

*Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA,
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009*

KAJIAN TENTANG KANDUNGAN LOGAM-LOGAM BERHARGA DALAM LIMBAH ELEKTRONIK(E-WASTE) DAN TEKNIK RECOVERYNYA MALALUI PROSES DAUR ULANG

Siti Marwati

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

ABSTRAK

Limbah elektronik (E-Waste) merupakan suatu barang-barang yang terdiri dari peralatan elektronik yang telah rusak atau tidak dikehendaki lagi. Komposisi bahan-bahan yang terkandung dalam limbah elektronik adalah bahan plastik, bahan oksida, logam-logam seperti Cu, Pd, Fe, Ni, Sn, Pb, Al, Zn, Ag dan Au. Keberadaan limbah elektronik semakin lama akan semakin menumpuk sehingga diperlukan penanganan dan pengolahan yang ramah lingkungan.

Tujuan penulisan artikel kajian ini adalah untuk memberikan informasi tentang kandungan logam-logam berharga dan teknik recoverynya melalui proses daur ulang. Manfaat yang diharapkan adalah memberikan informasi tentang kandungan logam-logam berharga dan proses recoverynya sehingga dapat digunakan sebagai tinjauan untuk penanganan dan pengolahan limbah elektronik yang efektif dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil kajian ini menunjukkan bahwa dalam limbah elektronik mengandung logam-logam yang relatif tinggi khususnya logam Cu dan mengandung logam berharga yaitu Au dan Ag serta komponen berbahan plastik yang dapat didaur ulang. Kandungan logam-logam yang relatif tinggi memberikan prospek untuk pemakaian kembali (reuse) dengan cara pengambilan kembali (recovery). Teknik recovery logam-logam dalam limbah elektronik dapat dilakukan melalui proses daur ulang secara pemisahan mekanik, pirometalurgi, hidrometalurgi dan elektrokimia.

Kata Kunci: *Recovery, limbah elektronik, E-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 (Agus Pramono, 2006).

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 (Gramatyka, Nowosielki, Sakiewicz, 2007).

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 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(Chatoda Ray Tube) yang mengandung oksida logam. 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 (Mery Magdalena, 2003).

Selain Amerika Serikat dan Kanada, negara yang terkenal dengan proses pengolahan limbah elektronik adalah negara Jepang dan China. Di Kota Guizu China terdapat 5500 industri rumahan yang mengolah komponen-komponen yang berasal dari limbah elektronik (www.bermula.wordpress.com). Mereka mengolah limbah elektronik dengan memisah-misahkan tiap bagian dan mengelompokkannya, kemudian mengambil logam timah, emas, tembaga, perak dan jenis logam lainnya dari sirkuit kabel, chip, dan bahan plastik. Tujuan pengolahan limbah elektronik ini antara lain untuk pengambilan logam-logam bernilai ekonomi tinggi atau logam berharga. Mereka mengutamakan untuk pengambilan logam emas, perak dan tembaga. Sebagai contoh perusahaan Yokohama Metal Co Ltd menemukan bahwa satu ton ponsel bekas dapat menghasilkan 150 g emas, 100 kg tembaga, 3 kg perak dan logam-logam lain (www.bermula.wordpress.com).

Meskipun pengolahan limbah elektronik mampu menghasilkan logam-logam berharga tetapi masih menimbulkan dampak terhadap lingkungan dari proses pengolahannya dan proses pengambilan logam-logam tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu pemikiran dan tinjauan tentang pengolahan dan proses pengambilan logam-logam berharga yang efektif dan ramah lingkungan. Tinjauan ini dapat dilakukan dengan melihat kandungan logam-logam berharga dalam limbah elektronik yang memungkinkan dapat dimanfaatkan kembali dan proses recoverynya ditinjau dari aspek ekonomi dan ekologi.

PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Elektronik

Limbah elektronik terdiri dari komponen-komponen listrik dan peralatan elektronik. Peralatan elektronik didefinisikan sebagai peralatan yang dioperasikan dengan menggunakan arus listrik atau memfungsikan medan magnet dan menggunakan voltase 0-1000 V untuk arus AC dan 0-1500 V untuk arus DC.

Limbah elektronik dibagi menjadi 10 kategori yaitu (Gramatyka, Nowosielki, Sakiewicz, 2007 dan Antrekowitcsch, dkk, 2006) :

- Peralatan rumah tangga yang berukuran besar (contoh: lemari pendingin)
- Peralatan rumah tangga yang berukuran kecil (contoh: kompor listrik)
- Alat komunikasi dan teknologi informasi (contoh: komputer)
- Peralatan untuk kehidupan sehari-hari (contoh: TV)
- Peralatan untuk penerangan (contoh: lampu listrik)
- Peralatan industri dengan tenaga listrik (contoh: *mixer*)
- Permainan anak-anak (contoh: *video game*)
- Peralatan kedokteran (contoh: alat X-ray)
- Monitor
- Peralatan *automatic* bertenaga listrik

Komposisi yang terkandung dalam limbah elektronik tergantung dari tipe dan umur alat tersebut. Sebagai contoh peralatan komputer lebih banyak

mengandung logam-logam, sedangkan peralatan rumah tangga seperti lemari pendingin lebih dominan mengandung komponen yang berbahan plastik.

Secara umum limbah elektronik mengandung 40 % logam, 30 % plastik dan 30 % bahan oksida. Menurut Gramatyka, Nowosielki, Sakiewicz, 2007, dalam limbah elektronik mengandung 20 % tembaga(Cu), 8 % besi(Fe), 4% timah(Sn), 2 % nikel(Ni), 2 % timbal(Pb), 1 % seng(Zn), 0,2 % perak (Ag), 0,1 % emas (Au) dan 0,005 % palladium (Pa). Selain itu mengandung polipropilen, polietilen, poliester dan polikarbonat yang berasal dari komponen berbahan plastik.

Menurut Ficeriova, J., dkk, 2008, komponen utama dalam limbah elektronik adalah 45 % logam besi, 10 % logam-logam selain besi, 22 % plastik an 9 % kaca. Komposisi kimia khususnya kandungan logam-logam dalam limbah elektronik yang telah dihancurkan kemudian dilarutkan dalam larutan tiourea dan dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia logam-logam dalam Limbah Elektronik(Ficeriova, J., dkk, 2008)

Jenis Logam	Kadar (%)
Au	0,25
Ag	0,18
Cu	0,85
Pb	0,0003
Zn	0,24
Fe	0,35
Br	0,52
Sn	0,41
Ni	0,13
Sb	0,016
Mn	0,002

Menurut Langner dalam Ficeriova, J., dkk, 2008, dalam limbah elektronik juga mengandung logam berharga yaitu emas. Sebagai contoh kandungan emas rendah (< 100 ppm Au) terdapat pada rangkaian elektronik pada TV, kalkulator dan monitor. Kandungan emas menengah (100 – 400 ppm Au) terdapat pada rangkaian elektronik pada komputer, laptop dan telephon. Kandungan emas tinggi(>400 ppm Au) terdapat pada ponsel.

Berdasarkan hasil penelitian Mimi Salamah, dkk, 2009, yang melakukan penelitian tentang kadar logam-logam dalam limbah elektronik dengan sampel sebuah *chip* komputer yang dilarutkan dengan menggunakan aqua regia dan dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* menunjukkan bahwa kadar logam Ni, Pb dan Cd relatif tinggi dibandingkan dengan logam-logam lain. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Logam-logam dalam *Chip* komputer(Mimi Salamah, dkk, 2009)

Jenis Logam	Kadar(mg/ <i>chip</i>)
Ni	489,439
Pb	447,534
Co	206,120
Fe	6,9787
Mn	2,664
Au	2,608
Cd	0,025

