

**PEMISAHAN EMAS PADA RAM (*RANDOM ACCESS MEMORY*) KOMPUTER:
PENGARUH VARIASI RASIO JUMLAH SAMPEL : VOLUME PELARUT HNO₃
DAN JENIS PRESIPITAN**

Restika Rahayu¹⁾, Yusnimar²⁾, Drastinawati²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Kimia Dasar II, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya JL. HR. Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
Email: restika_r@ymail.com

ABSTRACT

Gold metal has been using in electronics and telecommunication industry, for example, computer RAM . The separation of gold from the computer's RAM has been done in this study. To get the maximum results in the separation of the gold used variations in the ratio of the number of samples : HNO₃ solvent volume (w/v 1:3 ; 1:6 ; 1:9) and the type of precipitant (NaHSO₃ and H₂C₂O₄) . In this study, a certain number of samples is used computer RAM with a size of 1-3 mm then it is been leaching with HNO₃ at a temperature of 70°C 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 NaHSO₃ and H₂C₂O₄ . Based on the analysis result, the maximum Au concentration at the former computer RAM is equal to 54.95 ppm. For 5 grams of the sample , the maximum weight of Au precipitate obtained 0.72 grams by using H₂C₂O₄ as a precipitant .

Keyword : Au, RAM computer, Leaching, Precipitant

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan barang elektronik pada saat ini semakin meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk dan teknologi peralatan elektronik sangat pesat kemajuannya. Penggunaan barang elektronik seperti komputer, handphone, printer, televisi dan peralatan elektronik lainnya bisa dikatakan sebagai kebutuhan primer penunjang kegiatan sehari-hari yang banyak digunakan oleh masyarakat luas. Selama 10 tahun terakhir jumlah peralatan elektronik di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup drastis, peningkatan ini mengakibatkan barang elektronik bekas juga akan meningkat jumlahnya [Pramono, 2006].

Peningkatan jumlah barang elektronik bekas tidak hanya terjadi di Indonesia tetapi sudah menjadi permasalahan di negara-negara maju. Menurut Oleszek dkk [2013] jumlah limbah peralatan listrik dan elektronik atau *waste electric and electronic* (WEEE) sekitar 8 juta ton dihasilkan setiap tahun dengan peningkatan tahunan sebesar 3-5%. Menurut Petranikova [2008] terdapat sekitar 20-5 juta metrik ton WEEE dihasilkan diseluruh dunia. *Waste electric and electronic* (WEEE) memiliki karakteristik yang berbeda dengan sampah-sampah lain. Hal ini disebabkan komponen barang-barang elektronik tersebut mengandung bahan beracun berbahaya (B3) [Sutarto, 2008].

RAM komputer merupakan komponen penyimpanan pada sebuah komputer. Semua jenis RAM biasanya memiliki kandungan emas pada kaki-kaki yang menempel langsung pada *motherboard* [Havlik dkk, 2010]. Menurut Wahib dkk [2014], kandungan emas pada RAM komputer sekitar 57,96 ppm dan kadar Au endapan 6,24%. Kemampuan logam mulia sebagai penghantar listrik yang baik dan memiliki stabilitas kimia yang tinggi, menjadikannya banyak dipergunakan. Emas memiliki sifat penghantar listrik yang sangat baik sehingga banyak dipakai untuk melapisi konektor-konektor pada perangkat elektronik.

Tujuan dari penelitian ini adalah Melakukan proses pemisahan emas (Au) pada RAM computer, menentukan kandungan emas (Au) yang diperoleh pada proses pemisahan dengan menggunakan AAS, mengamati pengaruh rasio sampel dengan HNO_3 terhadap kadar Au yang dihasilkan, mengamati pengaruh presipitan terhadap berat endapan yang dihasilkan dan melakukan analisa kualitatif sampel RAM komputer.

Emas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au (*aurum*) dan nomor atom 79. Emas merupakan sebuah logam transisi (trivalen dan univalen) yang lembek, mengkilap, kuning, berat, *malleable*, dan *ductile* [Klein, 1985]. Emas merupakan logam yang bersifat lunak dan mudah ditempa, kekerasannya berkisar antara 2,5-3 (skala Mohs), serta berat jenisnya tergantung pada jenis dan kandungan logam lain yang berpadu dengannya.

