

RECOVERY LOGAM EMAS (Au) DAN PERAK (Ag) DALAM LIMBAH ELEKTRONIK MELALUI PROSES PENGENDAPAN BERTINGKAT

RECOVERY OF GOLD (Au) AND SILVER (Ag) METALS IN THE ELECTRONIC WASTE THROUGH MULTILEVEL PRECIPITATION PROCESS

Siti Marwati*, Regina Tutik Padmaningrum dan Sunarto

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

*email: s.marwati@uny.ac.id

diterima 28 Agustus 2015, disetujui 5 September 2015

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persen recovery emas (Au) dan perak (Ag) dalam limbah elektronik berupa CD-RW dan mengetahui tingkat kemurnian logam emas dan perak dalam limbah elektronik berupa CD-RW yang melalui proses pengendapan bertingkat. Tahap pertama dilakukan optimasi konsentrasi tiourea dan waktu pelarutan emas dan perak dalam sampel. Konsentrasi tiourea dan waktu pelarutan optimum diperoleh dari kadar emas dan perak maksimum. Persen recovery emas dan perak ditentukan dengan membandingkan kadar emas dan perak dalam sampel yang dianalisis dengan XRF tanpa melalui proses pelarutan. Tahap kedua dilakukan proses pengendapan bertingkat dan kalsinasi. Pengendapan dan kalsinasi dilakukan pada filtrat hasil pelarutan pada kondisi optimum. Pereaksi yang digunakan adalah larutan asam klorida dan kalium karbonat. Endapan emas dan perak yang dihasilkan dari pengendapan dilarutkan kembali kemudian dianalisis kadar peraknya dengan Spektrofotometri Serapan Atom. Tingkat kemurnian ditentukan dengan membandingkan antara berat endapan emas dan perak dengan kadar emas dan perak dalam larutan. Hasil penelitian menghasilkan persen recovery perak dalam limbah CD-RW melalui proses pelarutan dengan tiourea 10 g/L dan lama perendaman 4 jam adalah 21,09 % dan tingkat kemurnian perak sebesar 0,15 %. Persen recovery emas dan tingkat kemurniannya tidak dapat ditentukan karena emas yang terdapat pada sampel tidak terdeteksi atau di bawah limit deteksi alat.

Kata kunci: *recovery*, emas, perak, limbah elektronik

Abstract

This research aims to determine the percent recovery of gold (Au) and silver (Ag) in the electronic waste such as CD-RW and determine the purity of gold and silver metals in the electronic waste such as CD-RW that through multilevel precipitation process. The first step was the optimization of the concentration of thiourea and time dissolution of gold and silver in the sample. The concentration of thiourea and the time dissolution optimum obtained from concentration of gold and silver maximum. By The percent recovery of gold and silver are determined by comparing the concentration of gold and silver between in the solution sample and in the sample without dissolution that be analyzed by XRF. The second step was the multilevel precipitation process and calcination. Precipitation and calcination of the filtrat was dissolution results in the optimum condition. Reagent used was a solution of hydrochloric acid and potassium carbonate. The precipitation gold and silver produced from the precipitation of dissolution again and then be analyzed by atomic absorption spectrophotometry. The purity was determined by comparing the weight of gold and silver between in the precipitate and in the solution. The results of this research showed that the percent recovery of the silver in the CD-RW through the process dissolution with thiourea 10 g/L and 4 hours soaking time were 21.09 %. The purity silver preipitate were 0.15 %. The percent recovery and the purity of gold can not be determined because the gold contained in the sample were not detected or below the limit of detection equipment.

Keywords: recovery, gold, silver, electronic waste

Pendahuluan

Kehidupan manusia pada saat ini tidak terlepas dari peralatan elektronik misalnya penggunaan pesawat televisi, komputer, kulkas, ponsel dan lain-lain. Penggunaan peralatan elektronik akan

semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan teknologi peralatan elektronik. Selama 10 tahun terakhir jumlah peralatan elektronik di Indonesia

mengalami peningkatan yang cukup drastis. Peningkatan ini mengakibatkan limbah elektronik juga meningkat.

