

# PEMISAHAN EMAS PADA PC MAINBOARD KOMPUTER: PENGARUH RASIO SAMPEL : HNO<sub>3</sub> DAN JENIS PRESIPITAN

Esti Rahmat Tini<sup>1</sup>, Yusnimar<sup>2</sup>, Drastinawati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia  
Laboratorium Kimia Dasar II, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293  
Email: estirahmattini@yahoo.com

*Gold (Au) has been used widely in the electronics and telecommunications industries. In the Printed Circuit (PC mainboard, the former metal there are approximately 80-1000 ppm Au. In this study Au has been separated from PC Mainboard with treatment variation ratio of the amount of samples and HNO<sub>3</sub> (1: 3; 1: 6; and 1: 9 w/v) and the type of precipitants (NaHSO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Gold content was determined by Atomic Absorption Spectrophotometry. For 5 grams PC mainboard sample with a size of 1-10 mm was leaching with HNO<sub>3</sub> at T=70°C for 1 hour, the precipitate formed is separated from the filtrate. Then, the precipitate obtained was leaching with aqua regia at T=70°C for 30 minutes, the precipitate dissolved and further it diluted with aqua DM until it is volume 50 mL. Later, concentration Au is analyzed by AAS and Au are deposited using a precipitant H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and NaHSO<sub>3</sub>. According to the result, content of Au in the PC mainboard is 300 ppm. For 5 grams amount of sample is obtained maximum weight of 2.14 grams Au deposition using H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as a precipitant.*

**Keywords:** Au, leaching, PC Mainboard, precipitant.

## 1. Pendahuluan

Penggunaan logam mulia seperti emas (Au) telah dikenal luas aplikasinya dibidang elektronik dan telekomunikasi. Kemampuan logam mulia sebagai penghantar listrik yang baik dan memiliki stabilitas kimia yang tinggi inilah yang menjadikannya banyak dipergunakan. Emas (Au) banyak digunakan pada bagian-bagian tertentu alat elektronik seperti *processor, harddisk, RAM, motherboard* atau *mainboard, PCB handphone, PCB komputer, Integrated Circuit (IC), kartu chip handphone*, dan sebagainya. Saat ini emas yang dipergunakan biasanya diperoleh dari hasil pertambangan. Namun, emas merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga manusia berupaya mencari alternatif lain yaitu memanfaatkan limbah dari limbah seperti *PC mainboard*. *PC Mainboard* yang merupakan komponen utama dalam sebuah komputer dan bagian yang paling sering mengalami kerusakan. Kerusakan *PC Mainboard* biasanya sulit untuk diperbaiki

sehingga harus diganti (Tyo, 2014). Hal inilah yang menyebabkan penumpukan *PC Mainboard* bekas yang saat ini pemanfaatannya belum maksimal. Moñka dkk (2011) menyebutkan bahwa didalam *PC Mainboard* terdapat sekitar 80-1000 ppm Au.

Pemisahan logam Au biasa dilakukan dengan metode *leaching*. Metode *leaching* adalah proses pelarutan selektif yang hanya logam-logam tertentu yang dapat larut sehingga logam yang diinginkan dapat diperoleh (Dysi, 2012). Hasil yang diperoleh dari *leaching* dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis pelarut yang digunakan dan jenis presipitan. Pelarut HNO<sub>3</sub> mempunyai peranan penting dalam tahapan *leaching* karena penggunaannya meminimalkan kontaminasi logam lain dalam pengendapan emas seperti Ag, Cu dan *base metal* lainnya (Saadatjoo dkk, 2013). Sedangkan presipitan yang baik memberikan berat endapan yang

lebihmaksimal sehingga jumlah Au yang didapat semakin banyak.

Pada penelitian ini akan dilakukan pemisahan emas (Au) dari PC *Mainboard* komputer bekas menggunakan teknik *leaching* menggunakan pelarut HNO<sub>3</sub> dengan variasi rasio sampel dengan volume larutan HNO<sub>3</sub> 1:3; 1:6 dan 1:9 (b/v) dan jenis presipitan Natrium bisulfit (NaHSO<sub>3</sub>) Asam oksalat (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dan emas (Au) yang diperoleh ditentukan kadarnya dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini sampel PC *Mainboard* digunakan sebanyak 5 gram, ukuran sampel yang digunakan 1-10 mm. Temperatur *leaching* dan pengendapan yang digunakan 70°C, waktu *leaching* dengan HNO<sub>3</sub> dan *aqua regia* 1 jam dan 30 menit dengan waktu pengendapan 15 menit. Variasi sampel dengan pelarut HNO<sub>3</sub> yang digunakan 1:3; 1:6 dan 1:9 (b/v) sedangkan jenis pengendapan yang digunakan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan NaHSO<sub>3</sub>.

