

ISBN :978-602-73159-0-7

SEMINAR NASIONAL
KIMIA DAN PENDIDIKAN
KIMIA VII



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VII
“Penguatan Profesi Bidang Kimia dan Pendidikan Kimia
Melalui Riset dan Evaluasi”
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan P.MIPA FKIP UNS
Surakarta, 18 April 2015



MAKALAH
PENDAMPING

KIMIA ANALITIK

ISBN :978-602-73159-0-7

STUDI PELINDIAN EMAS ASAL KABUPATEN SUPIORI- PROPINSI PAPUA SECARA ELEKTROLISIS

Oktoavianus Msiren dan Suprpto*

Jurusan Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Tel.:031-5943353; fax: 031-5928314 email:suprpto@chem.its.ac.id

ABSTRAK

Ekstraksi emas dari batuan asal Kabupaten Supiori-Propinsi Papua dengan metode elektrolisis menggunakan elektrolit NaCl 5 M telah dilakukan. Emas dilindi dari batuan menggunakan hipoklorit yang dihasilkan dari proses elektrolisis larutan garam NaCl 5 M. Studi pelindian emas secara elektrolisis didahului dengan penelitian mengenai konsentrasi optimum hipoklorit dari larutan NaCl 5 M yang diperoleh dari proses elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimum hipoklorit adalah 34,2 g/L dengan waktu elektrolisis 5 jam pada beda potensial 6 volt. Kandungan emas dalam batuan adalah 59,288 gram/ton. Beda potensial yang diterapkan untuk ekstraksi emas secara elektrolisis yaitu 6 volt dengan waktu elektrolisis 5 jam. Persen emas yang terekstrak dengan rasio padat-cair 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25 adalah 14,77%; 30,18%; 58,31%; 81,77%; dan 100% berturut-turut. Konsentrasi emas tertinggi terekstrak pada rasio padat cair 1:25 dengan prosentase emas terekstrak mencapai 100%.

Kata Kunci: *Pelindian, elektrolisis, emas, hipoklorit*



PENGUATAN PROFESI BIDANG
KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA
MELALUI RISET DAN EVALUASI

PENDAHULUAN

Emas merupakan logam mulia yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh manfaat dari pada logam emas tersebut. Logam emas digunakan sebagai perhiasan, sebagai pelapis logam pada peralatan elektronik seperti komponen-komponen pada komputer, sebagai nanopartikel dalam memodifikasi elektroda untuk meningkatkan kinerja dari elektroda tersebut seperti memodifikasi *Glassy Carbon Electrode* [1]. Emas juga digunakan untuk meningkatkan efisiensi silikon pada sel surya [2]. Nilai guna dari logam emas menyebabkan kebutuhan akan logam emas menjadi meningkat sehingga harga pun ikut meningkat, sedangkan untuk memperoleh logam ini dari alam dalam keadaan murni memerlukan teknik-teknik yang relative rumit untuk mengolah bijih emas menjadi emas murni.

Pengolahan emas sampai saat ini masih menggunakan metode sianidasi dan amalgamasi, kedua metode ini dianggap lebih baik dan tetap digunakan karena proses pelindian emas sangat baik [3,4]. Pereaksi yang digunakan untuk proses amalgamasi dan sianidasi tidak ramah lingkungan yaitu dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 bahwa kadar sianida dan merkuri yang dibuang ke lingkungan tidak diperbolehkan lebih dari 0,5 mg/L untuk sianida dan 0,005 mg/L untuk merkuri, namun yang sering ditemukan pada biota air lebih dari kadar yang ditentukan. Kadar merkuri pada hati ikan kakap merah hasil tangkapan masyarakat diperaian sekitar daerah

tambang emas di kabupaten Halmahera Utara berkisar 0,13-0,38 mg/L [5]. Mengingat tingkat toksisitas dan bahaya pereaksi amalgamasi dan sianidasi, perlu pengembangan metode baru untuk menggantikan kedua metode ini dimana metode baru nantinya diharapkan memiliki kemampuan pelindian yang baik dan juga ramah terhadap lingkungan.