Emas adalah logam yang sangat mudah dibentuk dan berdaya hantar listrik dan panas yang sangat tinggi. Selain itu, emas juga sangat tahan terhadap zat kimia, tetapi sangat langka sehingga mahal [Syukri, 1999]. Emas berwarna kuning dan lunak (titik leleh 1064°C) dengan kemudahan ditarik serta ditempa yang tinggi dibanding

unsur apa pun [Cotton dan Wilkinson, 2007]. Dalam bentuk bubuk, warnanya coklat kemerahan. Logam emas merupakan logam yang tahan akan korosi dan relatif stabil di alam karena tidak banyak bereaksi dengan kebanyakan bahan kimia

Hidrometalurgi adalah suatu proses atau suatu pekerjaan dalam metalurgi dimana dilakukan pemakaian suatu zat kimia yang cair untuk dapat melarutkan suatu partikel tertentu. Teknik ini dapat diterapkan untuk memisahkan logam emas dari bijih emas yang berkadar rendah. Hidrometalurgi dilakukan karena semakin sulitnya ditemukan bijih emas kadar tinggi, disamping itu bertujuan untuk mengurangi polusi dari proses pirometalurgi. Sampai saat ini metode pemisahan yang paling sering digunakan adalah metode hidrometalurgi (metode ekstraksi pelarut) karena efektifitas dan efisiensinya dibandingkan metode pemisahan yang lain.

Leaching adalah peristiwa pelarutan dari satu atau lebih senyawa dari suatu campuran padatan dengan cara mengontakkan dengan pelarut cair. Pelarut akan melarutkan sebagian bahan padatan sehingga bahan yang terlarut yang diinginkan dapat diperoleh. Metode ini memiliki 3 variabel penting, yaitu temperatur, area kontak dan jenis pelarut. Teknologi *leaching* biasanya digunakan oleh industri logam untuk memisahkan mineral dari bijih dan batuan.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAM (*Random Acces Memory*) komputer bekas sebagai sampel, asam nitrat (HNO_3) 65%, asam klorida (HCl) 32%, natrium hidroksida (NaOH) 1%, kalium kromat (K_2CrO_4) 1%, kalium tiosianat (KSCN) 1%, amonium hidroksida (NH_4OH) 1%, kalium ferisianida $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$

1%, natrium bisulfit (NaHSO_3), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 10%, aqua DM dan kertas saring.

Alat yang dipakai

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, gunting seng, termometer, *hot plate*, tabung reaksi, gelas kimia, gelas ukur, corong, batang pengaduk, pipet tetes, desikator, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

Variabel Penelitian

Variabel yang akan dilakukan pada penelitian ini terbagi atas variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan yaitu jumlah sampel (5 gram), temperatur *leaching* (70°C), temperatur pengendapan (70°C), Waktu *leaching* dengan HNO_3 (1 jam), waktu *leaching* dengan aqua regia (30 menit) dan waktu presipitasi (15 menit). Sementara variabel berubah yang digunakan adalah rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO_3 (b/v 1:3; 1:6; 1:9) dan presipitan yang digunakan untuk pengendapan emas adalah NaHSO_3 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

1. Preparasi Sampel

Sampel RAM komputer bekas dipisahkan antara bagian yang mengandung emas dari *base metal*. Bagian yang diambil adalah pada kaki – kaki RAM komputer yang berwarna kuning. Bagian - bagian yang telah dipisahkan kemudian digunting untuk mendapatkan ukuran sampel sekitar 1 mm - 3 mm.

2. *Leaching* dengan HNO_3

Sampel dari RAM komputer yang telah digunting, ditimbang sebanyak 5 gram untuk kemudian *dileaching* dengan HNO_3 . Variasi perbandingan jumlah sampel dan volume pelarut yang digunakan adalah 1:3,

1:6 dan 1:9 dengan temperatur 70°C selama 1 jam [Sheng dan Etsell, 2007]. Setelah tahap *leaching* selesai, dipisahkan endapan Au (residu endapan) dari logam lain (filtrat I). Kemudian, filtrat I diencerkan dengan aqua DM sampai volume 50 mL (filtrat IV) untuk diidentifikasi sedangkan residu *dileaching* dengan aqua regia.