### 2.1. Preparasi Sampel

Sampel PC *mainboard* komputer bekas ditimbang dengan teliti dan dipisahkan pin-pinnya dari *base metal*. Bagian yang diambil adalah pin-pin yang berwarna kuning. Pin-pin yang telah dipisahkan kemudian digunting untuk mendapatkan ukuran sampel sekitar 1 – 10 mm.

### 2.2. Leaching dengan HNO<sub>3</sub>

Sampel yang telah digunting ditimbang sebanyak 5 gram untuk kemudian dilarutkan dengan HNO<sub>3</sub> pada temperatur 70°C selama 1 jam [Sheng dan Etsell, 2007]. Pada tahapan ini dilakukan variasi rasio berat sampel dengan volume HNO<sub>3</sub> yang digunakan sebesar 1:3, 1:6 dan 1:9. Menurut Saadatjoo dkk [2013], *leaching* dengan HNO<sub>3</sub> bertujuan untuk memisahkan emas (Au) (Residu) dari logam lain (Filtrat I).

### 2.3. Leaching dengan Aqua Regia

Residu yang didapatkan sebelumnya *dileaching* dengan *Aqua regia* sebanyak 15 mL pada temperatur 70°C selama 30 menit [Sheng dan Etsell, 2007]. *Aqua regia* dibuat dengan cara mencampurkan HCl dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 10:1 [Saadatjoo dkk, 2013]. Setelah 30 menit kemudian diencerkan dengan *Aqua DM* sampai volume 50 mL (Filtrat III) untuk kemudian dianalisa menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) dan diidentifikasi menggunakan beberapa reagen.

### 2.4. Pengolahan Filtrat I

Filtrat I yang didapat diencerkan dengan *Aqua DM* sampai volumenya menjadi 50 mL (Filtrat II). Filtrat II yang telah diencerkan kemudian diidentifikasi menggunakan beberapa reagen untuk mengetahui keberadaan logam-logam seperti perak (Ag), tembaga (Cu) dan besi (Fe).

### 2.5. Pengendapan Emas (Au)

Pada pengendapan emas dilakukan variasi penggunaan presipitan yaitu Natrium bisulfit (NaHSO<sub>3</sub>) dan Asam oksalat (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan tujuan untuk mengendapkan emas (Au). Filtrat III ditambahkan dengan presipitan (NaHSO<sub>3</sub> sebanyak 2 gram dan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 10% sebanyak 20 mL) sehingga didapatkan endapan. Penambahan presipitan dilakukan sampai larutan menjadi jenuh kemudian dilakukan pemanasan pada temperatur 70°C selama 15 menit dengan tujuan mempercepat pembentukan endapan. Endapan dipisahkan dengan menggunakan kertas saring dan filtrat diidentifikasi.

### 2.6. Pengeringan

Endapan Au yang telah disaring menggunakan kertas saring dikeringkan menggunakan desikator sampai didapat berat yang konstan.

### 2.7. Identifikasi Ag, Cu dan Fe

Filtrat II dan hasil pengendapan emas dengan NaHSO<sub>3</sub> yang didapat 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, Natrium hidroksida dan Kalium kromat dalam larutan netral.
2. Identifikasi tembaga (Cu) digunakan reagen Natrium hidroksida dalam larutan dingin dan Kalium tiosianat.
3. Identifikasi besi (Fe) digunakan reagen Amonium hidroksida, Natrium hidroksida dan Kalium ferisianida.

