

Pemisahan Emas pada *Motherboard* Komputer Dengan Metode Elektrolisis

Ricson Rinaldi¹⁾, Yusnimar²⁾, Drastinawati²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Kimia Dasar II

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

Email : ricson.rinaldi@yahoo.com

ABSTRACT

Gold metal has been using in electronics and telecommunication industry, for example, *Motherboard* computer. The separation of gold from the *Motherboard* computer has been done in this study. To get the maximum results in the separation of the are gold used variations potential difference (6; 9; 12 volt) and the type of precipitant (NaHSO_3 and $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) . In this study, a certain number of samples is used samples *Motherboard* computer electrolyzed H_2SO_4 for 1 hour. The precipitate formed is separated from the filtrate. The precipitate was dissolved in *Aqua Regia* at a temperature of 70°C for 30 minutes further diluted with *Aqua DM* until the volume is 50 mL . Au concentration was analyzed by AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) and Au deposited with NaHSO_3 and $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Based on the analysis result, the maximum Au concentration at the former *Motherboard* computer is equal to 2.285 ppm. For 5 grams of the sample , the maximum weight of Au precipitate obtained 0.97 grams by using $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ as a precipitant .

Keywords : Au, *motherboard* computer, electrolisis, precipitant

1. Pendahuluan

Motherboard komputer adalah bahan limbah berharga karena kandungan logam berharga yang terkandung didalamnya. Dari 20 sampai 50 juta ton sampah peralatan listrik dan elektronik (WEEE) yang dihasilkan setiap tahun, membawa resiko yang signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Benda – benda yang termasuk dalam kategori limbah elektronik adalah benda dari peralatan elektronik yang telah rusak atau tidak dikehendaki lagi. Beberapa komponen dalam limbah elektronik membutuhkan pengelolaan yang memenuhi syarat, karena mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagai contoh limbah elektronik adalah *motherboard* komputer yang mengandung logam - logam berat. Limbah – limbah elektronik tersebut jika dibiarkan menumpuk akan menjadi permasalahan

yaitu terjadinya pencemaran yang ditimbulkan oleh logam - logam berat [Saadatjo dkk, 2013].

Motherboard komputer mengandung beberapa logam berharga yang layak untuk dipisahkan. Ada beberapa studi tentang daur ulang dari bahan-bahan tersebut dengan cara mekanik, proses thermal dan kimia. Logam banyak ditemukan di komponen elektronik seperti konektor, *integrated circuit*, *motherboard* dan transistor. Meskipun sebagian besar logam (sekitar 39% dari berat *scrap*) adalah logam dasar seperti tembaga, besi, nikel, timah, timbal, aluminium, perak dan seng, perhatian besar telah diberikan kepada pemisahan logam mulia seperti emas dan palladium [Saadatjo dkk, 2013].

Dalam tiga dekade terakhir, pemisahan emas menerima perhatian yang besar karena logam emas cukup banyak digunakan dalam industri elektronik.

Dalam limbah elektronik mengandung 0,1 % emas (Au) [Gramatyka dkk, 2007]. Menurut [Monka dkk, 2011] didalam *motherboard* mengandung Au sebanyak 80 – 1000 ppm. Kemampuan logam mulia contohnya emas (Au), sebagai penghantar listrik yang baik dan memiliki stabilitas kimia yang tinggi menjadikannya banyak dipergunakan. Selain itu emas banyak digunakan untuk melapisi konektor – konektor pada perangkat elektronik.

Teknik pemisahan logam dapat dilakukan secara pirometalurgi, hidrometalurgi, bio – hidrometalurgi, dan elektrometalurgi. Teknik – teknik ini memiliki kelebihan dan kekurangan dari aspek ekonomi maupun ekologi sehingga diperlukan berbagai kombinasi untuk menghasilkan metode yg efektif dan ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Preparasi Sampel

Sampel *motherboard* komputer bekas dipisahkan antara bagian yang mengandung emas dari *base metal*. Bagian yang diambil adalah pin – pin *motherboard* yang berwarna kekuningan.

