

PENGARUH LAJU ALIR UDARA PADA OZONISASI DALAM OKSIDASI EMAS

Elok Nuri Widyasari, Rachmat Triandi Tjahjanto*, M. Misbah Khunur

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran Malang 65145

*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575835

Email: rachmat_t@ub.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tentang oksidasi emas dalam larutan HCl dengan metode ozonisasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir udara pada ozonisasi terhadap proses oksidasi emas. Oksidasi emas dilakukan pada variasi laju alir udara (300-500 mL/menit) dalam larutan HCl 1 M dengan waktu ozonisasi lima jam. Konsentrasi ion emas dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom. Nilai konsentrasi rata-rata emas(III) yang diperoleh adalah 36,601 mg/L pada laju alir 300 mL/menit; 35,252 mg/L pada laju alir 400 mL/menit; dan 40,041 mg/L pada laju alir 500 mL/menit. Uji statistik menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi emas hasil oksidasi pada variasi laju alir udara.

Kata kunci: emas, laju alir, oksidasi, ozonisasi

ABSTRACT

The objective of research about gold oxidation in HCl solution by ozonization method is to know the influence of air flowrates of ozonization and HCl concentration to gold oxidation process. Gold was oxidized at various flowrates (300-500 mL/min) in HCl solution 1 M in five hours ozonization duration. Gold ion concentration were measured with Atomic Absorption Spectrophotometer. The obtaining gold(III) mean value concentration are 36.601 mg/L at flow rates 300 mL/min; 35.252 mg/L at flow rates 400 mL/min; and 40.041 mg/L at flowrates 500 mL/min. Statistical test shows that there is no significant influence between gold oxidation concentration and flowrates.

Keywords: flow rates, gold, oxidation, ozonization

PENDAHULUAN

Emas merupakan logam mulia yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia pada perhiasan, peralatan elektronik, kedokteran gigi, uang, medali, dan industri keramik. Saat ini teknologi emas telah berkembang pesat dan sangat menjanjikan dalam dunia medis, farmasi dan kecantikan sebagai antioksidan, anti-*ageing*, anti-inflamasi, anti-angiogenesis dan antikanker [1-3]. Emas tidak bereaksi dengan oksigen di bawah kondisi normal. Ketahanannya terhadap kondisi yang paling korosif dan panas tinggi menyebabkan penggunaan emas menyebar luas.

Metode sianidasi dan amalgamasi merupakan metode isolasi emas yang saat ini banyak digunakan untuk keperluan eksploitasi emas skala industri. Metode sianidasi memiliki kelemahan karena menggunakan natrium sianida yang sangat beracun dan prosesnya berjalan sangat lambat [4]. Sianida merupakan racun pembunuh yang paling kuat untuk semua jenis makhluk hidup dan dapat larut dalam air, sedimen serta biota laut. Pada metode amalgamasi,

penggunaan merkuri memiliki toksisitas tinggi dan dapat berdampak mencemari lingkungan, terutama lingkungan akuatik [5]. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha untuk menciptakan metode pemisahan emas alternatif yang lebih baik. Perusahaan tambang dan pertambangan rakyat di Indonesia masih menggunakan proses pelindian (*leaching*) sianida. Meskipun telah ditemukan reagen pelindian seperti tiourea, tiosulfat dan klorin yang digunakan untuk ekstraksi emas, metode sianidasi tetap digunakan sebagai metode yang paling umum, efisien, dan ekonomis.

Salah satu metode alternatif lain yang efektif dan memiliki nilai ekonomis adalah metode ozonisasi [6]. Pemilihan metode ozonisasi untuk keperluan pemisahan emas disebabkan karena teknologi ini merupakan teknologi yang lebih aman untuk kesehatan, lebih ramah lingkungan, tidak membutuhkan banyak biaya serta proses pengolahan yang relatif cepat. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa logam emas dapat dioksidasi langsung oleh ozon dalam suasana asam [7]. Penggunaan ozon (O_3) juga telah dilakukan sebagai perlakuan awal yang efektif untuk meningkatkan ekstraksi bijih emas dan perak sebagai sebelum sianidasi. Logam emas juga dapat bereaksi dengan halogen, salah satunya dengan gas klor membentuk $AuCl_3$ dan dapat larut dalam asam klorida pekat menghasilkan ion tetrakloraurat(III), $[AuCl_4]^-$ [8]. Dalam penelitian ini dilakukan ozonisasi emas dalam media asam klorida untuk mengoksidasi emas(0) menjadi emas(III). Untuk mengetahui konsentrasi optimum dari emas(III) hasil ozonisasi dilakukan analisis variasi laju alir udara pada ozonisasi.