Peningkatan jumlah limbah elektronik tidak hanya terjadi di Indonesia tetapi limbah elektronik sudah menjadi permasalahan negara-negara maju. Di negara Jerman menghasilkan limbah elektronik sebanyak 1,8 juta Mg per tahun. Di Austria menghasilkan limbah elektronik 85000 Mg per bulan dan 5000 Mg merupakan limbah yang berbahaya. Di Polandia menghasilkan 3000 Mg per tahun sejak 2005 dan terjadi peningkatan 3-5 % per tahun sampai sekarang [1].

Benda-benda yang termasuk dalam kategori limbah elektronik adalah benda dari peralatan elektronik yang telah rusak atau tidak dikehendaki lagi. Limbah elektronik terdiri dari limbah terdiri dari beberapa kategori yaitu limbah monitor sebanyak 10 %, limbah televisi sebanyak 10 %, limbah komputer, telepon dan fax sebanyak 15 %, limbah DVD dan CD sebanyak 15 %. Limbah elektronik berupa kategori limbah komputer terdiri dari logam besi sebanyak 32 %, bahan plastik 23 %, logam non besi (timbal, kadmium, berilium dan merkuri) 18 %, bahan gelas 15% dan logam emas, perak, paladium serta platina 12 % [2].

Berdasarkan komponen-komponen yang terdapat dalam limbah elektronik maka dibutuhkan pengelolaan yang memenuhi syarat karena mengandung bahan berbahaya dan beracun(B3). Sebagai contoh dalam limbah elektronik pada umumnya terdapat PCB(*Printed Circuit Board*) mengandung logam berat seperti Cr, Zn, Ag, Sn, Pb dan Cu. Selain itu terdapat pula CRT(*Cathode Ray Tube*) yang mengandung oksida logam. Limbah berupa CD dan DVD juga merupakan penyumbang limbah elektronik yang cukup besar. CD dan DVD merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk menyimpan data. Komponen dalam CD dan DVD terdiri dari polikarbonat, lapisan logam yang mengandung Au dan Ag, lapisan pelindung dari akrilik [3]. Limbah-limbah elektronik tersebut jika dibiarkan menumpuk akan menjadi permasalahan yaitu terjadinya pencemaran-pencemaran yang ditimbulkan oleh logam-logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut.

Limbah elektronik tidak dapat disamakan dengan limbah biasa. Sebagai contoh limbah elektronik yang berasal dari komputer, satu unit komputer terdiri dari komponen mejemuk yang mengandung beragam kombinasi zat kimia. Semua substansi ini tergabung dalam komponen elektronik yang sulit diuraikan oleh mesin pelebur sampah seperti insinerator. Salah satu contoh logam

tembaga yang merupakan logam dominan dalam limbah elektronik dapat memicu polusi jika diinsinerasi melalui proses pembakaran. Logam berat jika dimasukkan ke dalam insinerator akan menghasilkan uap logam khususnya logam merkuri yang berbahaya bagi kesehatan. Di negara maju seperti Amerika Serikat dan Kanada, dioksin yang berasal dari proses insinerasi limbah komputer dianggap sebagai sumber utama polusi udara yang merusak atmosfer [4].

Berbagai penelitian tentang limbah elektronik dan penanganannya telah dilakukan antara lain karakterisasi kandungan logam-logam dalam limbah elektronik. Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut diharapkan dapat digunakan untuk menentukan langkah-langkah untuk mendaur ulang (*recycle*) dan mengambil kembali logam-logam yang bermanfaat sehingga dapat digunakan kembali (*reuse*). Beberapa penelitian tentang daur ulang dan perolehan kembali logam-logam yang terdapat dalam limbah elektronik khususnya limbah PCB. Selain itu telah dilakukan pula proses hidrometalurgi untuk mengekstraksi logam-logam yang terdapat dalam limbah elektronik secara keseluruhan [5].

Berdasarkan dari kandungan logam-logam yang terdapat di dalam limbah elektronik khususnya *compact disk* (CD) maka dalam penelitian ini akan dilakukan *recovery* logam emas (Au) dan perak(Ag) dalam limbah elektronik melalui proses pengendapan bertingkat. Hal ini dilakukan karena kedua logam tersebut merupakan logam berharga sehingga diharapkan terjadi peningkatan nilai ekonomi dari limbah elektronik berupa CD. Limbah elektronik yang dipilih berupa CD karena komponen tersebut mempunyai kandungan logam-logam berharga yang relatif tinggi dibandingkan dengan komponen-komponen lain [2] dan jumlah limbahnya cukup melimpah. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh suatu metode *recovery* logam Au dan Ag sehingga limbah elektronik dapat dikelola dengan baik, aman terhadap lingkungan dan bernilai ekonomis tinggi.