## 2.8. Analisa AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Analisa AAS dilakukan pada filtrat III. Analisa AAS dilakukan di Unit Pelayanan Teknis Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Penentuan Kadar Au pada PC *Mainboard* Komputer

Penentuan kadar Au dilakukan untuk mengetahui jumlah Au yang terkandung dalam sampel. Penentuan kadar Au dilakukan dengan analisa AAS. Perbandingan hasil kadar Au penelitian ini dengan penelitian lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Perbandingan Hasil Kadar Au dengan Peneliti Lainnya

Rasio jumlah sampel : pelarut HNO <sub>3</sub>	Temperatur <i>leaching</i> (°C)	Konsentrasi (ppm)	Keterangan
1:3 (5 gr : 15 mL)	70	0	Penelitian ini
1:6 (5 gr : 30 mL)	70	7,45	Penelitian ini
1:9 (5 gr : 45 mL)	70	8,10	Penelitian ini
1:3 (25 gr : 75 mL)	70	450	Sheng dan Etsell [2011]

Pada penelitian ini, kadar Au maksimal didapat sebesar 8,10 ppm pada kondisi 5 gram sampel : 45 mL HNO<sub>3</sub> dan suhu 70°C. Pada penelitian Sheng dan Etsell (2011), kadar Au maksimal didapat sebesar 450 ppm pada kondisi 25 gram sampel : 75 mL HNO<sub>3</sub> dan suhu 70°C. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penelitian sebelumnya memberikan hasil yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian ini karena pada penelitian Sheng dan Etsell (2011) menggunakan sampel lebih banyak dan ukuran sampel yang digunakan lebih kecil dan seragam (425 µm) sehingga sampel lebih mudah *terleaching* oleh pelarut.

Selain itu, saat penelitian dilakukan sampel yang berupa pin-pin setelah *terleaching* dengan HNO<sub>3</sub> bagian-bagian yang mengandung emasnya terpisah menjadi residu yang berukuran besar dan kecil. Pada saat pemisahan, residu yang berukuran besar mudah untuk dipisahkan dari filtrat sedangkan residu yang

berukuran kecil sebagian tertinggal dikertas saring, sehingga residu yang dihasilkan tidak maksimal dan mempengaruhi kadar Au yang diperoleh.

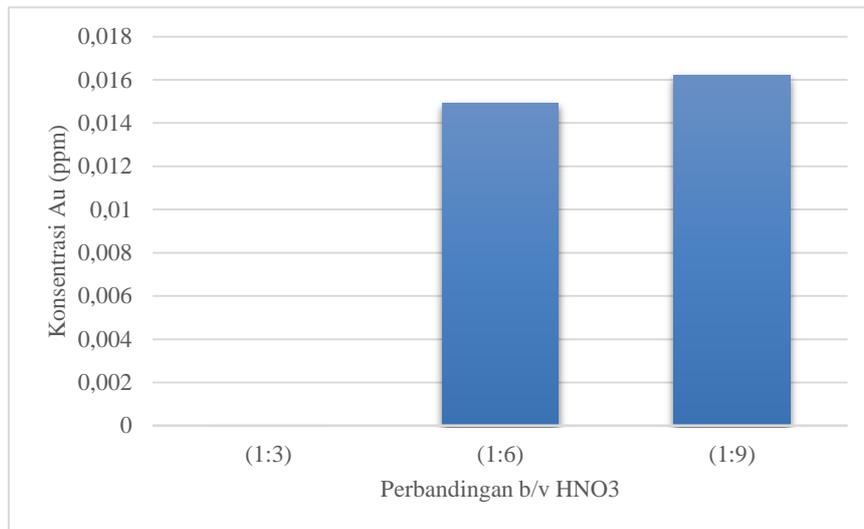
Faktor lain yang menyebabkan hasil penelitian ini kurang maksimal dibandingkan penelitian Sheng dan Etsell (2011) adalah jenis pelarut HNO<sub>3</sub> yang digunakan. Pada penelitian Sheng dan Etsell (2011) digunakan pelarut HNO<sub>3</sub> jenis P.A (*Pro Analysis*) yang memiliki kemurnian sangat tinggi (>99,5%) dan memiliki konsentrasi sekitar 16 N sedangkan penelitian ini hanya menggunakan bahan kimia teknis dengan konsentrasi 10 N. Hal ini jelas mempengaruhi kinerja dari pelarut HNO<sub>3</sub> yang digunakan untuk melarutkan logam-logam selain Au dalam sampel.