2.2 Elektrolisis dengan H_2SO_4

Sampel pin – pin dari *motherboard* ditimbang sebanyak 5 gram untuk kemudian di elektrolisis dengan pelarut H_2SO_4 sebanyak 150 mL. Variasi beda potensial yang digunakan adalah 6 volt, 9 volt, 12 volt [Badri, 2012]. Setelah tahap elektrolisis selesai, dipisahkan endapan Au (residu) dari filtratnya (filtrat I). Filtrat kemudian diidentifikasi sedangkan residu di *leaching* dengan *aqua regia*

2.3 Leaching dengan Aqua Regia

Residu yang didapatkan dari tahap sebelumnya, di *leaching* dengan *aqua regia* pada temperatur $70^\circ C$ selama 30 menit [Sheng dan Etsell, 2007]. Pada tahap ini perbandingan berat sampel dengan volume *aqua regia* yang digunakan adalah 1:3. *Aqua regia* dibuat dengan cara mencampurkan HCl dan HNO_3 dengan

perbandingan 10:1 [Saadatjoo, 2013]. Setelah di *leaching* selama 30 menit, filtrat yang didapat setelah *leaching* (filtrat II) diencerkan dengan aqua DM sampai volume 50 mL (filtrat III) dan kemudian dianalisa menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

2.4 Presipitasi Emas (Au)

Filtrat III dipresipitasi dengan variasi jenis presipitan yaitu natrium bisulfit ($NaHSO_3$) dan asam oksalat ($H_2C_2O_4$) untuk menghasilkan endapan emas (Au). Penambahan $NaHSO_3$ dilakukan sampai filtrat jenuh sedangkan untuk pengendapan menggunakan $H_2C_2O_4$, filtrat ditambahkan dengan 20 mL $H_2C_2O_4$ 10%. Filtrat yang telah ditambah presipitan kemudian dipanaskan pada temperatur $70^\circ C$ selama 15 menit. Setelah endapan Au didapatkan, endapan dipisahkan dari filtrat dengan menggunakan kertas saring. Endapan Au yang telah disaring menggunakan kertas saring dikeringkan menggunakan desikator untuk mendapatkan berat yang konstan.

2.5 Identifikasi Ag, Cu dan Fe

Filtrat I, filtrat sisa presipitasi menggunakan $NaHSO_3$ dan $H_2C_2O_4$ diidentifikasi menggunakan reaksi identifikasi dengan beberapa bahan kimia. Menurut Basset [1994] penggunaan reagen untuk mengidentifikasi perak (Ag), tembaga (Cu) dan besi (Fe) adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi perak (Ag) digunakan reagen asam klorida encer (HCl), natrium hidroksida (NaOH) dan kalium kromat (K_2CrO_4) dalam larutan netral.
2. Identifikasi tembaga (Cu) digunakan reagen natrium hidroksida dalam larutan dingin (NaOH) dan kalium tiosianat (KSCN).
3. Identifikasi besi (Fe) digunakan reagen amonium hidroksida (NH_4OH), kalium ferisianida $K_3Fe(CN)_6$, dan natrium hidroksida (NaOH).

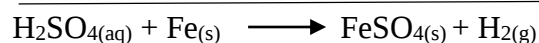
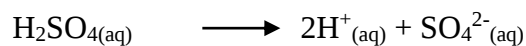
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Konsentrasi Au pada Motherboard Komputer

Pada proses elektrolisis akan terjadi reaksi reduksi oksidasi (redoks). Elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus tentunya mengarah pada anoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya, anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas. Terlihat jelas bahwa tujuan elektrolisis adalah untuk mendapatkan endapan logam di katoda dan gas di anoda.

Pada penelitian ini, proses elektrolisis bertujuan untuk mengurangi logam pengotor selain emas pada sampel agar mengoptimalkan kinerja proses *leaching* dengan aqua regia. Salah satu logam pengotor tersebut adalah besi (Fe). Rangkaian proses elektrolisis pada penelitian ini, sampel akan dihubungkan ke anoda dan pada anoda di hubungkan

lempengan timbal (Pb) dengan larutan elektrolit asam sulfat. Sehingga pada anoda logam-logam pengotor pada sampel akan teroksidasi menjadi ion-ion logam, sedangkan yang tereduksi pada katoda adalah ion asam menjadi gas hidrogen. Secara ringkas dapat ditulis seperti reaksi dibawah ini :



Selanjutnya, akan dilihat pengaruh variasi beda potensial terhadap konsentrasi emas dalam sampel. Penentuan konsentrasi Au dilakukan dengan analisa AAS. Hasil Penentuan Konsentrasi Au Pada Motherboard Komputer dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Penentuan Konsentrasi Au Pada Motherboard Komputer

