Potensi Nilai Ekonomis Dari Penanganan Sampah Elektrik Dan Peralatan Elektronik Studi Kasus Televisi *Cathode Ray Tube*

Aulia Fikri [1], Dodi Sofyan Arief [2]

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

[1]tm.auliafikri@gmail.com, [2]dodidarul@yahoo.com

Abstract

The electronics industry is the fastest growing manufacturing industry in the world, as well as the increasing amount of electrical waste and electronic equipment that has become e-waste. This study refers to the potential economic value of handling e-waste from used television's cathode ray tube, then proceeded to handle using the 3R principle (reduce, reuse and recycle) from disassembling the cathode ray tube, separation of reusable components, and the usage of recycling technology to recycle non-usable components as raw materials for new products. From the utilization stage of e-waste, it can generate economic value from dismantling and recycling process, before going through the process of disassembling the used television's CRT which valued by used goods collectors for Rp.20.000 - Rp. 40.000,- unit. After they had gone through the process of recycling and utilization of electronic components that can be resold, it obtained an increase in economic value 54.7% of the price to buy the television's CRT waste from used goods collectors, thereby indicating a significant increase in economic value through the recycling of television's CRT so that the e-waste processing can minimize e-waste, and enables a new business field that is quite profitable.

Keywords *: Cathode Ray Tube, E-waste, Reduce, Recycle, Reuse.*

1. Pendahuluan

Perkembangan zaman yang serba modern dan perkembangan industri teknologi ini memaksa perubahan besar dalam cara kita mengatur kehidupan, ekonomi, industri dan institusi untuk menggunakan barang-barang elektronik dalam membantu dalam pekerjaan sehari-hari, dimana kebutuhan akan barang elektronik semakin meningkat dari tahun ketahun.

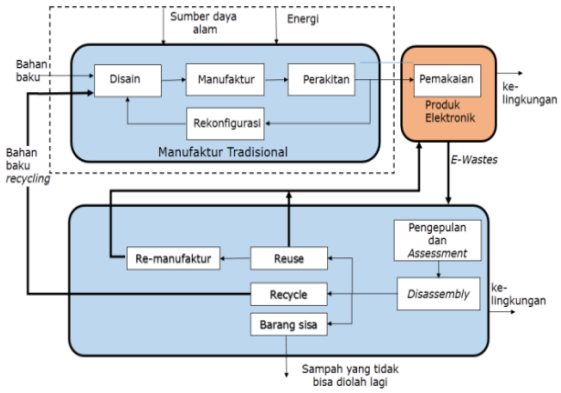
Tanpa disadari banyaknya pemakaian barang elektronik juga berdampak untuk menghasilkan sebagian besar limbah elektronik, karena tidak adanya penanganan pendaur ulang dan pemusnahan. Ketika sebuah alat setelah habis masa pakai suatu produk, produk tersebut tidak akan digunakan lagi karena adanya kerusakan ataupun pergantian alat yang lama dengan alat model terbaru. Pada kenyataannya barang barang elektronik biasanya tidak akan digunakan lagi meskipun masih dapat beroperasi, kemudian digantikan dengan yang baru karena konsumen menginginkan fitur-fitur baru atau yang lama tidak memadai untuk melayani operator, atau hanya karena ingin berganti saja, sehingga barang-barang elektronik yang sudah tidak terpakai dan akhirnya menjadi tumpukan sampah yang sering disebut sebagai *Electronic Waste* (*E Waste)*[1].