### 3.2. Pengaruh Variasi Rasio Sampel dengan Pelarut HNO<sub>3</sub> terhadap Kadar Au yang Dihasilkan

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variasi rasio sampel dengan

pelarut  $\text{HNO}_3$  pada jumlah Au yang dihasilkan maka dilakukan proses *leaching* PC *Mainboard* komputer sebanyak 5 gram menggunakan pelarut  $\text{HNO}_3$  pada

suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 1 jam dengan variasi rasio b/v  $\text{HNO}_3$  1:3; 1:6 dan 1:9. Konsentrasi Au diukur dengan AAS dan hasil dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 4.1** Perbandingan Hasil Analisa AAS

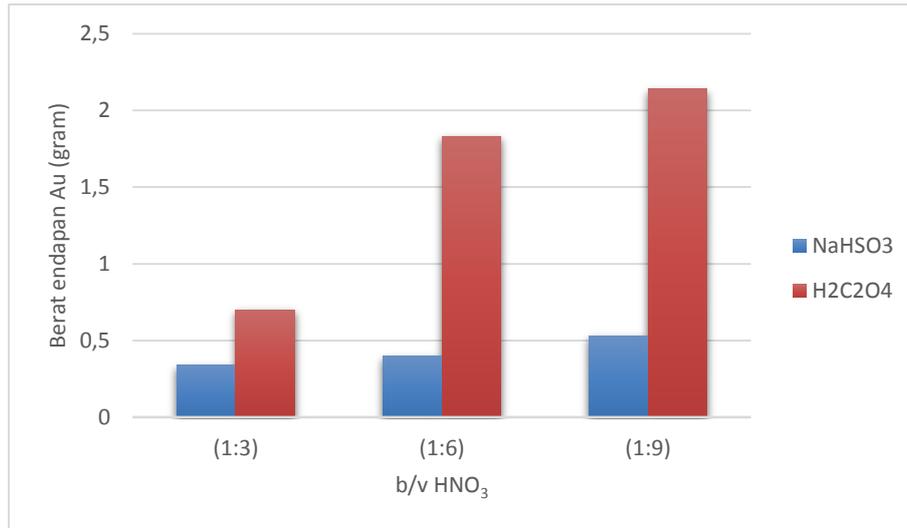
Pada Gambar 4.2 dapat diketahui saat rasio 1:3 didapat kadar Au sebesar 0 ppm. Pada perbandingan 1:3 ini kadar Au tidak terukur karena pada saat analisa dilakukan larutan sampel yang dibuat dari Filtrat III terlalu encer sehingga kadar Au-nya sangat kecil dan tidak dapat terbaca oleh alat AAS. Sedangkan pada perbandingan 1:6 dan 1:9 didapat kadar Au sebesar 0,0149 ppm dan 0,0162 ppm. Hasil maksimal didapat pada rasio b/v  $\text{HNO}_3$  1:9. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa dengan menggunakan jumlah sampel yang sama (5 gram) dan variasi volume pelarut (15 mL; 30 mL; 45 mL) dihasilkan kadar yang berbeda. Hal ini menunjukkan pengaruh volume pelarut  $\text{HNO}_3$  terhadap kadar yang dihasilkan.

Menurut Saadatjoo dkk [2013] *leaching* menggunakan  $\text{HNO}_3$  bertujuan untuk menghilangkan Ag, Cu dan *base metal* lainnya yang terdapat dalam sampel

sehingga meminimalkan kontaminasi logam lain dalam pengendapan emas. Faktor inilah yang menyebabkan perbedaan kadar Au yang dihasilkan dalam sampel karena semakin banyak volume pelarut  $\text{HNO}_3$  yang digunakan, semakin banyak pula jumlah logam yang tidak diinginkan terlarut sehingga kadar Au yang didapatkan pada proses *leaching* menggunakan *aqua regia* semakin besar.

### 3.3. Pengaruh Variasi Presipitan terhadap Pengendapan Emas

Untuk mengetahui pengaruh variasi presipitan terhadap hasil pengendapan emas, setelah tahap proses *leaching* menggunakan *aqua regia* dilakukan proses pengendapan dengan variasi presipitan  $\text{NaHSO}_3$  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 4.4.