Pelindian emas dengan menggunakan media klorida-hipoklorit merupakan salah satu alternatif dalam ekstraksi emas non sianida dan non merkuri, dimana menggunakan larutan NaOCl dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai sumber penghasil senyawa atau ion oksidasi seperti asam hipoklorit dan ion hipoklorit yang berfungsi dalam pelindian emas dari bijihnya. Spesies oksidasi pada larutan dipengaruhi oleh pH larutan. Spesies senyawa oksidasi pada pH > 7,5; pH= 3,5-7,5; dan pH <3,5 masing-masing terbentuk ion hipoklorit (OCl^-), asam hipoklorit (HOCl), dan gas klorin (Cl_2). Diantara spesies ini, asam hipoklorit (HOCl) adalah oksidasi yang paling efektif untuk pelindian emas menjadi kompleks AuCl_4^- dalam media klorida [6]. Pada proses pelindian emas, perlu diperhatikan hal-hal seperti ukuran partikel dan pH larutan karena kedua parameter ini dapat mempengaruhi hasil pelindian emas tersebut, dimana semakin kecil ukuran partikel disertai menurunnya pH larutan pada saat pelindian, sehingga dapat meningkatkan perolehan emas [7]. Selain pH dan ukuran partikel mineral penyusun batuan bijih emas juga dapat berpengaruh terhadap pelindian. Komposisi mineral seperti besi hidroksida dihilangkan dan selanjutnya dilindi dengan klorida-hipoklorit maka persen ekstraksi mencapai 96% [8].

Oksi-klorida yang berperan dalam pelindian emas tidak hanya dihasilkan dari larutan NaOCl dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ tetapi juga dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis larutan NaCl [9,10]. Elektrolisis larutan NaCl dapat menghasilkan senyawa oksiklorida akibat oksidasi ion klorida di anoda menjadi gas Cl_2 , reduksi air di katoda menghasilkan gas H_2 dan ion hidroksi. Oksi-klorida yang terbentuk merupakan hasil reaksi gas klorin dengan air dan juga reaksi gas klorin dengan ion OH^- . Senyawa oksiklorida yang terbentuk dipengaruhi oleh pH larutan. Secara umum, larutan di sekitar anoda akan menurun pH-nya dan larutan di sekitar katoda akan naik pH-nya seiring berjalannya elektrolisis. Perubahandari masing bagian larutan yang disebabkan oleh pengadukan akan menyebabkan pH larutan berubah seiring berjalannya elektrolisis, dimana pH larutan berkisar 7 sampai 9, yang merupakan perubahan dari asam hipoklorit menjadi ion hipoklorit. Gas klorin (Cl_2) yang terbentuk dari proses elektrolisis larutan NaCl tersebut secara langsung dapat bereaksi dengan H_2O dan OH^- membentuk asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit [11]. Pengaruh perubahan asam hipoklorit menjadi ion hipoklorit dapat terjadi sehingga perlu adanya pengaturan potensial, waktu elektrolisis, dan pH selama elektrolisis memungkinkan untuk menjaga agar senyawa oksiklorida yang terbentuk selama proses elektrolisis adalah HOCl [12]. Selanjutnya, senyawa HOCl yang terbentuk bisa secara langsung digunakan sebagai agen pelindi emas dari bijihnya.

Pelindian emas dengan menggunakan metode elektrolisis merupakan salah satu

metode yang diharapkan kedepan dapat meningkatkan perolehan emas sebagai substitusi pelarut-pelarut, reagen-reagen yang mahal maupun reagen kimia yang tidak diperbolehkan dalam pelindian emas yang dianggap tidak ramah lingkungan. Proses elektrolisis menggunakan elektrolit sebagai penghantar arus listrik, maka elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan natrium klorida (NaCl) dimana pH larutan saat elektrolisis diatur pada 3,5-7,5 yang merupakan parameter untuk mengontrol konsentrasi hipoklorit (OCl^-) dan gas klorin (Cl_2). Penggunaan larutan NaCl dalam pelindian emas tidak menghasilkan reaksi samping yang relatif tidak berbahaya terhadap para pekerja maupun terhadap lingkungan dibandingkan dengan penggunaan merkuri dan sianida. Oleh karena itu pada penelitian ini akan digunakan metode elektrolisis untuk pelindian emas dari bijih emas yang berasal dari kabupaten Supiori-propinsi Papua.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan yaitu sampel batuan dari kabupaten supiori propinsi Papua, Larutan NaCl 5 M, HCl pekat, HNO_3 pekat, rhodamin B 0,05%, KI, Natrium Asetat dan kertas saring. Sedangkan instrumen yang digunakan adalah UV-Vis (Thermo scientific), SSA(Shimadzu), Oven, power suplay dan serangkaian sel elektrolisis.