Berdasarkan hasil-hasil penelitian dan pustaka menunjukkan bahwa logam-logam yang terkandung dalam limbah elektronik memungkinkan untuk dilakukan pengambilan kembali(recovery) melalui proses daur ulang atau dimanfaatkan kembali. Meskipun demikian perlu diperhatikan salah satu permasalahan dalam memberikan perlakuan pada limbah elektronik karena dalam limbah elektronik mengandung logam-logam berat dan senyawa-senyawa organik. Adanya kombinasi ini memungkinkan terbentuknya senyawa-senyawa volatil yang berbahaya dan terbentuknya dioksin.

Proses Recovery Logam-logam Berharga dalam Limbah Elektronik

Proses recovery logam-logam berharga dalam limbah elektronik termasuk dalam proses daur ulang limbah elektronik. Proses daur ulang ini masih menimbulkan berbagai permasalahan karena kompleksnya komponen penyusun limbah elektronik. Permasalahan yang paling dominan adalah permasalahan ekonomi yaitu menyangkut biaya untuk daur ulang dan permasalahan lingkungan yaitu dampak terhadap lingkungan dari proses daur ulang limbah elektronik yang masih menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya.

Berbagai cara daur ulang limbah elektronik yang telah dilakukan oleh beberapa negara adalah(Antrekowitsch, 2006):

- Pemisahan atau pemilahan secara mekanik

Pemisahan atau pemilahan komponen-komponen penyusun limbah elektronik dilakukan sebagai langkah awal proses daur ulang. Pemisahan komponen ini berdasarkan pada bahan-bahan yang dipisahkan yaitu bahan plastik, logam, keramik, dan kaca. Setelah dilakukan pemisahan ini dilakukan perlakuan terhadap masing-masing bahan. Bahan plastik, keramik dan gelas dapat digiling dan dijadikan bahan dasar plastic, keramik dan kaca yang dapat digunakan lagi. Bahan logam diproses secara metalurgi untuk mendapatkan logam-logam murni tanpa tercampur logam-logam lain.

- Pirometalurgi

Pirometalurgi merupakan proses secara temal, biasanya menggunakan insinerator atau alat pelebur suatu bahan pada suhu tinggi. Proses ini biasa digunakan untuk melelehkan bahan plastik atau memisahkan komponen plastik dengan komponen logam. Dalam proses pembakaran ini dapat digunakan untuk mendapatkan konsentrat logam tembaga dan timbal. Untuk logam emas dan perak dapat juga diperoleh pada proses ini tetapi pada proses yang memerlukan waktu yang panjang akan merusak logam perak. Proses ini masih mempunyai banyak kelemahan yaitu komponen barbahan plastik tidak dapat digunakan lagi dan logam-logam yang diperoleh masih dalam bentuk logam campuran. Selain itu dalam proses ini dihasilkan gas-gas yang berbahaya karena terjadi kombnasi logam-logam berat dengan senyawa-senyawa organik dalam bahan plastik yang bersifat volatil akibat adanya proses pada suhu tinggi.

- Hidrometalurgi

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

dengan proses ekstraksi, pengendapan, filtrasi, elektrolisis, dan lain-lain disesuaikan dengan logam yang akan diambil lagi.

- **Elektrokimia**

Proses elektrokimia merupakan metode yang sering digunakan untuk pemurnian atau pengendapan dengan melibatkan larutan elektrolit dan arus listrik. Proses ini dilakukan setelah proses hidrometalurgi karena melibatkan larutan elektrolit. Hasil pelarutan logam-logam dalam limbah elektronik difungsikan sebagai larutan elektrolit kemudian dilakukan pemisahan logam-logam yang telah dilarutkan. Sebagai contoh proses elektrokimia yang dilakukan untuk pengolahan limbah elektronik yaitu pada pengambilan logam emas dan perak melalui proses elektroplating.