3. *Leaching* dengan aqua regia

Residu endapan yang didapatkan dari tahap sebelumnya, *dileaching* dengan aqua regia pada temperatur 70°C selama 30 menit [Sheng dan Etsell, 2007]. Pada tahap ini, rasio jumlah sampel dengan volume aqua regia yang digunakan adalah (b/v) 1:3. Aqua regia dibuat dengan cara mencampurkan HCl dan HNO_3 dengan perbandingan 10:1 [Saadatjoo, 2013]. Setelah *dileaching* 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*).

4. Presipitasi Emas (Au)

Filtrat III dipresipitasi dengan variasi jenis presipitan yaitu natrium bisulfit (NaHSO_3) dan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) untuk menghasilkan endapan emas (Au). Penambahan NaHSO_3 dilakukan sampai filtrat jenuh sedangkan untuk pengendapan menggunakan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, filtrat ditambahkan dengan 20 mL $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 10%. Filtrat yang telah ditambah presipitan kemudian dipanaskan pada temperatur 70°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 sampai didapat berat konstan.

5. Pengolahan Filtrat I

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

6. Identifikasi Ag, Cu dan Fe

Filtrat IV, filtrat sisa presipitasi menggunakan NaHSO_3 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 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 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})$, dan natrium hidroksida (NaOH)

3. Hasil dan Pembahasan

1. Penentuan Kadar Au pada RAM Komputer

Tabel .1 Perbandingan hasil kadar Au dengan penelitian lain

Rasio jumlah sampel : pelarut	Temperatur leaching ($^{\circ}\text{C}$)	Konsentrasi (ppm)	Keterangan
1 : 3 (5 gr : 15 mL HNO_3)	70	47,8	Penelitian ini
1 : 6 (5 gr : 30 mL HNO_3)	70	52,55	Penelitian ini
1 : 9 (5 gr : 45 mL HNO_3)	70	54,95	Penelitian ini
1 : 2 (5 gr : 10 mL Aqua regia)	110	50,86	Wahib, dkk
1 : 2 (5 gr : 10 mL Aqua regia)	Temperatur ruang	57,96	Wahib, dkk

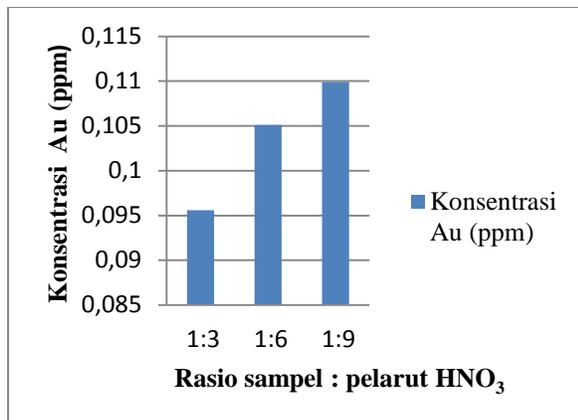
Pada tabel 1, untuk sampel RAM seberat 5 gram diperoleh kadar Au maksimal sebesar 54,95 ppm, kondisi rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO_3 b/v 1:9 pada temperatur 70°C . Pada penelitian Wahib dkk, [2014] untuk sampel RAM seberat 5 gram diperoleh kadar Au maksimal sebesar 57,96 ppm, kondisi rasio jumlah sampel : volume pelarut aqua regia b/v 1:2 pada temperatur ruang, sedangkan pada kondisi suhu pemanasan 110°C didapatkan kadar Au maksimal sebesar 50,86 ppm.

Pada penelitian ini, kadar Au yang didapatkan (54,95 ppm) sedikit lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Wahib dkk, [2014] (57,96 ppm), hal ini disebabkan

Wahib dkk, [2014] menggunakan sampel RAM yang digerinda sehingga ukuran partikel sampelnya lebih kecil dibandingkan ukuran sampel pada penelitian ini.