Metode Penelitian

Subjek penelitian ini adalah limbah elektronik berupa limbah CD-RW. Objek dalam penelitian ini adalah persen *recovery* dan tingkat kemurnian emas (Au) dan perak (Ag) dari limbah CD-RW.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: neraca analitik, *Magnetic stirrer*, pemanas, pH meter, peralatan gelas, penyaring Buchner,

pompa vakum, krus, kertas saring, *stopwatch*, *crusher*, *muffle furnace*, *X-Ray Fluorescence* (XRF), *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: sampel limbah CD-RW dengan merk GT-PRO, kristal $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, larutan H_2O_2 , larutan H_2SO_4 , H_2SO_4 pekat, larutan HCl, serbuk $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$, serbuk AgNO_3 , serbuk K_2CO_3 , akuades.

Data penelitian meliputi konsentrasi tiourea, waktu perendaman optimum, kadar emas dan perak serta tingkat kemurniannya.

Sebagai langkah awal adalah preparasi sampel. Sampel berupa CD-RW diperkecil luas permukaannya dengan cara memotong CD-RW tersebut dengan ukuran kurang lebih $1-3 \text{ cm}^2$. Persiapan sampel limbah dilakukan untuk mengkondisikan limbah untuk proses selanjutnya.

Optimasi konsentrasi tiourea dilakukan dengan langkah sebagai berikut: sebanyak satu CD-RW yang sudah dipotong ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker ukuran 100 mL. Ke dalam gelas beker, ditambahkan sebanyak 25 mL $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 5 g/L. Ke dalam gelas beker yang berisi campuran tersebut ditambahkan 25 mL larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 5 g/L^{-1} . Pelindian perak dilakukan pada pH 1. Pengasaman campuran dilakukan dengan penambahan H_2SO_4 0,2 M hingga pH sama dengan 1. Setelah dicampur, campuran diaduk selama 15 menit, lalu didiamkan selama 6 jam. Setelah 6 jam, campuran disaring. Filtrat yang didapat tersebut merupakan kompleks $[\text{Ag}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_3]^+$ dan kemungkinan adanya $[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]^{2+}$. Endapan yang tidak larut merupakan campuran komponen-komponen logam maupun nonlogam yang ada di dalam CD-RW. Filtrat hasil penyaringan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL kemudian encerkan dengan dengan akuades hingga tanda batas. Analisis konsentrasi ion logam Ag dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui filtrat yang memiliki konsentrasi ion Ag dan Au tertinggi sehingga dapat diketahui konsentrasi optimum tiourea untuk proses pelarutan logam Au dan Ag dalam CD-RW. Mengulangi langkah-langkah di atas sesuai dengan variasi konsentrasi tiourea (10, 15, 20 dan 25 g/L^{-1}).

Langkah selanjutnya adalah optimasi waktu perendaman sampel ke dalam larutan tiourea. Sebanyak satu CD-RW yang sudah dipotong dan ditimbang dimasukkan ke dalam gelas beker ukuran 100 mL. Ke dalam gelas beker, ditambahkan sebanyak 25 mL larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$

dengan konsentrasi optimum yaitu sebesar 10 g/L. Ke dalam gelas beker yang telah berisi campuran tersebut ditambahkan 25 mL larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 5 g/L^{-1} . Kemudian campuran tersebut diasamkan dengan penambahan H_2SO_4 0,2 M hingga pH sama dengan 1. Setelah dicampur, campuran diaduk selama 15 menit, lalu didiamkan selama 4 jam. Setelah 4 jam, campuran disaring. Endapan yang tidak larut merupakan campuran komponen-komponen logam maupun nonlogam yang ada di dalam CD-RW. Mengulangi langkah-langkah di atas sesuai dengan variasi waktu pelindian (2, 3, 4, 5, 6, dan 7 jam). Filtrat hasil penyaringan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL kemudian encerkan dengan dengan akuades hingga tanda batas. Analisis konsentrasi ion logam Ag dan Au dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui filtrat yang memiliki konsentrasi ion Ag dan Au tertinggi sehingga dapat diketahui waktu pelarutan logam perak (Ag) optimum yaitu 4 jam.