Penentuan konsentrasi optimum hipoklorit

Setiap 100 mL larutan NaCl 5 M dimasukkan kedalam sel elektrolisis dan selanjutnya

dielektrolisis, beda potensial yang diterapkan yaitu 3, 6, 9, dan 12 volt, pH larutan dapat diukur pada tiap 1, 3, 5, dan 7 jam. Kemudian larutan untuk masing-masing beda potensi diambil pada 1, 3, 5, dan 7 jam, selanjutnya konsentrasi hipoklorit diukur dengan menggunakan UV-Vis.

Pelindian emas secara elektrolisis

Beda potensial (V) dan waktu optimum pada saat elektrolisis larutan NaCl dalam penentuan konsentrasi hipoklorit digunakan untuk pelindian emas dengan mengatur pH larutan pada kisaran 3,5-7,5.

Selanjutnya dapat ditimbang sebanyak 5 gram sampel batuan yang lolos ayakan 40-80 mesh, dimasukkan kedalam sel elektrolisis dan ditambahkan larutan NaCl 5 M dengan perbandingan rasio padat cair 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25 (w/v). Selanjutnya, kedua elektroda grafit dicelupkan kedalam larutan dengan jarak antar elektroda adalah 5 cm dan kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan arus DC (*Direct Current*) dari power suplay. Konsentrasi emas yang terlindi dapat diukur menggunakan SSA.

Analisis konsentrasi total emas pada batuan

Bubuk batuan ukuran 40-80 mesh ditimbang 5 gram dan masukkan dalam labu refluks dan ditambahkan 28 mL aquaregia (3:1; HCl 37% : HNO₃ 70%). Campuran direaksikan pada suhu kamar selama 16 jam. Setelah itu campuran direfluks pada suhu 130 °C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar dan disaring. Filtrat diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dan dianalisis dengan SSA.

Analisis konsentrasi emas terlindi menggunakan SSA

Setelah proses pelindian, hasil pelindian dalam sel elektrolisis disaring dengan kertas saring wathman no 42, selanjutnya diukur konsentrasi Au yang terlindi dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Data yang diperoleh disajikan dalam tabel 1. Konsentrasi Au yang terlindi dinyatakan dalam satuan mg/L. Selanjutnya menghitung persen Au yang terlindi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\%Au = \frac{m}{m_t} \times 100$$

Dimana:

m = massa Au terlindi

m_t = massa total Au dalam batuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

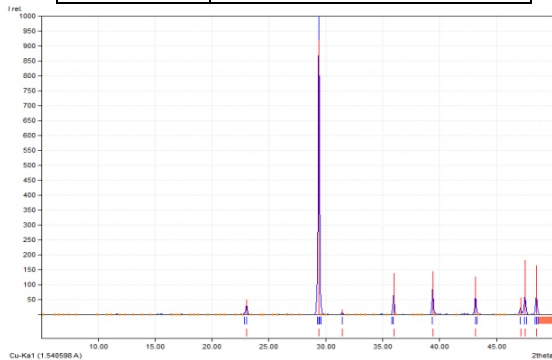
Karakterisasi mineral penyusun batuan dengan XRF dan XRD

Hasil analisis sampel dengan XRF, menunjukkan bahwa unsur yang lebih dominan adalah Ca (88,2 ±0,03) dan Fe (8,60±0,08), sedangkan kadar emas (Au) yang terkandung dalam batuan tersebut dalah 0,066±0,004 seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Sedangkan hasil analisis dengan XRD seperti pada gambar 1 dimana intensitas tertinggi muncul pada sudut 2 theta (θ) 23,06; 29,41; 35,97; 39,39; 43,17; 47,11; 47,47 merupakan mineral kalsit (CaCO₃) [13,14].

Tabel 1. Mineral penyusun batuan hasil uji XRF

Unsur	Konsentrasi (%)
-------	-----------------

Ca	88,2 ±0,03
Ti	0,59±0,01
Cr	0,22±0,007
Mn	0,18±0,005
Fe	8,60±0,08
Ni	0,93±0,02
Cu	0,089±0,002
Zn	0,042±0,002
As	0,008±0,0004
Sr	0,097±0,003
Y	0,053±0,000
Zr	0,016±0,002
Ru	0,62±0,01
Ba	0,2±0,06
Re	0,02±0,003
Au	0,066±0,004
Pb	0,009±0,0009