METODA PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah emas murni Fine Gold/ logam mulia ANTAM (99,9%) dan larutan HCl (37%, ($\rho = 1,19 \text{ g/mL}$) berderajat kemurnian pro analisis (p.a), akuades, dan silika gel biru.

Oksidasi emas dalam larutan HCl menggunakan sebuah sistem perangkat ozonator sederhana (pompa udara, kolom kaca berisi silika gel biru, *flowmeter*, reaktor ozon, tabung reaksi ($p = 40 \text{ cm}$ dan $d = 1 \text{ cm}$)), pengaduk magnetik, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merek Shimadzu AA-6200.

Prosedur

Ozonisasi emas dilakukan dengan mencampurkan serbuk emas murni sebanyak 0,05 g dengan 20 mL larutan HCl 1 M. Campuran tersebut diozonisasi pada suhu ruang selama lima

jam dengan variasi laju alir 300, 400, dan 500 mL/menit dengan pengadukan stabil menggunakan pengaduk magnetik, sehingga kontak O_3 dengan ion Cl^- , Cl_2 dengan Au dan O_3 dengan Au berlangsung maksimal. Masing-masing perlakuan dengan ozonisasi dilakukan pengulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

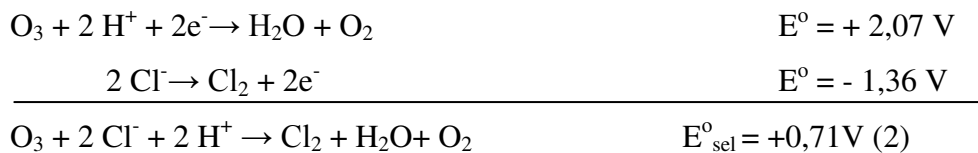
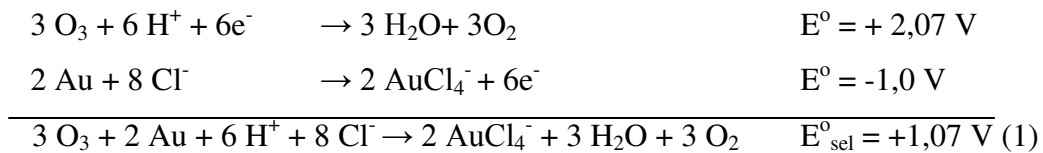
Ozon (O_3) dalam penelitian ini diproduksi dengan ozonator sederhana. Pada alat ini udara luar dipompa masuk, kemudian udara dilewatkan ke silika gel biru dalam tabung kaca. Dengan mengalirkan udara dalam tabung tersebut maka dapat terjadi pengikatan H_2O sehingga didapatkan udara kering. Laju alir udara diukur dengan *flowmeter* gas. Selanjutnya udara kering dialirkan menuju tabung lucutan plasma yang berupa tabung kaca. Tabung ini di dalamnya terdapat elektroda-elektroda yang dialiri listrik tegangan tinggi sehingga dapat menguraikan sebagian O_2 menjadi O dan mengikat sebagian O_2 yang tidak terurai menjadi O_3 . Kemudian ozon dialirkan melalui pipa kapiler memasuki tabung reaksi yang telah diisi dengan serbuk emas dan larutan HCl.

Emas dalam penelitian ini bertindak sebagai agen pereduksi. Larutan HCl digunakan sebagai penyedia ion Cl^- yang merupakan ligan pengompleks. Proses oksidasi Au diduga melalui dua cara, pertama Cl^- akan teroksidasi oleh ozon (O_3) menjadi Cl_2 . Selanjutnya Cl_2 yang terbentuk dapat mengoksidasi serbuk emas menjadi Au^{3+} . Kedua, ozon juga dapat langsung mengoksidasi Au menghasilkan Au^{3+} dan mengikat Cl^- membentuk kompleks $AuCl_4^-$ yang stabil. Au^{3+} dapat larut dan stabil dalam larutan cair jika dipadukan dengan ligan pengompleks dan menggunakan agen pengoksidasi, karena tidak ada reaksi yang terjadi kecuali keduanya terdapat dalam larutan.