Pengolahan sampah hendaknya menerapkan proses - proses, seperti *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), *recycle* (mendaurulang) dan *replace* (mengganti barang berpotensi sampah kearah bahan *recycle)*. Di negara-negara berkembang termasuk di Indonesia, terdapat kegiatan perbaikan dan penggunaan kembali barang-barang elektronik bekas dalam jumlah yang tinggi. Pada toko-toko reparasi dapat ditemukan para pekerja tersebut mencari komponen - komponen yang rusak dan mengganti dengan komponen bekas [2], komponen yang rusak dan tidak dapat digunakan kembali, masih memiliki nilai jual karena masih dapat didaur ulang, dengan mempertimbangkan faktor - faktor seperti teknologi produk bersih dan prinsip 3R (*reduce,reuse,recycle*) dan *recovery* dengan menerapkan teknologi manufaktur berkelanjutan.

Model manufaktur lama bersifat mengolah bahan baku dan sumber daya untuk tujuan dimanufaktur dan dirakit untuk menghasilkan produk baru, kemudian dilanjutkan dengan tahap pemakaian, dan diakhiri dengan pembuangan produk yang sudah tidak dipakai lagi tanpa mempertimbangkan faktor factor *reuse* dan *recovery* dari produk yang telah dibuat [3], konsep manufaktur dapat dilihat pada Gambar 1.

Upaya untuk keberhasilan manufaktur berkelanjutan ini, produksi bersih sangatlah berperan penting. Produksi bersih adalah strategi bersifat preventif atau pencegahan dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi risiko terhadap manusia dan

lingkungan [4]. Itu semua tidak lepas untuk meningkatkan produktifitas dengan memberikan efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan baku dan energi, menjadikan produk ramah lingkungan melalui pengurangan limbah.



Gambar 1. Konsep manufaktur berkelanjutan

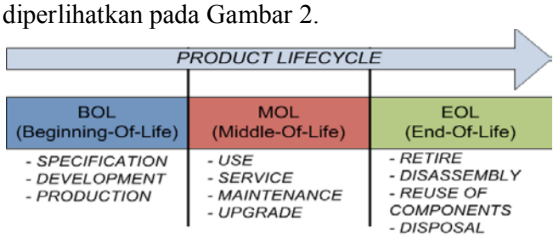
Produksi Bersih (*clean production*) merupakan salah satu pendekatan dalam merancang ulang industri yang bertujuan untuk mencari cara pengurangan sisa sisa produk yang [5]. Prinsip prinsip produk bersih yaitu :

a. Prinsip peringatan dini (*Precautionary Principle),* yang menyatakan perlunya menerapkan kehati hatian dalam menghadapi ketidakpastian sains.
b. Prinsip pencegahan (*Preventive Principle*), yang menekankan bahwa mencegah suatu bahaya adalah lebih baik dari pada mengatasi.
c. Prinsip demokrasi (*Democrative Principle*), semua pihak yang di pengaruhi oleh keputusan keputusan yang di ambil, memiliki hak untuk berpartisipasi dalam pengambilan keputusan keputusan tersebut.
d. Prinsip menyeluruh (*Holsitic Principle*), yang menginginkan perlunya suatu pendekatan siklus hidup yang terpadu untuk pengambilan keputusan masalah lingkungan.

Prinsip-prinsip dalam produksi bersih diaplikasikan dalam bentuk kegiatan yang dikenal sebagai 4R, meliputi:

a. *Reuse*, adalah penggunaan kembali suatu produk, yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa mengalami suatu proses.
b. *Reduction*, adalah teknologi yang dapat mengurangi atau mencegah timbulnya pencemaran di awal produksi
c. *Recovery*, adalah teknologi untuk memisahkan suatu bahan atau energi dari suatu limbah untuk kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi.
d. *Recycling*, atau daur ulang adalah teknologi yang berfungsi untuk memanfaatkan kembali limbah dengan melakukan beberapa proses.