Penentuan konsentrasi Ag dan Au dalam limbah CD-RW sebelum dilakukannya proses pelarutan dilakukan dengan analisis kuantitatif dengan XRF.

Sampel yang dianalisis, satu gram lapisan logam dari limbah CD-RW yang sudah dipisahkan dari lapisan polikarbonat dengan alat *crusher*, serta standar Ag 5% ditempatkan di atas sumber pengekstasi radioisotop. Selanjutnya dilakukan kalibrasi alat serta menentukan batas kanan dan kiri dari puncak yang akan dianalisis. Melakukan analisis standar Ag 5% selama 300 detik lalu dilakukan pencatatan data area Ag standar serta *compton* pada nomor salur tertentu yang tertera pada layar monitor. Setelah itu, melakukan analisis sampel selama 300 detik lalu dilakukan pencatatan data area Ag sampel serta *compton* pada nomor salur tertentu. Perbandingan antara luas area Ag dengan luas area *compton* merupakan intensitas sampel/standar. Untuk mengetahui konsentrasi Ag pada sampel, intensitas sampel dibandingkan dengan intensitas standar lalu dikalikan dengan konsentrasi standar.

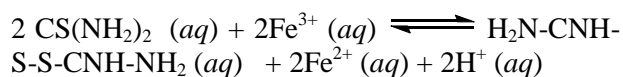
Pengendapan perak dan emas dilakukan dengan langkah sebagai berikut: sebanyak satu gram lapisan logam dari CD-RW yang telah diambil dengan alat *crusher* dilarutkan dalam tiourea (proses pelindian) dengan konsentrasi tiourea optimum yaitu 10 g/L dan waktu pelindian optimum yaitu 4 jam. Ditambahkan HCl 0,01 M ke dalam campuran hasil pelindian secara bertetes-tetes hingga berlebih disertai dengan pengadukan,

hal tersebut akan menggeser kesetimbangan ke arah produk sehingga terjadi endapan putih AgCl. Endapan yang terbentuk di saring. Untuk mengantisipasi adanya endapan PbCl₂, ditambahkan air panas. PbCl₂ larut dengan penambahan air panas. Endapan disaring. Endapan AgCl direaksikan dengan K₂CO₃ perbandingan jumlah 4:3 pada suhu 1000°C selama 1 jam sehingga diperoleh logam perak. Untuk mengetahui kadar perak dari endapan yang dihasilkan, endapan dilarutkan kembali dengan campuran larutan CS(NH₂)₂ 10 g/L, Fe₂(SO₄)₃ 5 g/L dengan pH 1 selama 4 jam. Setelah itu, memasukkan larutan hasil pelarutan ke dalam labu takar 50 mL lalu diencerkan hingga tanda batas. Kadar peraknya ditentukan dengan AAS.

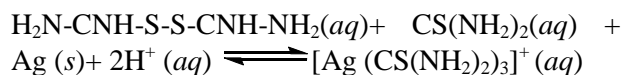
Hasil dan Pembahasan

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel berupa CD-RW merk GT PRO. Sampel tersebut dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 1-3 cm² untuk memperbesar luas permukaan. Hal ini dilakukan untuk memperbesar luas kontak dengan tiourea.

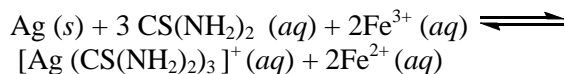
Proses pelarutan logam emas dan perak menggunakan pelarut tiourea dengan penambahan larutan H₂SO₄ 0,2 M dan feri sulfat 5 g/L. Bila hanya menggunakan tiourea saja sebagai pelarut tidak dapat melarutkan perak, sedangkan H₂SO₄ sendiri hanya bisa melarutkan perak dalam jumlah yang sedikit. Oleh karena itu, proses pelarutan perak dapat berjalan dengan penambahan campuran tiourea dan H₂SO₄ [10]. Penambahan larutan feri sulfat bertujuan untuk mengoksidasi tiourea menjadi formamidin disulfida/FDS (H₂N-CNH-S-S-CNH-NH₂). FDS ini berfungsi sebagai fasilitator pembentukan kompleks perak-tiourea dengan reaksi sebagai berikut :