Sampel	Jumlah sampel	Beda Potensial (Volt)	Konsentrasi (ppm)	Ket.
Motherboard	5 gr	6	0,185	Penelitian ini
Motherboard	5 gr	9	1,025	Penelitian ini
Motherboard	5 gr	12	2,285	Penelitian ini
Integrated Circuit (IC)	25 gr	9	24,8	Badri [2012]

Dari tabel 3.1 dapat disimpulkan bahwa konsentrasi emas yang didapatkan akan semakin besar dengan bertambahnya beda potensial yang diberikan dengan konsentrasi emas terbesar yaitu 2,285 ppm pada saat beda potensial 12 Volt. Hal ini terjadi karena jumlah elektron yang terbentuk dari beda potensial yang lebih besar akan semakin banyak pula. Jika jumlah elektron semakin banyak maka ion-ion logam yang terbentuk dari proses oksidasi pada anoda juga semakin banyak,

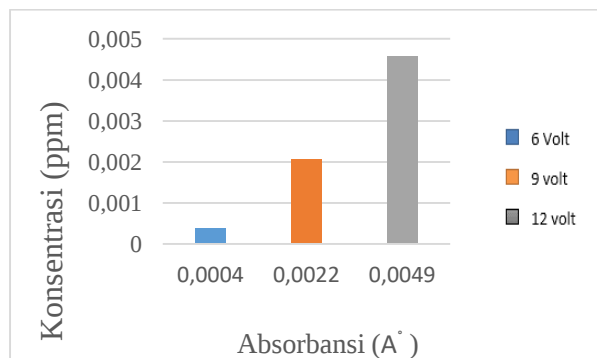
sehingga logam-logam pengotor yang terendapkan juga semakin banyak (artinya logam-logam pengotor pada sampel semakin berkurang).

Jika logam pengotor pada sampel semakin sedikit maka proses *leaching* dengan aqua regia akan semakin optimal, sehingga konsentrasi emas yang didapatkan dari proses ini juga semakin besar. Sebagai kesimpulan akhir adalah perubahan beda potensial pada proses elektrolisis akan mempengaruhi jumlah logam-logam

pengotor yang terendapkan, selanjutnya akan berpengaruh pada konsentrasi emas yang didapatkan setelah proses *leaching* dengan aqua regia. Semua variabel tersebut berbanding lurus, artinya semakin besar beda potensial yang diberikan, maka semakin banyak pula logam-logam pengotor yang terendapkan dan konsentrasi emas yang didapatkan juga semakin besar, begitu pula sebaliknya.

3.2 Pengaruh Variasi Beda potensial terhadap Konsentrasi Au yang Dihasilkan

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variasi beda potensial pada jumlah Au yang dihasilkan maka dilakukan proses elektrolisis *Motherboard* komputer sebanyak 5 gram menggunakan H_2SO_4 selama 1 jam dengan variasi beda potensial 6, 9 dan 12 volt. Konsentrasi Au diukur dengan AAS dan hasil dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hasil Elektrolisis *Motherboard* Komputer

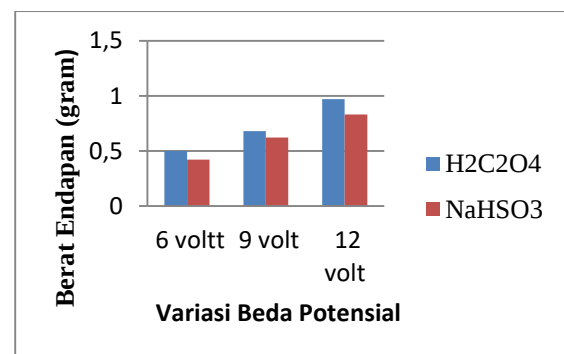
Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa variasi beda potensial pada tahap elektrolisis mempengaruhi konsentrasi Au yang dihasilkan. Konsentrasi Au yang didapatkan pada variasi rasio beda potensial 6, 9, 12 volt berturut-turut dengan menggunakan AAS adalah 0,0003 ppm, 0,0018 ppm dan 0,0041 ppm. Konsentrasi Au maksimal diperoleh pada beda potensial 12 volt. Hal ini disebabkan, semakin besar beda potensial yang digunakan semakin

banyak pula jumlah logam yang tidak diinginkan terlarut, sehingga jumlah Au lebih banyak terpisah dari logam-logam tersebut dan semakin besar pula konsentrasi Au yang didapatkan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa H_2SO_4 dapat melarutkan sampel dengan kelarutan yang hampir sama pada setiap konsentrasi yang diberikan. H_2SO_4 dapat bertindak sebagai migrasi ion pada saat proses elektrolisis sedangkan pemberian beda potensial dapat berpengaruh terhadap massa katoda [Badri, 2012]. Beda potensial berpengaruh terhadap massa katoda yang dihasilkan, karena semakin tinggi beda potensial yang digunakan, semakin banyak pula logam – logam lain yang terpisah pada proses elektrolisis.