Product life cycle management atau PLM merupakan sebuah pendekatan sistematik untuk mengelolah perubahan secara beruntun siklus hidup produk terhadap waktu, mulai dari desain, pengembangan hingga fase akhir sebuah produk tidak digunakan kembali [6]. *Produk Lifecycle Management* ini memiliki tiga tahap yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Product lifecycle management

Tahap – tahap dari *Product Lifecycle Management* :

a. *Beginning of life* (BOL)**,** mencakup mengenai pengembangan dan proses desain produk baru.
b. *Middle of life* (MOL), mencakup kolaborasi antara supplier, *product information management* (PIM) dan *warranty management.*
c. *End of life* (EOL)**,** mencakup strategi agar produk dapat dihentikan, didaur ulang, atau dibuang.

Siklus hidup produk menggambarkan tahap - tahap yang berbeda dalam sejarah penjualan suatu produk. Tahap-tahap ini berhubungan dengan kesempatan dan masalah yang berbeda mengenai strategi pemasaran dan potensial laba, dengan mengidentifikasi tahap - tahap yang berbeda dengan tantangan yang berbeda tahap suatu produk berada, atau tahap yang akan dicapai, sehingga perusahaan dapat memformulasikan atau berencana pemasaran dengan lebih baik.

Dikatakan suatu produk memiliki siklus hidup adalah menegaskan empat hal :

a. Produk memiliki umur terbatas
b. Penjualan produk melewati tahap-tahap yang berbeda, dengan tantangan yang berbeda bagi penjual.
c. Laba naik turun pada tahap yang berbeda dalam siklus hidup produk
d. Produk membutuhkan strategi pemasaran, keuangan, produksi, pembelian dan personel yang berbeda dalam tiap tahap siklus hidup mereka.

Perusahaan yang memasukkan produk hasil produksinya ke dalam pasar, bertanggung jawab penuh atas pengambilan kembali (*take a back*) produk produknya saat produk tersebut telah mecapai masa akhir penggunaannya. Pertanggung jawabannya seperti biaya pengumpulan, penyortiran, perawatan, dan proses daur ulang [5].

Tanggung jawab ini disebut dengan *Extended Producer Responsibility* yaitu konsep bahwa produsen dan importir produk memiliki tingkat

tanggung jawab atas dampak lingkungan produk mereka di seluruh siklus hidup produk, termasuk dampak yang melekat pada pemilihan bahan untuk produk, dampak dari proses produksi produsen itu sendiri, dan dampak dari penggunaan dan pembuangan produk. Produsen menerima tanggung jawab mereka ketika mereka mendesain produk mereka untuk meminimalkan lingkungan siklus hidup [6].

Tujuan *Extended Producer Responsibility* (EPR) tidak lain adalah untuk mendorong produsen meminimalisir pencemaran dan mengurangi penggunaan sumber daya alam dan energi. Produsen bertanggung jawab terhadap semua hal, termasuk akibat dari pemilihan material, proses manufaktur, pemakaian produk, dan pembuangannya. Sehingga sangat memungkinkan bagi industri untuk menerapkan kebijakan penampungan kembali barang rusak (limbah) melalui distributornya.

Penangan sampah tidak sesederhana mendaur ulang bahan setelah tidak digunakan kembali, untuk mendapat nilai efisien dari hasil penanganan sampah elektronik tersebut dibutuhkan kebijakan penanganan untuk menentukan langkah langkah daur hidup bahan yang mempunyai pengaruh besar kepada si pendaur ulang.

Proses *recovery* untuk logam-logam yang berharga dalam limbah elektronik dalam proses daur ulang limbah elektronik dapat dilakukan dengan beberapa proses [7], seperti :

a. Pemisahan atau pemilahan secara mekanik.

Pemisahan atau pemilahan komponen - komponen penyusun limbah elektronik. Pemisahan komponen ini berdasarkan pada bahan - bahan yang dipisahkan kemudian dilakukan perlakuan terhadap masing-masing bahan.

b. Pirometalurgi.

Proses yang 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.

c. Hidrometalurgi.

Dilakukan setelah proses pemilihan antara bahan logam dan non logam. Proses ini merupakan proses pelarutan logam-logam yang terdapat dalam limbah elektronik, khususnya komponen yang berukuran kecil seperti pada pelarutan PCB dan chip.

d. Elektrokimia.

