

PROSES HIDROMETALURGI MENGGUNAKAN PELARUT AQUA REGIA PADA *RECOVERY* LOGAM EMAS (Au) LIMBAH ELEKTRONIK PCB HP

Fitrotul Rofika dan Tuhu Agung Rachmanto

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim
Email : fitrotulrofica@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi pengolahan limbah B3 khususnya limbah elektronik jenis PCB handphone dengan proses recovery logam Au serta mengetahui waktu maksimal dan perbandingan pelarut optimum pada limbah PCB Handphone menggunakan pelarut aqua regia. Subyek penelitian ini adalah limbah elektronik dengan sampel berupa PCB Handphone. Objek penelitian ini adalah kadar logam emas dalam sampel. Metode yang digunakan adalah proses hidrometalurgi dengan pelarut aqua regia. Variasi waktu yang digunakan adalah 10, 20, 30, dan 40 menit. Variasi perbandingan HCl:HNO₃ yang digunakan adalah 1:3, 1:2, 2:1, dan 3:1 (v/v). Filtrat hasil pelindian yang diperoleh di analisis konsentrasinya menggunakan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pelindian emas optimum pada waktu pelindian selama 10 menit dengan jumlah Au terlarut sebesar 33,135 ppm, perbandingan HCl:HNO₃ = 1:2 (v/v) dengan jumlah Au terlarut sebesar 33,135 ppm.

Kata Kunci : pelindian, emas, PCB handphone, aqua regia.

ABSTRACT

The purposes of the research were apply the technology of waste material treatment of dangerous and toxic type PCB mobile phone with metal Au recovery process and determination of maximum time and solvent ratio optimum to leach of gold which obtained from PCB handphone waste. The subject of research was PCB handphone waste. The object in this study was concentration of gold in the processor waste. This research was done by hydrometallurgy process in which aqua regia was used. The time variation were 10, 20, 30, and 40 minutes. The solvent which used in this research was aqua HCl:HNO₃ with ratio 1:3, 1:2, 2:1, and 3:1(v/v). Filtrat was measured by AAS. In conclusion, the maximum time leaching gold from the processor waste is 10 minutes in which the amount of Au solute are 33,135 ppm, and optimum solvent ratio is 2:1 (v/v) in which the amount of Au solute was 33,135 ppm.

Keywords : leaching of gold, PCB Handphone, aqua regia

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, penggunaan barang elektronik menjadi hal yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Sebagian besar konsumen menginginkan peralatan elektronik yang lebih baik dari yang dimilikinya. Hal ini menyebabkan masa pemakaian suatu peralatan elektronik menjadi semakin pendek sehingga mengakibatkan penumpukan peralatan elektronik bekas pakai. Penumpukan tersebut dikenal sebagai limbah elektronik.

Limbah elektronik tidak dapat disamakan dengan limbah biasa. Sebagai contoh limbah elektronik yang berasal dari ponsel, satu unit ponsel terdiri dari komponen-komponen mikro yang mengandung beragam logam. Semua substansi ini tergabung dalam komponen yang sulit diuraikan oleh mesin pelebur sampah seperti insenerator. Di negara maju seperti Amerika Serikat dan Kanada, dioksin yang berasal dari proses insenerasi limbah komputer dianggap sebagai sumber utama polusi udara yang merusak atmosfer (Mery Magdalena, 2003).

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan *recovery* (pengambilan kembali) logam-logam berharga salah satunya yaitu emas (Au) dari komponen-komponen seperti PCB (*Printed Circuit Board*), IC (*Integrated Circuit*), prosesor, dan lain-lain melalui proses daur ulang atau dimanfaatkan kembali dengan proses hidrometalurgi (Antrekowitsch, 2006).

Dalam penelitian ini, proses hidrometalurgi menggunakan pelarut aqua regia, dan natrium metabisulfit sebagai pengendap logam. Memvariasikan perbandingan asam nitrat dan asam klorida sebagai pelarut aqua regia serta memvariasikan waktu pelarutan. Diharapkan akan diperoleh suatu metode pengolahan limbah elektronik untuk memperoleh logam berharga secara optimum.

Limbah Elektronik (*E-Waste*)

Limbah elektronik merupakan istilah umum yang mencakup berbagai macam bentuk peralatan yang berhubungan dengan listrik atau alat elektronik lainnya yang sudah tidak dipakai oleh pemiliknya (Widmer, dkk.