3.3 Pengaruh Variasi Presipitan terhadap Pengendapan Emas

Untuk mengetahui pengaruh variasi presipitan terhadap hasil pengendapan emas, setelah tahap proses elektrolisis menggunakan aqua regia dilakukan proses pengendapan dengan variasi presipitan NaHSO_3 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Pengaruh variasi jenis presipitan terhadap hasil pengendapan emas dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 3.2.



Gambar 3.2. Berat Endapan Au yang dihasilkan dengan presipitan NaHSO_3 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

Sampel	Presipitan	Temperatur presipitasi (°C)	Waktu presipitasi	Berat endapan Au					Bentuk dan warna endapan	Ket.
				Sampel: HNO ₃ (5 : 10)	Sampel: HNO ₃ (5 : 15)	6 volt	9 volt	12 volt		
Mother board 5 gr	NaHSO ₃	70	15 menit	-	-	0,42 gr	0,62 gr	0,87 gr	Endapan cokelat	Penelitian ini
Mother board 5gr	H ₂ C ₂ O ₄	70	15 menit	-	-	0,5 gr	0,68 gr	0,97 gr	Endapan biru muda	Penelitian ini
Mother board 5 gr	H ₂ C ₂ O ₄	70	17 jam	-	1,05 mg	-	-	-	Pasir Au	Saadatjoo, dkk [2013]
RAM 5 gr	NaHSO ₃	110	-	0,27 gr	-	-	-	-	Endapan Cokelat	Wahib, dkk [2014]
RAM 5 gr	NaHSO ₃	Temperatur Ruang	-	0,045 gr	-	-	-	-	Endapan Cokelat	Wahib, dkk [2014]

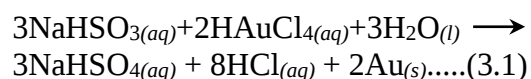
Pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa jenis presipitan mempengaruhi berat endapan Au yang diperoleh. Pada penelitian ini, berat endapan maksimum didapatkan pada variasi beda potensial 12 volt dengan presipitan H₂C₂O₄ yaitu sebanyak 0,97 gram. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan presipitan H₂C₂O₄ memberikan berat endapan Au yang lebih banyak dibandingkan dengan NaHSO₃.

Jika dibandingkan dengan penelitian lain, berat endapan yang dihasilkan pada penelitian ini memberikan berat endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil penelitian lain untuk penggunaan presipitan NaHSO₃ maupun H₂C₂O₄. Pengendapan menggunakan presipitan NaHSO₃ pada penelitian ini menghasilkan berat endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil penelitian Wahib dkk, [2014]. Pada tabel 4.2 dapat dilihat berat endapan maksimal pada penelitian ini yaitu sebesar

0,87 gram pada beda potensial 12 volt sedangkan pada penelitian Wahib dkk,

[2014] dengan jumlah sampel yang sama berat endapan maksimal didapatkan pada temperatur presipitasi 110 °C sebanyak 0,27 gram.

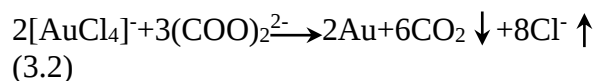
Pada proses presipitasi menggunakan NaHSO₃, sampel yang telah dilarutkan dengan aqua regia membentuk senyawa kompleks tetrakloroaurat (III). Penambahan NaHSO₃ berfungsi untuk mereduksi emas dari senyawa kompleks tetrakloroaurat (III), HAuCl₄, menjadi padatan Au yang mengendap seperti pada persamaan reaksi 4.1 berikut:



Larutan NaHSO₄ dan HCl yang dihasilkan dari reaksi penambahan NaHSO₃ berwarna hijau bening dan padatan Au berwarna cokelat.