Proses dengan metode yang sering digunakan untuk pemurnian atau pengendapan dengan melibatkan larutan elektrolit dan arus listrik.

2. Metode

Penelitian dilakukan di kota Pekanbaru, pada bulan februari – maret 2018, tahapan tahapan yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu dengan menggunakan metode deskriptif, sebuah metode yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang hal hal yang di perlukan dalam penelitian, serta metode observasi yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang di perlukan dalam penelitian ini, dokumentasi sebagai bukti telah melakukan penelitian di kota Pekanbaru, dan perhitungan nilai ekonomis yang didapatkan dari hasil penelitian.

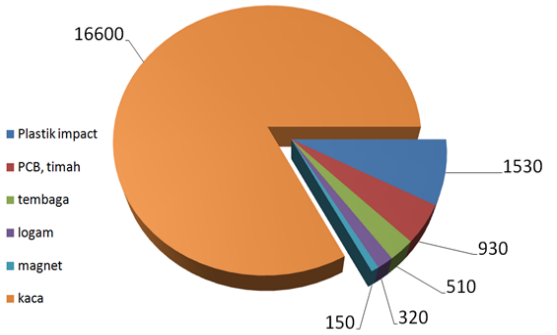
Proses penanganan sampah peralatan elektronik, studi kasus televisi *cathode ray tube* dimulai dengan proses pembongkaran kemudian dilanjutkan dengan penerapan teknologi daur ulang yang sesuai untuk suatu sampah televisi CRT. Pada proses pembongkaran ini bertujuan untuk :

a. Mengetahui komponen - komponen yang terdapat pada televisi CRT.
b. Mengetahui bahan bahan yang terdapat pada komponen televisi CRT.

Setelah mengetahui nama komponen beserta bahan – bahan yang terdapat pada televisi CRT bekas, dapat di ketahui komposisi bahan bahan yang terdapat pada televisi CRT yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. jenis bahan dari komponen televisi

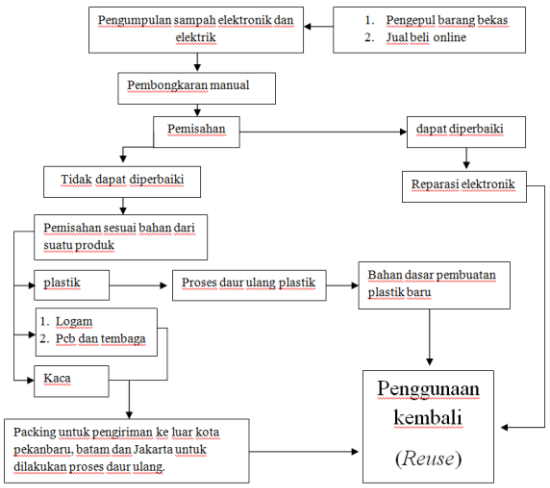
No	Nama komponen	Nama Bahan	Berat (gram)
1	*Casing* televisi	Plastik impact (HIPS)	1530
2	PCB dan komponen eletronik	PCB, timah	930
3	Kabel	tembaga	510
4	Baut	logam	320
5	Plat	logam	150
6	Speaker	magnet	1200
7	Tabung CRT	kaca	16600



