and concrete: A review," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 345, hal. 1–8. doi: 10.1088/1757-899X/345/1/012028.
- Ouyang, X., Qiu, X. dan Chen, P. (2006) "Physicochemical characterization of calcium lignosulfonate—A potentially useful water reducer," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 282–283, hal. 489–497. doi: 10.1016/j.colsurfa.2005.12.020.
- Wang, Y., Lauten, R. A. dan Peng, Y. (2016) "The effect of biopolymer dispersants on copper flotation in the presence of kaolinite," *Minerals Engineering*, 96–97, hal. 123–129. doi: 10.1016/j.mineng.2016.05.010.