Pada Tabel 3.2, pengendapan menggunakan presipitan H₂C₂O₄ penelitian ini menghasilkan berat endapan sebanyak

0,97 gram dengan beda potensial 12 volt pada temperatur presipitasi 70°C selama 15 menit. Sedangkan pada penelitian Saadatjoo dkk [2013], pemisahan emas dengan menggunakan metode pendahuluan *leaching* HNO₃ dan pengendapan pada temperatur presipitasi 70°C didapatkan berat endapan hanya sebesar 1,05 mg dengan waktu pengendapan selama 17 jam. Reaksi pengendapan emas menggunakan H₂C₂O₄ dapat dilihat dari persamaan 4.2 berikut:



Penambahan H₂C₂O₄ berfungsi mereduksi anion tetrakloroaurat (III), [AuCl₄]⁻, menjadi endapan Au. Dari penambahan ini juga dihasilkan gas CO₂ dan anion Cl⁻ yang terlarut. Dengan menggunakan H₂C₂O₄ diperoleh emas dalam keadaan koloid sebagai larutan yang berwarna biru [Basset, 1994]. Untuk memperoleh endapan Au yang berwarna

biru dilakukan pemanasan pada suhu 70°C selama 15 menit. Pada penelitian Saadatjoo dkk [2013], penambahan H₂C₂O₄ menghasilkan endapan berbentuk pasir Au.

3.4 Hasil Analisa Kualitatif *Motherboard Komputer*

Tujuan analisa kualitatif ini adalah untuk mengetahui keberadaan logam-logam seperti Fe, Cu dan Ag dalam sampel. Sebelum dilakukan analisa kualitatif sampel diolah terlebih dahulu sesuai dengan Gambar 3.1. Untuk mengetahui apakah didalam sampel terdapat Ag, Fe dan Cu maka dilakukan beberapa reksi identifikasi dengan menggunakan beberapa reagen yaitu HCl, NaOH, K₂CrO₄, KSCN, NH₄OH dan K₃Fe(CN)₆. Hasil dari analisa kualitatif yang dilakukan disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Analisa Kualitatif *Motherboard Komputer*

Sampel	Komponen	Hasil Reaksi Identifikasi
Filtrat sisa elektrolisis	Ag	Ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
Filtrat sisa pengendapan NaHSO₃	Ag	Ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
Filtrat sisa pengendapan H₂C₂O₄	Ag	Ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada

Pada Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa pada sampel *Motherboard* terdapat logam Ag dan Fe sedangkan logam Cu tidak. Pada penelitian Mońka, dkk [2011] didalam *Motherboard* komputer terdapat kandungan Cu 10-27 % massa, Fe 1,2-8,0 % massa, Ag 110-3300 ppm. Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa kandungan Cu cukup besar dalam *Motherboard* namun dalam penelitian ini keberadaan logam Cu tidak teridentifikasi. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini sampel *Motherboard*

merupakan paduan logam yang masih dalam ukuran cukup besar sehingga proses elektrolisis belum maksimal dan logam-logam lain masih terbawa pada endapan Au yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pemisahan emas (Au) pada *Motherboard* komputer dapat dilakukan dengan metode elektrolisis.
2. Semakin besar daya listrik yang digunakan semakin tinggi konsentrasi Au yang dihasilkan. Untuk sampel *Motherboard* sebanyak 5 gram, konsentrasi Au maksimum yang diperoleh dengan menggunakan beda potensial 12 volt sebesar 2,285 ppm.
3. Penggunaan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ sebagai presipitan memberikan endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan NaHSO_3 . Berat endapan maksimum terbentuk saat beda potensial 12 volt dengan nilai berturut-turut NaHSO_3 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ sebesar 0,87 gram dan 0,97 gram.
4. Berdasarkan hasil analisa kualitatif menunjukkan bahwa sampel *Motherboard* komputer mengandung logam Ag dan Fe.