2005). Berbeda dengan sampah rumah tangga yang biasanya bersifat dapat diuraikan, limbah elektronik memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan dan lingkungan karena mengandung beberapa senyawa berbahaya, bahkan diantaranya ada yang bersifat karsinogenik yang dapat memicu penyakit kanker. Penanganan limbah yang salah akan menimbulkan potensi ancaman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

Karakteristik Limbah Elektronik

Limbah elektronik tersebut mengandung berbagai komponen, baik yang memiliki nilai ekonomis maupun potensi ancaman bagi kesehatan dan lingkungan hidup. Menurut Gramatyka, dkk., (Siti Marwati, 2009), di dalam limbah elektronik mengandung 20% tembaga (Cu), 8% besi (Fe), 4% timah (Sn), 2% nikel (Ni), 2% timbal (Pb), 1% seng (Zn), 0,2% perak (Ag), 0,1% emas (Au) dan 0,005% palladium (Pa). Selain itu mengandung polipropilen, polietilen, poliester dan polikarbonat yang berasal dari komponen berbahan plastik. Menurut Ficeriova, J., dk (Siti Marwati, 2009) salah satu logam berharga yang terkandung dalam limbah elektronik adalah emas. Sebagai contoh kandungan emas rendah (< 100 ppm Au) terdapat pada rangkaian elektronik pada TV, kalkulator dan monitor. Kandungan emas menengah (100-400 ppm Au) terdapat pada rangkaian elektronik pada komputer, laptop dan telepon. Kandungan emas tinggi (>400 ppm Au) terdapat pada *ponsel*.

Emas digunakan sebagai pelapis barang-barang elektronik karena sifatnya yang memiliki ketahanan korosif yang baik dan konduktivitas yang sangat tinggi terhadap listrik. Permintaan emas oleh produsen listrik dan elektronik meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Di Amerika pada tahun 2007, 6% dari emas yang ditambang digunakan untuk pembuatan peralatan listrik dan elektronik. Bagian-bagian peralatan elektronik yang mengandung Au adalah kaki dan soket dalam komputer, seperti pada PCB (*Printed Circuit Board*), prosesor, RAM (*Random Acces Memory*), soket-soket pada komputer IC (*Integrated Circuit*), *main board/motherboard*, *hard disk*, *chip* memori

komputer dan masih banyak komponen lainnya (Huang, K., dkk., 2009).

Teknik Recovery Logam-logam Berharga dalam Limbah Elektronik Hidrometalurgi

Proses hidrometalurgi biasanya dilakukan setelah dilakukan proses pemilahan antara bahan logam dan non logam. Proses ini merupakan proses pelarutan logam-logam yang terdapat dalam limbah elektronik khususnya komponen-komponen yang berukuran kecil misalnya pada pelarutan PCB dan chip. Proses pelarutan ini menggunakan pelarut antara lain asam sulfat dan peroksida, aquaregia, tiourea, larutan sianida, asam nitrat, asam klorida, natrium oksida dan lain-lain. Proses ini cukup efektif dibandingkan dengan proses yang lain karena dapat digunakan untuk recovery logam-logam dengan kemurnian yang relatif tinggi. Proses recovery yang diawali dengan proses hidrometalurgi dapat dilanjutkan dengan proses ekstraksi, pengendapan, filtrasi, elektrolisis, dan lain-lain disesuaikan dengan logam yang akan diambil lagi.

Aqua Regia

Aqua regia (bahasa Latin yang berarti "air kerajaan") adalah larutan yang dibuat dari percampuran asam klorida pekat dan asam nitrat pekat dengan perbandingan 3:1. Larutan ini bersifat sangat korosif, mengeluarkan uap berwarna kuning. Hanya larutan inilah yang sanggup melarutkan Raksa, Timbal, emas dan platina (logam-logam yang paling mulia menurut deret Volta), oleh karena itulah disebut sebagai aqua regia atau Air Raja. Karena sifatnya yang kurang stabil, maka larutan ini baru dibuat jika akan dipakai (*Wikipedia*). Campuran ini mempunyai kemampuan yang sangat tinggi sebagai agen pengoksidasi karena adanya agen aktif *nitrosil klorida* dan *klorin* sebagai hasil reaksi antara HNO_3 dan HCl . Karena daya oksidasinya yang sangat tinggi aqua regia dapat melarutkan hampir semua logam, termasuk logam-logam mulia, seperti Au, Pt, Pd, dan lain-lain yang bersifat *refractory* (tahan panas). (Wega Trisunaryanti, 2002).