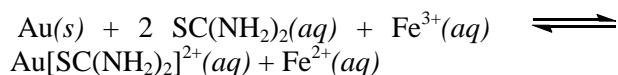
Penambahan H₂SO₄ bertujuan untuk membuat campuran memiliki pH 1. Proses pelindian dilakukan pada pH 1 [7]. Ion H⁺ berperan dalam pembentukan kompleks perak-tiourea dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Keseluruhan reaksi pelarutan perak dengan tiourea yaitu :



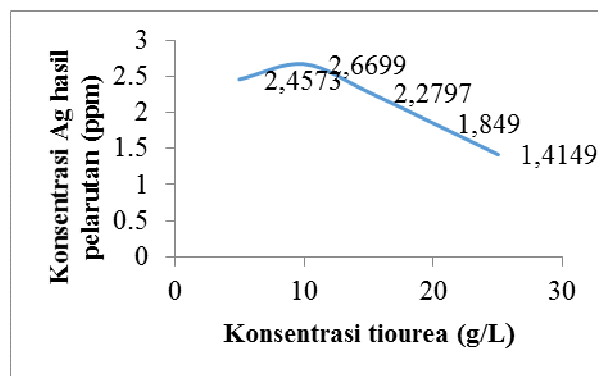
Reaksi pelarutan emas dengan tiourea sebagai berikut:



Proses pelarutan dengan berbagai variasi konsentrasi tiourea dilakukan selama 4 jam pada suhu kamar dengan variasi konsentrasi tiourea adalah 5; 10; 15; 20 dan 25 g/L. Setelah 4 jam, campuran disaring. Filtrat yang didapat tersebut merupakan kompleks [Ag(CS(NH₂)₂)₃]⁺ dan kompleks Au[SC(NH₂)₂]₂⁺.

Endapan yang tidak larut merupakan campuran komponen-komponen logam maupun nonlogam yang ada di dalam CD-RW. Filtrat hasil penyaringan dianalisis konsentrasi emas dan peraknya dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

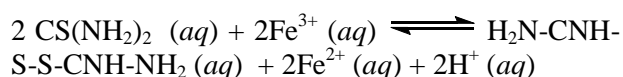
Konsentrasi tiourea optimum untuk pelarutan perak pada CD-RW dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Optimasi Tiourea

Semakin meningkatnya konsentrasi pelarut maka jumlah dari mineral atau logam berharga yang larut akan semakin bertambah. Hal ini disebabkan konsentrasi yang lebih tinggi dapat mempercepat proses yang terjadi. Namun demikian, terdapat konsentrasi yang optimum pada setiap pelarut [8]. Begitu pula untuk penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1, pada kondisi awal terlihat bahwa dengan kenaikan konsentrasi tiourea menunjukkan peningkatan konsentrasi perak yang terlarut. Namun, setelah variasi konsentrasi tiourea 15 g/L sampai 25 g/L konsentrasi perak yang

terlarut menurun, sehingga dapat diperkirakan kenaikan konsentrasi tiourea dapat menurunkan kelarutan perak dalam tiourea. Hal tersebut terjadi karena kemungkinan kompleks $[Ag(CS(NH_2)_2)_3]^+$ yang terbentuk kurang stabil pada konsentrasi tiourea yang tinggi. Kekurangstabilan kompleks tersebut akibat jumlah formamidin disulfida (FDS) yang terbentuk banyak sehingga terjadi kompetisi antar FDS dalam mengikat perak. Kenaikan konsentrasi tiourea akan menggeser kesetimbangan ke kanan, sehingga menambah FDS yang terbentuk.



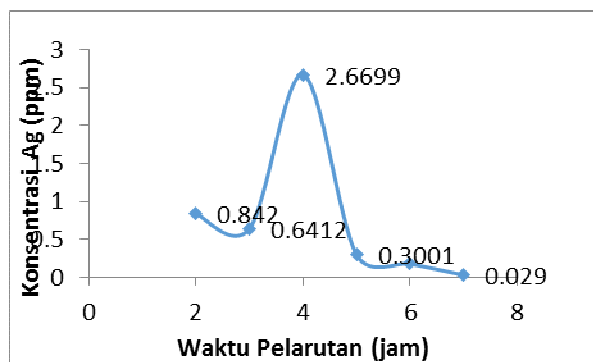
Konsentrasi optimum tiourea dalam pelarutan perak yaitu pada konsentrasi 10 g/L dimana dihasilkan konsentrasi perak terbesar dari proses pelarutan tersebut. Pada variasi konsentrasi tiourea 10 g/L dapat diperkirakan bahwa kompleks $[Ag(CS(NH_2)_2)_3]^+$ yang terbentuk lebih stabil dibanding kompleks yang terbentuk pada variasi konsentrasi tiourea yang lain.