6. Daftar Pustaka

- Accegado, F., Gentina, J.C., & Bustos, S. (1993). Bioleaching of Mineral-A Valid Alternative for Developing Countries. *Journal of Biotechnology*, 31, 115-123.
- Anshori, J.A. (2005). *Spektrometri Serapan Atom*. Laboratorium Kimia Bahan Alam dan Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA UNPAD.
- Badri, Saiful (2012). Pemisahan Emas dari Limbah Elektronik IC (*Integrated Circuit*) Melalui Pengendapan Pendahuluan Tembaga (Cu) secara Elektrokimia. *Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Jember*.
- Basset, J. (1994). *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Binsar. 2014. Proses Elektrometalurgi. [Http://scribd.com](http://scribd.com), diakses pada Maret 2015. Pkl. 16.00 WIB.
- Bosecker, K. (1987). *Microbial Leaching*. Fundamentals of Biotechnology. VCH, Weinheim.
- Brady, J. E. (1999). *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Binarupa Aksara. Bandung
- Brierly, C, L., Kelly, D, P., Seal, K, J, & Best, D, J. (1987). *Materials and Biotechnology*. London: Blackwell Scientific Publications.
- Cotton, S.A., & Wilkinson, G. (2007). *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Day, R. A. (1986). *Analisa Kimia Kualitatif*. Jakarta: Airlangga.
- Figueira, M.M., Volesky, B., Ciminelli, V.S.T., & Felicity, A.R. (2000). Biosorption of Metals in Brown Seaweed Biomass. *Water Res.* 34 (1), 196-204.
- Gramatyka, P., Nowosielki, R., & Sakiewicz, P. (2007). Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering Vol* 20, 535-538.
- Habashi, F., (1997). *Handbook of Extractive Metallurgy, Volume 3*. Heidelberg, Germany: WILEY-VCH
- Harrizul, Rivai. (1995). *Asas Pemeriksaan Kimia*. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Kelly, D. P., Norris, P.L., & Brielly, C.L. (1979). *Microbiological Methods for the Extraction and Recovery of Metals*. New York: Cambridge University Press.
- Marwati, S. 2009. Kajian tentang Kandungan Logam-Logam Berharga dalam Limbah Elektronik (E-Waste) dan Teknik Recoverynya melalui Proses Daur Ulang. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Monka, P., Szczepaniak, W., & Malicka, M.Z. (2011). *Gasification of RAM Memory Waste*. Politechniki Krakowskiej.
- Norris, P.R., & Owen, J.P. (1992). *Strain Selection for Hight Temperature Oxidation of Mineral Sulfides in Reactors*. Virginia: International

- Biotechnology Symposium and Exposition.
- Oleszek, Sylwia., Grabda, Mariusz., Shibata, Etsuro., & Nakamaru, Takashi. (2013). Distribution of Copper, Silver and Gold during Thermal Treatment with Brominated Flame Retardans. *Waste Management*, 33, 1835-1842.
- Perdana, Andrean. 2015. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengendapan*. [Http://scribd.com](http://scribd.com). Diakses pada Desember 2015. Pkl. 22:51.
- Petranikova, M. (2008). *Treatment of End of Life Computers*. Slovakia: Technical University of Kosice.
- Pramono, A. (2006, December 20). *Limbah Elektronik di Indonesia*. Berita Antara (national ed).
- Saadatjoo, N., Heydari, H., Abdullahi, A., & Behzad, M. (2013). Recovery of Gold From Computer Circuit Board Scraps : The Study of the Effect of Different Reductants. *Journal of Applied Chemistry Vol 8, No. 27, 2013*.
- Sheng, P.P., & Etsell, T.H. (2007). Recovery of Gold from Computer Circuit Board Scrap Using Aqua Regia. *Waste Management and Research*, 25, 380-383.
- Septian, U.D. 2013. Perbandingan Pirometalurgi, Hidrometalurgi dan Elektrometalurgi. [Http://www.scribd.com](http://www.scribd.com) diakses pada Maret 2015, Pkl. 19.00 WIB.
- Simanjuntak, F.N. 2011. Penentuan Kandungan Bijih Emas terhadap Batuan Penambangan Masyarakat Desa Beateung-Aceh dengan Metode Sianidasi dan Pemurnian secara Elektrolisis. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Skoog, D.A., West, D.M., & Holler, J. (2000). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole.
- Sutarto, E. 2008. *Identifikasi Pola Aliran E-Waste Komputer dan Komponennya*. Bandung: Institute Teknologi Bandung.
- Svehla, G. (1985). Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro, Edisi kelima, Bagian I, Kalman Media Pusaka, Jakarta.
- Syukri, S. (1999). *Kimia Dasar 3*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wahib, A., Tjahjanto, R.T., & Purwonugroho, D. (2014). Pengaruh Suhu pada Ekstraksi Emas dari Limbah RAM (Random Acces Memory) Komputer. *Journal of Kimia. Student University of Brawijaya, Malang*, 2, 283-289.
- Wimatra, A., Simanullang, P., Sunardi., & Saputro, R. (2008). *Dasar – Dasar Komputer*. Civil Aviation Safety and Technics Academy of Medan.
- Woods, D., & Rawlings, D.E. (1989). *Bacterial Leaching and Bio mining*. New York: University of Cambridge.
- Yusuin, Tri. 2012. *Filtrasi (Penyaring), Pengendapan dan Rekrystalisasi*. [Http://scribd.com](http://scribd.com). Diakses pada Desember 2015. Pkl. 08:45 WIB.