**Gambar 4.2** Rasio Berat Endapan Au yang Dihasilkan antara NaHSO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

**Tabel 4.2** Perbandingan Variasi Presipitasi terhadap Hasil Pengendapan Emas dengan Peneliti Lainnya

Sampel	Presipitan	Temperatur presipitasi (°C)	Waktu presipitasi	Berat endapan Au				Bentuk dan warna endapan	Ket.
				Rasio sampel: pelarut 1:2	Rasio sampel: pelarut 1:3	Rasio sampel: pelarut 1:6	Rasio sampel: pelarut 1:9		
PCB 5 gr	NaHSO <sub>3</sub>	70	15 menit	-	0,34 gr	0,40 gr	0,53 gr	Endapan cokelat	Penelitian ini
PCB 5gr	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	70	15 menit	-	0,70 gr	1,83 gr	2,14 gr	Endapan biru muda	Penelitian ini
PCB 5 gr	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	70	17 jam	-	1,05 mg	-	-	Pasir Au	Saadatjoo, dkk [2013]
RAM 5 gr	NaHSO <sub>3</sub>	110	-	0,27 gr	-	-	-	Endapan cokelat	Wahib, dkk [2014]
RAM 5 gr	NaHSO <sub>3</sub>	Temperatur ruang	-	0,045 gr	-	-	-	Endapan cokelat	Wahib, dkk [2014]

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa jenis presipitan mempengaruhi berat endapan Au yang diperoleh. Pada penelitian ini, berat endapan maksimum didapatkan pada b/v HNO<sub>3</sub> 1:9 dengan variasi presipitan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yaitu sebanyak 2,14 gram. Ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan presipitan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> memberikan berat endapan yang lebih

tinggi dibandingkan dengan NaHSO<sub>3</sub>. Pada metode NaHSO<sub>3</sub>, sampel yang telah dilarutkan dengan *aqua regia* membentuk senyawa kompleks Tetrakloroaurat (III). Dengan penambahan NaHSO<sub>3</sub> berfungsi untuk mereduksi emas dari senyawa kompleks Tetrakloroaurat (III), H<sub>2</sub>AuCl<sub>4</sub>, menjadi padatan Au yang mengendap seperti pada persamaan reaksi 4.1:



Larutan NaHSO<sub>4</sub> dan HCl yang dihasilkan dari reaksi penambahan NaHSO<sub>3</sub> berwarna

hijau bening dan padatan Au berwarna cokelat.

Tabel 4.4 menunjukkan perbandingan berat endapan dengan menggunakan presipitan  $H_2C_2O_4$  pada penelitian ini lebih besar dari penelitian Saadatjoo dkk [2013]. Dengan perbandingan b/v  $HNO_3$  (1:3) dan temperatur *leaching* ( $70^\circ C$ ) yang sama,

$$2[AuCl_4]^- + 3(COO)_2^{2-} \rightarrow 2Au \downarrow + 6CO_2 \uparrow + 8Cl^- \dots\dots\dots (4.2)$$

Penambahan  $H_2C_2O_4$  berfungsi mereduksi anion Tetrakloroaurat (III),  $[AuCl_4]^-$ , menjadi endapan Au. Dari penambahan ini juga dihasilkan gas  $CO_2$  dan anion  $Cl^-$  yang terlarut. Dengan menggunakan  $H_2C_2O_4$  diperoleh emas dalam keadaan koloid sebagai larutan yang berwarna biru (Basset, 1994). Untuk memperoleh endapan Au yang berwarna biru dilakukan pemanasan pada suhu  $70^\circ C$  selama 15 menit. Pada penelitian Saadatjoo dkk (2013), penambahan  $H_2C_2O_4$  menghasilkan endapan berbentuk pasir Au.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu berat endapan yang didapat dari penelitian ini memberikan berat endapan yang lebih tinggi untuk penggunaan  $H_2C_2O_4$  maupun  $NaHSO_3$ . Pengendapan menggunakan presipitan  $NaHSO_3$  pada penelitian ini menghasilkan berat endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil penelitian Wahib dkk (2014). Dari Tabel 4.4 dapat dilihat berat endapan

penelitian ini menghasilkan endapan sebesar 0,70 gram dalam waktu 15 menit sedangkan pada penelitian Saadatjoo dkk [2013] didapatkan berat endapan hanya sebesar 1,05 mg dengan waktu 17 jam. Reaksi pengendapan emas menggunakan  $H_2C_2O_4$  dapat dilihat dari persamaan 4.2:

maksimum pada penelitian ini yaitu sebesar 0,53 gram pada temperatur *leaching*  $70^\circ C$  sedangkan pada penelitian Wahib dkk [2014] yang menggunakan sampel berupa RAM berat endapan maksimum yang didapatkan pada temperatur  $110^\circ C$  yaitu sebesar 0,27 gram.