Berdasarkan hasil analisis emas dengan menggunakan AAS ternyata kadar emas dalam larutan sampel tidak terdeteksi adanya emas atau dibawah limit deteksi alat yaitu 0,05 ppm. Oleh karena itu kadar emas yang terkandung di dalam larutan sampel hasil pelarutan dengan tiourea dimungkinkan < 0,05 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kadar emas sangat kecil sehingga tidak dapat ditentukan % recoverinya dan tingkat kemurniannya.

Penentuan waktu optimum pelarutan perak dalam limbah CD-RW memiliki cara kerja yang hampir sama dengan penentuan konsentrasi optimum tiourea dalam proses pelindian. Konsentrasi tiourea yang digunakan adalah konsentrasi tiourea optimum yang didapat yaitu 10 g/L. Proses pelarutan dilakukan pada suhu kamar dengan variasi waktu pelindian antara lain 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 jam.

Adanya pengaruh waktu pelarutan terhadap banyaknya perak yang terlarutkan oleh tiourea dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama proses pelarutan semakin sedikit perak yang larut dalam tiourea atau sebaliknya semakin sedikit waktu pelindian semakin besar perak yang larut. Semakin banyak waktu kontak antara pelarut dengan logam maka semakin banyak jumlah perak yang terlarutkan.



Gambar 2. Optimasi Waktu Pelarutan

Gambar 2 menunjukkan pada titik tertentu akan terjadi kesetimbangan ketika perak telah terlarutkan maksimal, sehingga semakin lama waktu pelarutan mengakibatkan kesetimbangan bergeser ke arah logam, dengan kata lain perak terendapkan kembali. Berdasarkan kurva pada gambar 2, pada penelitian ini waktu optimum pelarutan perak dalam limbah CD-RW dengan pelarut tiourea yaitu 4 jam.

Penentuan konsentrasi perak dan emas dapat dilakukan dengan menggunakan alat XRF. Sampel berupa CD-RW dipreparasi dengan melepaskan lapisan logam yang terdapat pada CD-RW dari polikarbonatnya. Lapisan logam berupa serbuk kemudian dianalisis dengan XRF. Sampel yang digunakan adalah 4 keping CD-RW. Hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 1. Data pencacah sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Pencacahan Standar Ag 5%

Luas Area Ag Standar (Ag)	Luas Area Compton (Compt)	Ag/Compt (Intensitas Standar)	Rata-rata Intensitas Standar
250251	42576	5,8777	5,8775
250267	42582	5,8774	

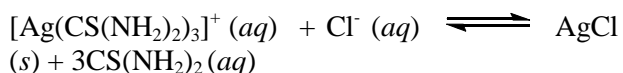
Tabel 2. Data Pencacahan Sampel

Luas Area Ag Sampel (Ag)	Luas Area Compton (Compt)	Ag/Compt (Intensitas Sampel)	Rata-rata Intensitas Sampel
256	42965	0,0059	0,00595
260	42954	0,0060	

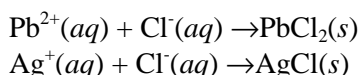
Kadar perak dalam sampel ditentukan dengan membandingkan antara rata-rata intensitas ampel dengan rata-rata intensitas standar. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kadar Ag dalam CD-RW adalah 50,617 ppm untuk 4 keping CD-RW. Dengan demikian kadar Ag rata-rata untuk tiap keping Cd-RW adalah 12,654 ppm.

Setelah diperoleh konsentrasi tiourea optimum dan waktu perendaman atau pelarutan perak dalam sampel kemudian dilakukan pengendapan perak. Sebelum proses pengendapan dan kalsinasi, dilakukan proses pelarutan terhadap sampel, lapisan logam dari limbah CD-RW yang sudah dipisahkan dari lapisan polikarbonatnya, dengan kondisi optimum (konsentrasi tiourea optimum dan waktu pelarutan optimum) yang didapat dari optimasi konsentrasi tiourea dan waktu dari proses pelarutan. Konsentrasi tiourea optimum sebesar 10 g/L dan waktu pelarutan optimum selama 4 jam.