2. Pengaruh Variasi Rasio Jumlah Sampel dengan Volume Pelarut HNO_3 terhadap kadar Au yang dihasilkan

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variasi rasio jumlah sampel dengan volume pelarut HNO_3 pada jumlah Au yang dihasilkan maka digunakan rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO_3 (b/v) yaitu 1:3; 1:6; 1:9

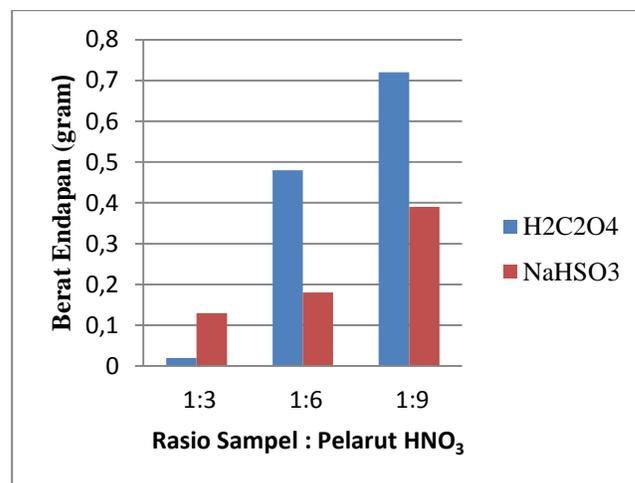


Gambar 1. Pengaruh variasi rasio jumlah sampel dengan volume pelarut HNO₃ terhadap kadar Au yang dihasilkan

Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa perlakuan variasi rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ pada tahap *leaching* awal mempengaruhi konsentrasi Au yang dihasilkan. Konsentrasi Au yang didapatkan pada variasi rasio (b/v) jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ pada 1:3; 1:6; 1:9 berturut- turut dengan menggunakan AAS adalah 0,0956 ppm, 0,1051 ppm dan 0,1099 ppm. Kadar Au maksimal diperoleh pada rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:9. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya volume pelarut HNO₃ yang digunakan, semakin banyak pula jumlah logam yang tidak diinginkan terlarut, sehingga Au terpisah dari logam- logam tersebut. Menurut Saadatjoo dkk, [2013] *leaching* dengan HNO₃ bertujuan untuk memisahkan Au dari logam Ag, Cu dan *base metals* lainnya.

3. Pengaruh Variasi Jenis Presipitan Terhadap Hasil Pengendapan

Untuk mengetahui pengaruh jenis presipitan terhadap hasil pengendapan emas, setelah tahap proses *leaching* menggunakan aqua regia dilakukan proses pengendapan dengan variasi jenis presipitan NaHSO₃ dan H₂C₂O₄.



Gambar 2. Rasio berat endapan Au yang dihasilkan antara NaHSO₃ dan H₂C₂O₄

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa jenis presipitan mempengaruhi berat endapan Au yang diperoleh. Pada rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:6 dan 1:9, endapan yang dihasilkan menggunakan presipitan H₂C₂O₄ lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan NaHSO₃. Sedangkan pada rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:3, endapan yang dihasilkan menggunakan presipitan H₂C₂O₄ lebih sedikit dibandingkan NaHSO₃. Berat endapan maksimal yang dihasilkan pada penelitian ini didapatkan pada variasi endapan menggunakan presipitan NaHSO₃ dan H₂C₂O₄ pada rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:9 berturut-turut yaitu sebanyak 0,72 gram dan 0,39 gram.

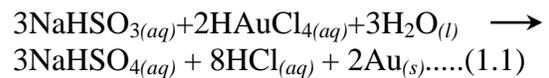
Tabel 2. Perbandingan jenis presipitan terhadap hasil pengendapan emas dengan penelitian lain

Sampel	Presipitan	Temperatur presipitasi (°C)	Waktu presipitasi	Berat endapan				Bentuk dan warna endapan	Ket.
				Rasio (b/v) 1:2	Rasio (b/v) 1:3	Rasio (b/v) 1:6	Rasio (b/v) 1:9		
RAM 5 gr	NaHSO ₃	70	15 menit	-	0,13 gr	0,18 gr	0,39 gr	Endapan cokelat	Penelitian ini
RAM 5gr	H ₂ C ₂ O ₄	70	15 menit	-	0,02 gr	0,48 gr	0,72 gr	Endapan biru muda	Penelitian ini
CCB 5 gr	H ₂ C ₂ O ₄	70	17 jam	-	1,05 mg	-	-	Pasir Au	Saadatjoo, dkk
RAM 5 gr	NaHSO ₃	110		0,27 gr	-	-	-	Endapan cokelat	Wahib, dkk
RAM 5 gr	NaHSO ₃	Temperatur ruang		0,045 gr	-	-	-	Endapan cokelat	Wahib, dkk

Jika dibandingkan dengan penelitian lain, berat endapan yang dihasilkan pada penelitian ini memberikan berat endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian yang terdahulu 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 4.3 dapat dilihat berat endapan maksimal pada penelitian ini yaitu sebesar 0,39 gram pada temperatur *leaching* 70°C sedangkan pada penelitian Wahib dkk, [2014] berat endapan maksimal didapatkan pada temperatur *leaching* 110°C yaitu sebesar 0,27 gram.