### 3.4. Hasil Analisa Kualitatif PC Mainboard 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,  $K_2CrO_4$ , KSCN,  $NH_4OH$  dan  $K_3Fe(CN)_6$ . Hasil dari analisa kualitatif yang dilakukan disajikan dalam Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Hasil Analisa Kualitatif PC Mainboard Komputer

Sampel	Komponen	Hasil Reaksi Identifikasi
<b>Filtrat I</b>	Ag	Tidak ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
<b>Filtrat sisa pengendapan <math>NaHSO_3</math></b>	Ag	Tidak ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
<b>Filtrat sisa pengendapan <math>H_2C_2O_4</math></b>	Ag	Tidak ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada sampel PC Mainboard terdapat

logam Fe sedangkan logam Ag dan Cu tidak. Pada penelitian Mońka, dkk [2011]

didalam PC *Mainboard* komputer terdapat kandungan Cu 10-27 % massa, Fe 1,2-8,0 % massa, Ag 110-3300 ppm. Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa kandungan Ag dan Cu cukup besar dalam PC *Mainboard* namun dalam penelitian ini keberadaan logam Ag dan Cu tidak teridentifikasi. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini sampel PC *Mainboard* merupakan paduan logam yang masih dalam ukuran cukup besar sehingga membuat kerja pelarut kurang maksimal dan menyebabkan logam-logam lain masih terbawa pada endapan Au yang dihasilkan. Menurut Saadajtoo (2013), ukuran sampel PC *Mainboard* yang *dileaching* sebaiknya berukuran kecil dari 0,1 mm. Tujuannya adalah untuk memperluas bidang kontak sampel dengan pelarut yang *dileaching* sehingga hasil yang didapat lebih maksimal.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pemisahan emas (Au) pada PC *Mainboard* komputer dapat dilakukan dengan metode *leaching*.
2. Untuk sampel PC *Mainboard* sebanyak 5 gram, kadar Au maksimum diperoleh saat b/v HNO<sub>3</sub> 1:9 sebesar 8,1 ppm.
3. Semakin besar rasio sampel dengan pelarut HNO<sub>3</sub> semakin tinggi kadar Au yang dihasilkan.
4. Penggunaan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebagai presipitan memberikan endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan NaHSO<sub>3</sub>. Berat endapan maksimum terbentuk saat rasio b/v HNO<sub>3</sub> 1:9 dengan nilai berturut-turut NaHSO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebesar 0,53 gram dan 2,14 gram.
5. Analisa kualitatif menunjukk bahwa hasil *leaching* yang diperoleh kurang optimum karena penggunaan sampel pin-pin PC *Mainboard* yang masih dalam ukuran besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basset, J. (1994). *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Dysi, Luthfiania. 2012. *Hidrometalurgi*. [Http://www.scribd.com](http://www.scribd.com). Diakses pada Desember 2015. Pkl. 08:29 WIB.
- Mońska, Piotr., Szczepaniak, Włodzimierz., Zabłocka-Malicka, Monika. (2011). Gasification of RAM Memory Waste. *Technical Transactions*, 8, 119-126.
- Saadatjoo, Naghi., Heydri, Hadi., Abdullahi, Ahmad., & Behzad, Mahdi. (2013). Recovery of Gold from Computer Circuit Board Scraps: The Study of the Effect of Different Reductants. *Journal of Applied Chemistry*, 27, 55-60.
- Sheng, Peter, P., & Etsell, Thomas, H. (2007). Recovery of Gold from Computer Circuit Board Scrap Using Aqua Regia. *Waste Management and Research*, 25, 380-383.
- Tyo. 2014. *Pengertian Motherboard*. [Http://komponenelektronika.biz](http://komponenelektronika.biz). Diakses Juni 2015, Pkl. 06.57 WIB.
- Wahib, Abdul., Tjahjanto, Rachmat Triandi., & Purwonugroho, Dinar. (2014). Pengaruh Suhu pada Ekstraksi Emas dari Limbah RAM (*Random Acces Memory*) Komputer. *Journal of Kimia. Student University of Brawijaya, Malang*, 2, 283-289.