Pengendapan dan kalsinasi ini bertujuan untuk mendapatkan logam perak murni. Selain melarutkan emas dan perak, tiourea juga dapat melarutkan logam-logam lain seperti tembaga, besi, timbal, seng dalam jumlah yang sedikit [7], sehingga selain kemungkinan adanya kompleks emas-tiourea, dimungkinkan juga adanya kompleks tembaga-tiourea, besi-tiourea, timbal-tiourea atau seng-tiourea. Jadi untuk mengantisipasi kemungkinan adanya logam lain tersebut, proses pengendapan dan kalsinasi dimulai dengan mereaksikan hasil pelarutan dengan larutan HCl 0,01 M. Sesuai dengan persamaan reaksi:



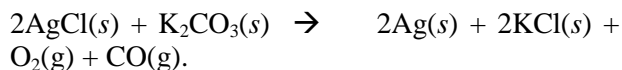
Dalam suatu campuran kation Ag^+ dapat dipisahkan dengan penambahan asam klorida dalam campuran tersebut sehingga akan terbentuk endapan AgCl [9]. Asam klorida tidak hanya mengendapkan logam perak saja, terdapat kemungkinan adanya campuran endapan antara AgCl dan PbCl_2 yang dapat diperoleh dari hasil pelarutan Pb dalam limbah CD-RW dan proses pengendapan dengan HCl.



Untuk memisahkan PbCl_2 dilakukan dengan penambahan air panas sehingga PbCl_2 larut dan endapan yang tidak larut berupa AgCl dan dapat dipisahkan melalui penyaringan.

Endapan yang dihasilkan sangat sedikit. Endapan tersebut berwarna kuning seharusnya endapan yang dihasilkan berwarna putih karena merupakan AgCl .

Selanjutnya AgCl dipanaskan melalui reaksi dengan K_2CO_3 . Reaksi dilakukan pada suhu 1000 °C sehingga terbentuk logam Ag. Penambahan K_2CO_3 berfungsi untuk mereduksi perak dan menghindari penyerapan oksigen oleh perak yang menyebabkan perak yang dihasilkan rapuh [10].



Endapan yang dihasilkan tersebut memiliki berat 0,48 gram. Endapan yang dihasilkan tersebut merupakan campuran logam perak dan KCl. Dapat dilihat pada gambar 9 bahwa yang dihasilkan endapan berwarna abu-abu kebiruan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kalium yang pada kondisi lembab menjadi tertutup suatu lapisan biru [10]. Seharusnya dilakukan penambahan air pada campuran endapan untuk melarutkan KCl. Perak yang dihasilkan sangat sedikit.

Penentuan persen *recovery* dilakukan dengan membandingkan kadar perak yang terlarutkan oleh tiourea pada kondisi optimum dengan kadar perak yang terdapat pada sampel CD-RW. Sebanyak 1 keping CD-RW dilarutkan dengan tiourea pada kondisi optimum kemudian dianalisis dengan AAS untuk mendapatkan berat logam perak yang terdapat pada sampel. Hasil yang diperoleh bahwa dalam 1 keping CD mengandung 2,6699 ppm. Kadar perak dalam limbah CD-RW sebelum dilakukan proses pelarutan ditentukan melalui analisis kuantitatif dengan XRF. Dari analisis ini didapat kadar perak dalam sampel sebesar 12,654 ppm pada tiap sekeping CD-RW. Dengan demikian diperoleh persen *recovery* perak dengan pelarut tiourea 10 g/L dan lama perendaman selama 4 jam adalah 21,09 %.

Tingkat kemurnian perak dapat ditentukan dengan membandingkan antara berat perak dalam larutan hasil dari pelarutan endapan yang diperoleh dari proses pengendapan bertingkat dan endapan dari hasil pengendapan bertingkat. Berat perak dalam endapan tersebut dianalisis dengan AAS. Hasil yang diperoleh adalah 0,00074 mg dalam 0,48 mg endapan hasil pengendapan bertingkat. Dengan demikian diperoleh tingkat kemurnian perak hasil pengendapan bertingkat adalah 0,15 %.

Banyak faktor yang persen *recovery* maupun tingkat kemurnian perak sangat rendah. Dimulai dari proses pelarutan, sampel lapisan logam limbah

CD-RW memiliki ukuran partikel yang sangat kecil. Ukuran partikel logam <0,43 mm mengakibatkan berkurangnya permeabilitas material tersebut [11]. Akibatnya, cukup banyak sampel yang tidak dapat terendam dalam pelarut pada proses pelarutan.