METODOLOGI PENELITIAN

Pemisahan Komponen-Komponen Logam dan Non Logam

Proses pelindian emas yang dilakukan terhadap PCB *Handphone* merupakan salah satu metode hidrometalurgi dalam proses *recovery* emas. Sampel berupa PCB *Handphone* dipisahkan bagian-bagiannya dengan cara dipanaskan. Hal ini dilakukan untuk memperbesar kontak pelarut dengan sampel, sehingga emas pada PCB *Handphone* dapat larut dengan sempurna.

Pembuatan Larutan Aqua Regia

Pada proses pelindian, pelarut yang digunakan adalah aqua regia. Aqua regia merupakan campuran larutan HNO_3 pekat dan HCl pekat dengan variasi perbandingan yang diuji cobakan. Kedua larutan asam tersebut harus dicampur agar dapat melarutkan emas, karena jika digunakan secara terpisah larutan HNO_3 maupun HCl tidak dapat bereaksi dengan emas. Hal ini disebabkan karena kedua larutan asam tersebut memiliki fungsi yang berbeda dalam proses pelarutan emas.

Running

Berikut merupakan tahapan dari proses *running* :

1. Sebanyak 1 keping PCB ponsel dipisahkan komponennya dari papan PCB. Hal ini dilakukan untuk memperbesar kontak pelarut dengan sampel.
2. Menuang secara hati-hati 40 ml HNO_3 ke dalam wadah plastik.
3. Menuang secara hati-hati 20 ml HCl ke dalam wadah plastik yang berisi 40 ml HNO_3 .
4. Memasukkan PCB ke dalam wadah plastik. Proses pelarutan dilakukan selama 10 menit pada suhu ruangan.
5. Setelah didiamkan selama 10 menit, larutan dituang ke dalam botol sebagai sampel.
6. Mengulangi langkah-langkah diatas untuk variasi waktu pelarutan (20, 30, dan 40 menit).
7. Menuang secara hati-hati 40 ml HNO_3 ke dalam wadah plastik.
8. Menuang secara hati-hati 20 ml HCl ke dalam wadah plastik yang berisi 40 ml HNO_3 (1:2). Komposisi perbandingan

- pelarut (aqua regia:akuades) dapat dilihat pada Tabel.
9. Memasukkan PCB ke dalam wadah plastik. Proses pelarutan dilakukan selama 10 menit pada suhu ruangan.
 10. Setelah didiamkan selama 10 menit, larutan dituang ke dalam botol sebagai sampel.
 11. Mengulangi langkah-langkah diatas untuk variasi perbandingan kandungan aqua regia pada proses pelarutan (1:3, 3:1, dan 2:1).
 12. Pengukuran Kadar Emas dengan AAS

HASIL DAN PEMBAHASAN

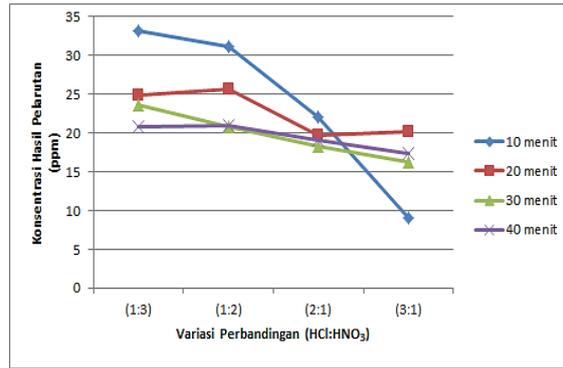
Optimasi Perbandingan (HCl:HNO₃) pada Proses Pelindian

Penentuan perbandingan optimum HCl dengan HNO₃ dilakukan dengan membuat kurva antara konsentrasi emas dalam larutan hasil pelindian dengan variasi perbandingan. Variasi perbandingan HCl : HNO₃ (v/v) yang digunakan dalam penelitian ini antara lain 1:2, 1:3, 3:1, 2:1.

Adapun pengaruh perbandingan pelarut tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 yaitu pengaruh perbandingan konsentrasi pelarut (HCl:HNO₃) terhadap konsentrasi emas terlarut.

Tabel 1. Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Pelarut (HCl:HNO₃) Terhadap Konsentrasi Emas Terlarut

Perbandingan HCl : HNO ₃	Konsentrasi Hasil Pelarutan (ppm)			
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit
1:3	33,135	24,942	23,557	20,788
1:2	31,058	25,634	20,788	20,903
2:1	21,999	19,634	18,306	19,057
3:1	9,124	20,211	16,230	17,326



Gambar 1. Kurva hubungan antara konsentrasi emas hasil pelarutan dari limbah PCB *handphone* dengan variasi perbandingan HCl : HNO₃.