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengolah limbah elektronik. Cara-cara tersebut mempunyai kekurangan dan kelebihan. Untuk proses pemisahan atau pemilahan secara mekanik mempunyai kelebihan terpisahnya komponen-komponen sesuai bahannya sehingga dapat dilakukan proses lanjutan untuk penggunaan kembali komponen yang dihasilkan dari limbah elektronik. Kelemahan dari cara ini adalah timbulnya polusi berupa debu dan suara pada saat proses penghancuran secara mekanik.

Proses pirometalurgi juga mempunyai kelemahan yaitu proses ini memerlukan energi tinggi dan menimbulkan gas-gas yang berbahaya. Kelebihan dari proses ini adalah diperoleh logam-logam campuran dengan kemurnian yang tinggi dan dapat dilanjutkan dengan pemisahan logam-logam yang dikehendaki.

Proses hidrometalurgi mempunyai kelebihan dapat diperoleh logam-logam dengan kemurnian tinggi. Kelemahan dalam proses ini menimbulkan pencemaran air yang dihasilkan dari pelarut yang bersifat korosif dan toksik.

Proses elektrokimia mempunyai kelebihan dapat memisahkan logam-logam dengan kemurnian tinggi khususnya logam-logam berharga seperti emas dan perak. Kekurangan proses ini memerlukan kondisi larutan elektrolit dan kondisi elektrokimia yang optimum untuk menghasilkan hasil yang maksimal.

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan proses daur ulang dan recovery logam-logam dalam limbah elektronik maka diperlukan kombinasi proses daur ulang dengan meninjau komponen yang akan diambil. Proses yang dilakukan juga harus memperhatikan aspek ekonomi dan aspek ekologi.

PENUTUP

Perkembangan penggunaan alat-alat elektronik semakin lama semakin pesat. Hal ini menimbulkan pesatnya limbah elektronik yang dihasilkan. Limbah elektronik yang menumpuk dapat menimbulkan permasalahan sehingga diperlukan upaya untuk proses daur ulang. Proses daur ulang dapat dilakukan dengan meninjau komponen-komponen yang terkandung dalam limbah elektronik yang potensial untuk digunakan kembali. Komponen-komponen yang potensial untuk digunakan lagi antara lain logam-logam berharga seperti Cu, Pd, Fe, Ni, Sn, Pb, Al, Zn, Ag dan Au. Logam-logam tersebut dapat diambil kembali (recovery) melalui proses daur ulang. Proses daur ulang dapat dilakukan secara pemisahan mekanik, pirometalurgi, hidrometalurgi dan elektrokimia. Masing-masing cara daur ulang mempunyai kelebihan dan kekurangan ditinjau dari aspek ekonomi dan ekologi sehingga diperlukan cara kombinasi untuk menghasilkan metode yang efektif dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Antrekowitsch, H., Potesswe, M., Spruzina, W., Proir, F., 2006, *Metallurgical Recycling of Electronik Scrap*, The Mineral, Metals and Materials Society, EPD Congress 2006.

Agus Pramono, 2006, *Limbah Elektronik di Indonesia*, Berita Antara Edisi Tanggal 20 Desember 2006

Ficeriova, J., Balaz, P., Dutkova, E., Gock, E., 2008, Leaching Gold and Silver Crushed Au-Ag Waste, *The Open Chemical Engineering Journal*, Vol 29, 6-9.

Gramatyka, P., Nowosielki, R., Sakiewicz, P., 2007, Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering Vol 20*, 535-538.

Mary Magdalena, 2003, *Indonesia Butuh Konsep Pengolahan Limbah Komputer*, Harian Sinar Harapan Edisi Tanggal 4 Mei 2003

Mimi Salamah, dkk, 2009, *Penentuan Kadar Ni, Pb, Co, Fe, Mn Au dan Cd*, Laporan Penelitian FMIPA UNY, Yogyakarta.

(www.bermula.wordpress.com). Diakses tanggal 25 Maret 2009.