Menurut [6], dalam pengompleksan perak dengan tiourea dengan konsentrasi asam sulfat yang kecil lebih efektif dibanding dengan konsentrasi asam sulfat yang tinggi. Dijelaskan bahwa konsentrasi asam yang tinggi dapat menghalangi reaksi kompleksasi. Berdasarkan penjelasan tersebut kemungkinan konsentrasi asam sulfat yang tinggi pada proses pelindian mengakibatkan sedikitnya perak yang terambil.

Faktor lainnya yaitu kestabilan kompleks $[\text{Ag}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_3]^+$ yang terbentuk. Kompleks $[\text{Ag}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_3]^+$ merupakan kompleks yang stabil [7]. Akibat stabilnya kompleks tersebut konsentrasi ion perak (ion pusat) yang bebas dalam larutan sangat kecil [7], sehingga endapan AgCl yang terbentuk sangat sedikit. Selain itu terdapatnya logam-logam lain yang ikut terlarutkan oleh tiourea sehingga kemurnian perak yang terendapkan sangat rendah.

Secara keseluruhan dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa persen *recovery* perak dalam limbah CD-RW melalui proses pelarutan dengan tiourea 10 g/L dan lama perendaman 4 jam adalah 21,09% dengan tingkat kemurnian perak hasil pengendapan bertingkat sebesar 0,15%. Persen *recovery* emas dan tingkat kemurniannya tidak dapat ditentukan karena emas yang terdapat pada sampel tidak terdeteksi atau di bawah limit deteksi alat.

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa persen *recovery* perak dalam limbah CD-RW melalui proses pelarutan dengan tiourea 10 g/L dan lama perendaman 4 jam adalah 21,09 %. Persen *recovery* emas dan tingkat kemurniannya tidak dapat ditentukan karena emas yang terdapat pada sampel tidak terdeteksi atau di bawah limit deteksi alat. Tingkat kemurnian perak hasil pengendapan bertingkat sebesar 0,15 %.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan dana dan fasilitas laboratorium untuk

pelaksanaan penelitian ini serta mahasiswa-mahasiswa yang tergabung dalam penelitian payung ini.

Pustaka

- [1] 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.
- [2] Jacob, C. (2009). Electronic Waste and The African Environment. *Journal of Environmental Science and Technology* (3) 17–22
- [3] R. Byers, F. (2003). *Care and Handling of CDs DVDs*. Washington DC: Council on Library and Information Resources
- [4] Mary Magdalena, (2003), Indonesia Butuh Konsep Pengolahan Limbah Komputer, Harian Sinar Harapan Edisi Tanggal 4 Mei 2003
- [5] Kamberovic, Z., Korac, M., Ivsic, D., Nolic, V., Ranotovic, N. (2009), Hydrometallurgical and Electronic Equipment, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering* (20) 535–538.
- [6] Biswas, B.K., Inoue, K., Ohto, K., *et al.* (2010). E-waste management through silver recovery from scrap of plasma TV monitors. *Proceeding of International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh*. Japan : Saga University
- [7] Ficeriova, J., Balaz, P., Dutkova, E., *et al.* (2007) Leaching of Gold and Silver from Crushed Au-Ag Wastes. *The Open Chemical Engineering Journal*. 2(1). 6–9
- [8] Kumar Gupta, C. (2003). *Chemical Metallurgy: Principles and Practices*. Weinheim: WILEY-VCH
- [9] Sandberg, R. G., & Huaiatt, J. L. (1986). Recovery of Silver, Gold, and Lead From a Complex Sulfide Ore Using Ferric Chloride, Thiourea, and Brine Leach Solutions. *Bureau of Mines Report of Investigations*. United States Department of the Interior
- [10] Potgieter, J.H., Potgieter, S. S., Mbaya, R.K.K., *et al.* (2004). Small-scale recovery of noble metals from jewellery wastes. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. SA ISSN 0038–223X. 563–572
- [11] Montero, R., Guevara, A., & Torre, E. D. (2012). Recovery of Gold, Silver, Copper and Niobium from Printed Circuit Boards Using

Leaching Column Technique. *Journal of Earth Science and Engineering*. 2 (2012) 590-595. Hlm. 590–595.