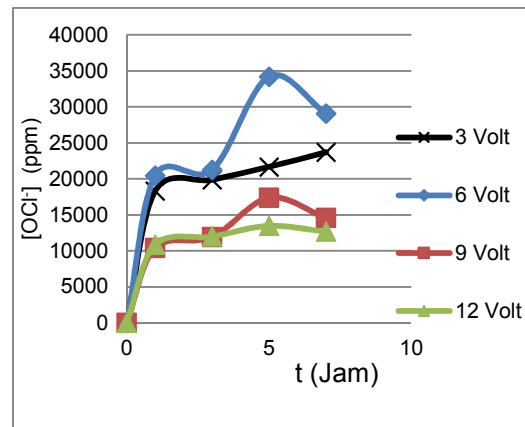


Gambar 1. Difraktogram batuan menggunakan perangkat lunak match

Konsentrasi optimum hipoklorit dari elektrolisis larutan NaCl 5 M

Beda potensial yang diterapkan pada proses elektrolisis larutan NaCl 5 M menghasilkan konsentrasi hipoklorit yang

berbeda-beda selama proses elektrolisis berlangsung dari 1 jam, 3 jam, 5 jam dan 7 jam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Konsentrasi hipoklorit tertinggi untuk beda potensial 6 volt, 9 volt dan 12 volt tercapai setelah proses elektrolisis berjalan selama 5 jam dan jika waktu elektrolisis lebih dari 5 jam maka konsentrasi hipoklorit menjadi berkurang, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu elektrolisis maka hipoklorit dan asam hipoklorit teroksidasi di anoda membentuk klorat [12]. Sedangkan konsentrasi hipoklorit tertinggi untuk beda potensial 3 volt belum mencapai waktu optimumnya yang artinya masih meningkat konsentrasi hipoklorit seiring dengan berjalannya waktu elektrolisis. Beda potensial dimana konsentrasi hipoklorit tertinggi tercapai merupakan beda potensial optimum pada proses elektrolisis larutan NaCl 5 M. Pada penelitian ini konsentrasi hipoklorit yang lebih tinggi dari beda potensial yang diterapkan tercapai pada beda potensial 6 volt yaitu 34210 mg/L.



Gambar 2. Konsentrasi hipoklorit hasil elektrolisis larutan NaCl 5 M

Kadar emas total dalam batuan

Kadar emas total dalam batuan dapat diukur dengan menggunakan aquaregia (HCl:HNO₃) sebagai pelarut. Selanjutnya hasil pelarutan diukur dengan SSA untuk mendapatkan konsentrasi emas total. Konsentrasi emas dari larutan pada penelitian ini adalah 2,96 mg/L dan massa emas total pada batuan asal kabupaten Supiori-propinsi Papua adalah 59,29 g/ton batuan.

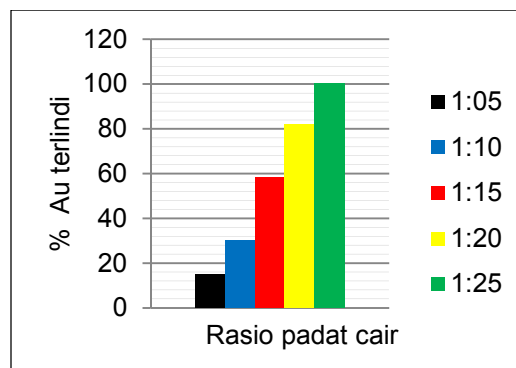
Pengaruh rasio padat-cair pada konsentrasi emas yang terlindi

Konsentrasi Au yang terlindi dipengaruhi oleh perbandingan rasio padat-cair yang digunakan dalam penelitian ini. Konsentrasi Au yang terlindi pada rasio padat cair 1:25 adalah 2,37 mg/L sedangkan massa Au terlindi yaitu 0,296 mg. Semakin kecil fase cairnya maka massa Au yang terlindi semakin kecil, hal ini disebabkan karena jumlah zat pelindi yang digunakan volumenya kecil sehingga Au dalam fase padat tidak terlindi dengan sempurna [15]. Selain emas, unsur atau senyawa lain yang terkandung dalam fase padat sangat berpengaruh terhadap proses pelindian dimana unsur atau senyawa tersebut dapat mengkonsumsi zat pelindi sehingga konsentrasi zat pelindi emas menjadi berkurang, dimana hasil pelindian emas pun menjadi berkurang.