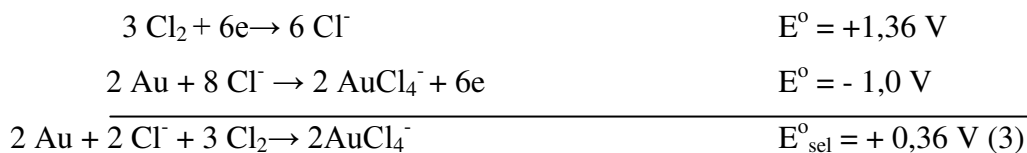
Emas yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk serbuk untuk memperbesar luas permukaannya. Semakin luas permukaan suatu partikel, maka semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel [9]. Selama ozonisasi berlangsung dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik yang bertujuan untuk memaksimalkan reaksi antara ozon dengan ion Cl^- , Cl_2 dengan Au dan ozon dengan Au. Selain itu juga untuk memperkecil kemungkinan adanya ozon yang kembali terlepas ke udara. Ozonisasi dilakukan selama lima jam dengan variasi laju alir udara 300, 400, dan 500 mL/menit dalam larutan HCl 1 M.

Selama proses ozonisasi, serbuk emas melayang dan berputar di bagian bawah tabung reaksi akibat pengadukan. Warna larutan dalam tabung reaksi mengalami perubahan yang

mulanya bening (tidak berwarna) menjadi keruh sedikit kuning kecoklatan setelah ozonisasi. Hal ini mengindikasikan adanya serbuk emas yang terlarut sebagai Au(III). Oksidasi emas dalam larutan klorida terjadi pada potensial di atas 1,2 V dan membutuhkan oksidator kuat seperti klorin atau ozon [11]. Ozon yang disintesis oleh ozonator akan mengoksidasi logam Au dan ion Cl⁻ yang berasal dari larutan HCl. Berdasarkan teori potensial reduksi, reaksi yang terjadi pada ozonisasi emas dalam larutan HCl adalah pada reaksi 1.

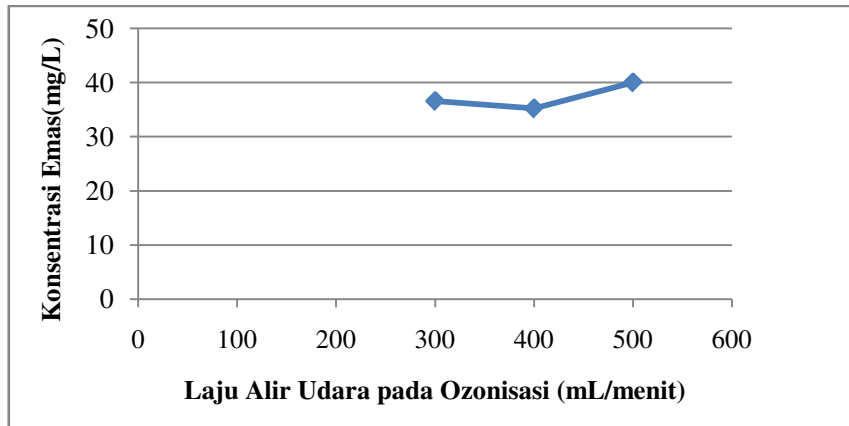


Berdasarkan reaksi 1 diketahui bahwa nilai potensial reduksi standar Au³⁺/Au lebih kecil dibandingkan potensial reduksi ozon. Hal tersebut memungkinkan untuk Au dapat teroksidasi oleh ozon secara spontan, ditunjukkan dengan nilai potensial sel reaksi yang bernilai positif. Selain itu juga karena nilai potensial reduksi Cl₂/Cl⁻ lebih besar dibandingkan AuCl₄⁻/Au, maka kemungkinan Cl₂ yang merupakan hasil oksidasi Cl⁻ juga mampu mengoksidasi logam Au menjadi Au³⁺ seperti yang ditunjukkan pada reaksi 2.



Pembentukan Cl₂ dalam penelitian ini sejalan dengan apa yang sudah diketahui sebelumnya [12]. Dalam penelitian ini pH seluruh larutan sama dengan nol, maka kemungkinan terbentuknya Cl₂ adalah besar / tinggi. Keberadaan ion klorida dalam larutan menyebabkan terbentuknya larutan Cl₂ yang merupakan oksidator sangat kuat. Larutan yang mengandung Cl₂ dapat melarutkan emas menjadi kompleks [AuCl₄]⁻ [13].