Menurut Chiranjib Kumar Gupta (2003), semakin meningkatnya konsentrasi pelarut maka jumlah dari mineral atau logam berharga yang larut akan semakin banyak. Hal ini disebabkan konsentrasi yang lebih tinggi dapat mempercepat proses yang terjadi. Namun demikian, terdapat konsentrasi optimum pada setiap pelarut. Konsentrasi larutan asam mempengaruhi kinetika dan efektifitas proses pelarutan.

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa konsentrasi HNO₃ yang lebih banyak berpengaruh terhadap efektifitas pelarut dalam bereaksi dengan emas. Semakin banyak bagian HNO₃ dalam campuran pelarut semakin banyak emas yang terlarut atau semakin banyak kompleks AuCl₄⁻ yang terbentuk.

Pelarut dengan perbandingan HCl:HNO₃ 1:2 (v/v) memberikan hasil maksimal pada waktu pelarutan 10 menit pada suhu ruangan, dengan jumlah Au terlarut sebesar 33,135 ppm

Optimasi Waktu pada Proses Pelarutan

Penentuan waktu pelarutan optimum dilakukan dengan membuat kurva antara konsentrasi emas dalam larutan hasil pelarutan dengan waktu. Variasi waktu pelarutan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain 10, 20, 30, dan 40 menit.

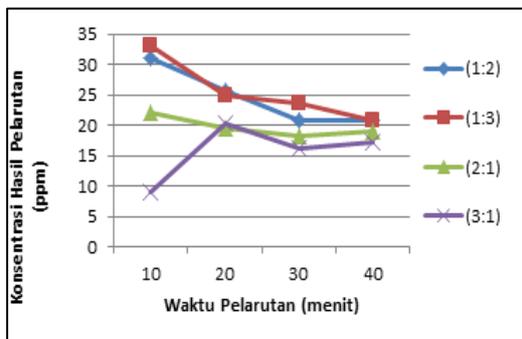
Adanya pengaruh waktu pelarutan terhadap banyaknya emas yang terlarutkan oleh aqua

Waktu Pelarutan	Konsentrasi hasil pelarutan (ppm)			
	1:2	1:3	2:1	3:1
10 menit	31,058	33,135	21,999	9,124
20 menit	25,634	24,942	19,634	20,211
30 menit	20,788	23,557	18,306	16,230
40 menit	20,903	20,788	19,057	17,326

regia dapat dilihat pada Tabel 4.2 yaitu pengaruh waktu terhadap konsentrasi emas terlarut.

Tabel 2. Pengaruh Waktu Pelarutan Terhadap Konsentrasi Emas Terlarut

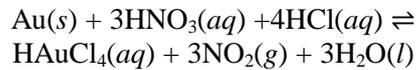
Dari Tabel 2 di atas, ditampilkan dalam bentuk grafik gambar 2



Gambar 2. Pengaruh waktu pelarutan terhadap konsentrasi hasil pelarutan.

Pada Gambar 2, diketahui bahwa lamanya waktu pelarutan berpengaruh terhadap banyaknya logam emas yang terlarut. Semakin lama proses pelarutan jumlah Au yang terukur semakin kecil, hal ini berarti menandakan kompleks yang terbentuk semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. Jumlah Au yang terlarut menurun seiring dengan semakin lamanya waktu pelindian disebabkan oleh kestabilan aqua regia. Aqua regia merupakan oksidator kuat dan korosif. Jika dibiarkan terlalu lama aqua regia dapat teroksidasi dan membentuk gas beracun seperti NOCl, NO₂ dan Cl₂ sehingga aqua regia hanya dibuat ketika dipakai. Gas NOCl dan Cl₂ yang terbentuk tidak dapat melarutkan Au. Hal ini lah yang menyebabkan jumlah kompleks AuCl₄⁻ yang terbentuk semakin sedikit. Adanya endapan yang terbentuk pada dasar botol disebabkan proses kesetimbangan kimia selama waktu pelindian. Endapan yang terbentuk paling banyak pada variasi waktu 30 menit, lalu 40

dan 20 menit, sedangkan pada waktu 10 menit tidak terbentuk endapan. Hal ini lah yang menyebabkan grafik meningkat kembali setelah waktu 30 menit. Au yang telah terlarut dapat membentuk Au kembali seperti pada reaksi dibawah ini:



Berdasarkan grafik pada gambar 2, pada penelitian ini waktu maksimal dalam proses pelarutan emas adalah 10 menit dengan jumlah Au terlarut sebesar 33,135 ppm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengolahan limbah elektronik *handphone* khususnya PCB *handphone* dilakukan dengan proses hidrometalurgi untuk memisahkan logam-logam yang masih berharga sebagai bentuk pengolahan limbah B3.
2. Waktu pelindian maksimum pada proses pelindian logam Au dalam limbah PCB *handphone* adalah 10 menit dengan kadar emas terlarut sebesar 33,135 ppm.
3. Perbandingan HCL:HNO₃ optimum pada proses pelindian logam Au dalam limbah PCB *handphone* adalah 1:3 (v/v) dengan kadar emas terlarut sebesar 33,135 ppm

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai optimasi waktu pelindian dengan range waktu dibawah 10 menit.
2. Penggunaan pelarut yang lebih ramah lingkungan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses selanjutnya setelah pelindian sampai didapatkan logam emas murni.

DAFTAR PUSTAKA

- American Chemical Society. (2010). *Aqua Regia*. Diunduh dari: <http://web.mit.edu> pada tanggal 18 Februari 2017, Jam 13.06 WIB.

- Antrekowitsch, H., Potesswe, M., Spruzina, W., Proir, F. (2006). *Metallurgical Recycling of Elektronik Scrap*, The Mineral, Metals and Materials Society, EPD Congress 2006.
- Arora, Amit. (2005). *Text Book of Inorganic Chemistry*. New Delhi, India: Arora Offset Press.
- Day, R.A., dan Underwood, A.L. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. (Alih bahasa: Iis Sopyan). Jakarta: Erlangga.
- Devi K. Poppy., dkk. (2009). *Kimia 2, Buku Sekolah Elektronik*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Farida Rahma. (2009). *Pengaruh Konsentrasi Natrium Metabisulfit (Na₂S₂O₅) dan Suhu Pengeringan terhadap Mutu Biji Alpukan (Persea americana mill.)*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Ficeriova, J., Balaz, P., Dutkova, E., Gock, E. (2008), Leaching Gold and Silver Crushed Au-Ag Waste. *The Open Chemical Engineering Journal*, 29, 6-9.
- Gramatyka, P., Nowosielki, R., Sakiewicz, P., 2007, Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 20, 535-538.
- Harvey, David. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Huang, K., Guo, J., dan Xu, Z. (2009). Recycling of Waste Printed Circuit Boards: A Review of Current Technologies and Treatment Status in China. *Journal of Hazardous Materials*, 164,99-408
- I Wayan Dasana, Parlan, & Dwi Mei Susiyadi (2013). Pemisahan Emas dari Batuan Alam dengan Metode Reduktor Ramah Lingkungan. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Khopkar, S.M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press
- Kristianingrum, Susila. (2015). *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel dan Efeknya*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Lavitia Iis Parlina., dkk. (2013). *Teknik Pembuatan Emas dari Barang Elektronik Bekas*. PKM-Penelitian. Universitas Negeri Semarang.
- Marwati, Siti. (2009). *Kajian Tentang Kandungan Logam-Logam Berharga dalam Limbah Elektronik (E-Waste) dan Teknik Recovernya Melalui Proses Daur Ulang*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mary Magdalena. (2003). *Indonesia Butuh Konsep Pengolahan Limbah Komputer*, Harian Sinar Harapan Edisi Tanggal 4 Mei 2003
- Mimi Salamah, dkk. (2009). *Penentuan Kadar Ni, Pb, Co, Fe, Mn Au dan Cd*, Laporan Penelitian FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Nasrudin, Fredy Kurniawan, & Suprpto. (2010). *Studi Adsorpsi Berbagai Karon Aktif (Davao, Hycard, Jerman, Lokal) terhadap Larutan KAu(CN)₂*. Prosiding, Tugas Akhir Semester Genap. Surabaya: ITS
- Pecsok, Robert L., dan Shields, L. Donald. (1976). *Modern Methods of Chemical Analysis*, edisi kedua. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Sugiyarto, Kristian H. (2003). *Dasar-Dasar Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Trisunaryanti, Wega., dkk. (2002). *Studi Pengaruh Matriks pada Analisis Ni dan Pd secara AAS dalam Destruat Katalis Hidrorengkah Menggunakan Akua Regia dan H₂SO₄*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Vogel. (1979). Bagian II: *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. (Alih Bahasa: Ir. L. Setiono dan Dr. A. Hadyana Pudjaatmaka). Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka
- Widmer, Rolf., dkk. (2005). *Global Perspective on e-waste. Environmental Impact Assessment Review*. Switzerland