Pengaruh rasio padat-cair terhadap persen emas yang terlindi

Konsentrasi emas terlindi pada rasio padat cair 1:25 adalah 2,37 mg/L, sedangkan persentase emas yang terekstrak dengan rasio padat-cair 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25 adalah

14,77%; 30,18%; 58,31%; 81,77%; dan 100% berturut-turut. Persentase emas tertinggi terlindi dengan beda potensial 6 volt selama 5 jam tercapai pada perbandingan rasio padat-cair 1:25 dengan prosentase emas mencapai 100% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada rasio padat-cair 1:25 merupakan perbandingan yang sesuai pada penelitian ini. Hal ini disebabkan karena semakin encer lumpur pada proses pelindian secara elektrolisis dapat meningkatkan pelindian emas dalam sampel. Sedangkan semakin meningkat lumpur dalam sel elektrolisis dapat menghambat reaksi antara emas dengan asam hipoklorit karena partikel-partikel lumpur saling menghambat satu sama lain sehingga kecepatan pelindian menjadi berkurang [16].



Gambar 3. Persentase Au terlindi pada variasi rasio padat-cair

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa konsentrasi hipoklorit tertinggi hasil elektrolisis larutan NaCl 5 M adalah 34210 mg/L diperoleh pada beda potensial 6 volt dengan waktu elektrolisis 5 jam. Rasio padat cair yang sesuai pada penelitian ini adalah 1:25 dengan persen pelindian Au

mencapai 100 %. Massa emas total dalam batuan asal kabupaten Supiori–propinsi Papua adalah 59,29 g/ton batuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada Suprpto, Ph.D, yang memberikan dukungan maupun saran kepada penulis dalam penelitian ini, dan juga kepada Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, selaku Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi yang mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Matyjewicz, J., Lesniewski, A., Niedziolka-Jonsson, J., (2014). *Electrochem. Commun*, 48, 73–76
- [2] Axelevitch, A., Gorenstein, B., Golan, G. (2014), *Appl. Surf. Sci*, 315, 523-526
- [3] Steele, I. M., L. J., Gaspar, J. C., McMahon, G., Marquez, M. A. & Vasconcellos, M. A. Z., (2000), *The Canadian Mineralogist*, 38, 1–10
- [4] Supriyadijaja, A & Widodo., (2009), LIPI
- [5] Simange, S. M., (2011), *Jurnal Agroforestri*, 6, 103-108
- [6] Jeffrey, M.I., Breuer, P.L., Choo, W.L., (2001), *Metall. Mater. Trans, B*, 32, 979–986
- [7] Ghobeiti H., M., Rashchi, F., Raygan, S., (2013), *Miner. Eng*, 50-51, 140-142.
- [8] Ghobeiti H. M., Rashchi, F., Raygan, S., (2014), *Hydrometallurgy*, 142, 56–59
- [9] Bennett, J.E., (1974), *Chem. Eng. Prog*, 70, 60-63
- [10] Ibl N. dan Londolt D., (1968), *Journal Electrochem Acta*, 15, 1165-1183
- [11] Huang, Yu-R., Hung, Yen-C., Hsu, Shun-Y., Huang, Yao-W., dan Hwang, Deng-F., (2008), *food Control*, 19, 329-345
- [12] Aslan, F., (2012), *Noble Met.*, 17, 369-388
- [13] Ulusoy, U., Hiçyılmaz, C. & Yekeler, M., (2004), *Chem. Eng. Process. Proc Int*, 43, 1047–1053, 20
- [14] Ryu, M., Kim, H., Lim, M., You, K. & Ahn, J., (2010), *Molecules*, 15, 258–269.
- [15] Mori, V. dan Sobral, L. G. S., (2007), *Centro de Tec Min*
- [16] Cheng-yan, W., Ding-fan, Q., Fei, Y., Han-yuan, W., Yong-qiang, C., (2010), *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 20, 60-64

TANYA JAWAB

PENANYA : Niko

Pertanyaan :

- a) Apakah ini Au murni atau tidak?
- b) Dasarnya memakai potensial 3,6,9 dan 12 volt dan waktu 1,3,5,7 jam apa ?

Jawaban :

- a) Au yang diekstrak secara elektrolisis diperoleh dari batuan di Kabupaten Supiori, hal ini dilakukan untuk melihat secara rill atau nyata proses ekstraksi emas dari bebatuan.
- b) Dasarnya adalah Bonsaga dan Aslan yang pernah meneliti emas dan Cu secara elektrolisis.