Ozonisasi emas dalam larutan HCl 1 M dilakukan pada variasi laju alir udara (300, 400, dan 500) mL/menit dengan lama pengaliran ozon lima jam. Hubungan kecepatan alir dan konsentrasi emas (III) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva hubungan antara laju alir udara pada ozonisasi dengan konsentrasi emas hasil oksidasi

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara laju alir dan konsentrasi emas(III). Pada gambar tersebut, konsentrasi emas tidak berbeda secara signifikan pada berbagai laju alir ozon dengan lama pengaliran yang sama yaitu lima jam. Berapapun laju alir ozon yang digunakan, jumlah ozon yang mengoksidasi emas tidak berbeda pada selang waktu pengaliran ozon yang sama. Proses pembentukan ozon adalah reaksi kesetimbangan $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$, Reaksi tersebut berlangsung cepat. Ozon akan terurai kembali pada saat mencapai konsentrasi yang tertinggi. Pada prakteknya konsentrasi ozon yang terbentuk berkisar 3–4% apabila menggunakan udara sebagai bahan baku. Jika menggunakan bahan baku oksigen murni konsentrasi ozon yang terbentuk berkisar 6 – 8% [14].

Berdasarkan hasil uji F statistik pada taraf nyata 0,05 untuk variasi laju alir terhadap konsentrasi emas yang teroksidasi diperoleh F_{hitung} lebih kecil daripada F_{tabel} atau $0,0636 < 3,98$, maka disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi emas hasil oksidasi pada laju alir 300, 400, dan 500 mL/menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa laju alir udara pada ozonisasi tidak berpengaruh secara signifikan dalam oksidasi emas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan General Electric (GE) Foundation yang telah mendanai penelitian ini dan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya yang telah mengizinkan penggunaan Laboratorium Kimia Anorganik beserta segala peralatannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alanazi, F.K., Radwan, A.A., and Alsarra, I.A., 2010, Biopharmaceutical Application of Nanogold, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18, 179-193.
2. Chanda, N., Kan, P., Watkinson, L. D., and Shukla, R., 2010, Radioactive Gold Nanoparticles in Cancer Therapy: Therapeutic Efficacy Studies of GA-198AuNP Nanoconstruct in Prostate Tumor-Bearing Mice. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6(2), *Journal Nano*, 201–9.
3. Chinna, M., P.R. Devi, A. Saravanakumar, dan V. Femi, 2012, Synthesis and Characterization of Gold Nano-particles by *Justicia Gendarussa* Burm F. Leaf Extract, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*; 3(2), 623-629.
4. Sharma, B.K., 2007, Environmental Chemistry, Goel Publishing House, Meerut.
5. Harari, R., F. Harari, L. Gerhardsson, and T. Lundh, 2011, Exposure and Toxic Effects of Elemental Mercury in Gold-Mining Activities in Ecuador, *Toxicology Letters*, Elsevier Ireland Ltd.
6. Nava-Alonso, F., Elorza-Rodríguez, E., and Uribe-Salas, A., 2010, *Pretreatment with Ozone for Gold and Silver Recovery from Refractory Ores*, *Ozone: Science and Engineering*, 29: 101–105
7. Sensustania, H., Tjahjanto, R.T., dan Purwonugroho, D., 2013, Ozonisasi Emas dalam Larutan NaCl, *Kimia. Student Journal*, 2, 2, 477-481, Universitas Brawijaya Malang.
8. Wiberg, Nils., 2007, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, Walter de Gruyter, Berlin.
9. Gallagher, R. and Ingram, P., 2000, *Complete Chemistry*, Oxford University Press, New York.
11. Nicol, M.J., Fleming, C.A. and Paul, R.L., 1987, *The Chemistry Of the Extraction of Gold*, The Extractive Metallurgy of Gold in South Africa, South African Institute of Mining and Metallurgy Monograph Series M7 (ed. G.G. Stanley), Johannesburg, South Africa.

12. Marsden, J.O. and C.I.House, 2006, *The Chemistry of Gold Extraction*, Second Edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), Colorado.
13. Hasab, M.G., Rashchi, F., and Raygan, S., 2012, *Chloride-Hypochlorite Oxidation and Leaching of Refractory Sulfide Gold Concentrate*, *Physicochemical Problems Mineral Processing* 49(I),61-70.
14. Rice, R.G., 1989, *Ozone Oxidation Product—Implication for Drinking Water Treatment*, in: *Biohazards of Drinking Water Treatment*, R.A. Larson, Ed. Lewis Publishing, Chelsea.