Pada proses presipitasi menggunakan NaHSO₃, sampel yang telah dilarutkan

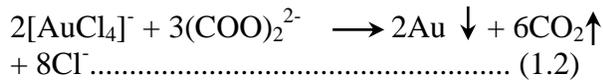
dengan aqua regia membentuk senyawa kompleks tetrakloroaurat (III). Penambahan NaHSO₃ berfungsi untuk mereduksi emas dari senyawa kompleks tetrakloroaurat (III), HAuCl₄, menjadi padatan Au yang mengendap seperti pada persamaan reaksi 4.1 berikut:



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

Pada Tabel 2, pengendapan menggunakan presipitan H₂C₂O₄ penelitian ini menghasilkan berat endapan yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil

penelitian Saadatjoo dkk, [2013]. Dengan rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:3 dan temperatur *leaching* (70°C) yang sama, penelitian ini menghasilkan endapan sebesar 0,02 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 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.

4. Hasil Analisa Kualitatif

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

Tabel 3. Hasil Analisa Kualitatif RAM Komputer

Sampel	Komponen	Hasil reaksi identifikasi
Filtrat IV	Ag	Tidak ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
Filtrat sisa presipitasi NaHSO ₃	Ag	Tidak ada
	Fe	Ada
	Cu	Tidak ada
Filtrat sisa presipitasi H ₂ C ₂ O ₄	Ag	Tidak ada
	Fe	Tidak ada
	Cu	Tidak ada

Pada Tabel 3, berdasarkan hasil analisa kualitatif dapat diketahui sampel RAM komputer mengandung logam Fe dan tidak mengandung logam Ag dan Cu. Sedangkan pada proses pengendapan menggunakan H₂C₂O₄ logam Fe tidak teridentifikasi. Menurut Wahib dkk, [2014] kandungan logam terbesar pada RAM komputer adalah Cu (32,6%). Tidak teridentifikasinya keberadaan logam Ag dan Cu pada filtrat I disebabkan karena ukuran sampel yang digunakan pada penelitian ini cukup besar (1-3 mm), sehingga sampel RAM pada penelitian ini tidak terleaching sempurna oleh pelarut HNO₃ dan masih banyak logam-logam selain Au seperti Ag, Cu belum terpisah secara maksimal dan masih terbawa di dalam residu. Menurut Saadatjo dkk, [2013] ukuran sampel yang akan dileaching yaitu kecil dari 0,1 mm. Tujuannya pengecilan ukuran sampel ini adalah untuk memperluas bidang kontak sampel dengan pelarut.

4. Simpulan dan Saran

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses pemisahan emas (Au) pada RAM komputer dapat dilakukan dengan metode *leaching*.
2. Sampel RAM komputer mengandung Au sebesar 54,95 ppm, pada kondisi rasio jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ (b/v) 1:9, temperatur *leaching* 70°C.
3. Semakin besar volume pelarut HNO₃ yang digunakan, semakin tinggi kadar Au dan endapan yang dihasilkan.
4. Berat endapan maksimal terbentuk saat rasio (b/v) jumlah sampel : volume pelarut HNO₃ 1:9 dengan nilai berturut – turut NaHSO₃, H₂C₂O₄ sebesar 0,39 gram dan 0,72 gram.
5. Berdasarkan hasil analisa kualitatif menunjukkan bahwa sampel RAM komputer mengandung logam Fe.

Saran :

Dalam melakukan penelitian ini sebaiknya sampel yang digunakan dihaluskan terlebih dahulu sampai ukuran kecil dari 0,1 mm untuk mempermudah proses *leaching* agar lebih optimum. Selain itu, untuk melihat kadar Au yang didapat sebaiknya setelah pengendapan dilakukan analisa lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Cotton, S.A., & Wilkinson, G. (2007). *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- 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.
- Petranikova, M. (2008). *Treatment of End of Life Computers*. Slovakia: Technical University of Kosice.

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

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.