Gambar 3. Komposisi bahan pada televisi CRT

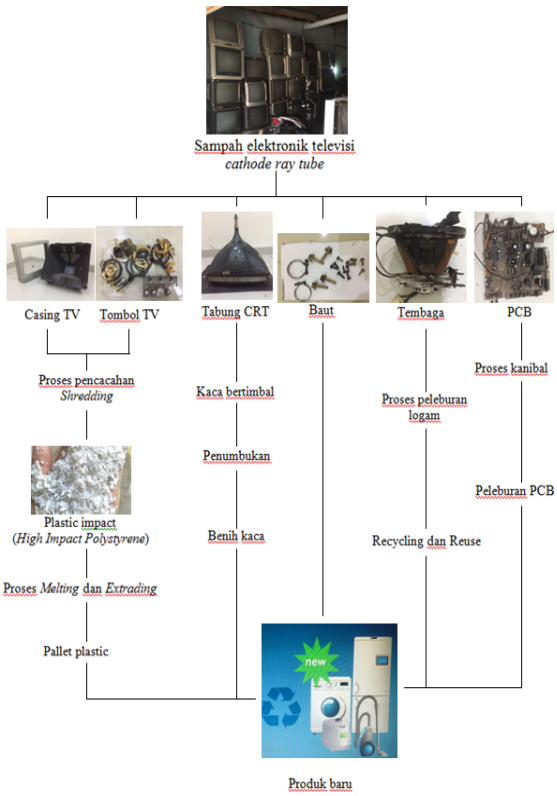
Proses teknologi daur ulang yang sesuai untuk sampah elektronik seperti televisi bekas CRT ini tergantung pada bahan bahan yang terkandung dalam suatu produk, seperti bahan plastik yang di daur ulang menjadi pallet plastik, agar dapat digunakan kembali dalam dunia manufakturing sebagai bahan dasar pembuatan plastic, komponen PCB yang dipanaskan untuk pengambilan timah, komponen kabel yang akan di ambil tembaga sebagai bahan pembuatan tembaga ataupun langsung di gunakan kembali oleh reparasi dinamo atau motor listrik dan untuk skema proses penganan

sampah elektronik di pekanbaru, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema prose penanganan sampah elektronik

Dengan menerapkan proses daur ulang yang sesuai untuk sampah elektronik dan elektrik khususnya sampah elektronik televise *cathode ray tube* akan memberikan sumber daya bahan baru dalam memproduksi kembali produk televise atau produk lainnya. Proses pemanfaatan dan proses daur ulang sampah elektronik televise *cathode ray tube* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemanfaatan sampah elektronik sebagai bahan untuk pembuatan produk baru

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil data pengujian yang studi Potensi Nilai Ekonomis Dari Penanganan Sampah Elektrik dan Peralatan Elektronik Televisi *Cathode Ray Tube* dari hasil sruvey harga jual bahan dan komponen sampah televise ini dilakukan di daerah pekanbaru, pada bulan Maret 2018 dengan tujuan untuk mengetahui harga komponen atau bahan yang berkaitan pada sampah elektronik televisi *cathode ray tube,* sehingga dapat dihitung peningkatan nilai ekonomis dari pendaurulangan sampah elektronik dan elektrik dari televise CRT.Untuk harga televisi CRT bekas di pengepul barang bekas di patok harga Rp15.000,- – Rp 20.000,- per unit dan dengan kondisi yang cukup baik dapat di hargai Rp30.000,- sampai Rp40.000,- per unit, untuk harga survei plastik impact dan tembaga dapat diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil survei harga plasti Impact

Nama Bahan	Harga /Kg dari Pemulung	Harga /Kg dari pengumpul
Plastik Impact (*High Impact Polystyrene*)	Rp. 600	Rp. 850

Tabel 3. Hasil survei harga Tembaga

Nama Bahan	Harga /Kg dari pemulung	Harga /Kg dari pengumpul
Tembaga	Rp. 60.000	Rp.80.000

Dari hasil survey yang telah dilakukan di kota Pekanbaru, didapatkan data harga bahan dan komponen dari sampah elektronik televise *cathode ray tube* dapat di hitung peningkata nilai ekonomis proses daur ulangnya, Peningkatan nilai ekonomis dari proses pembongkaran TV *Cathoda Ray Tube* bekas per- unitnya, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Harga ekonomis dari survei pembongkaran tv CRT

No	Nama Bahan	Jumlah/ unit	Berat (gram)	Harga /kg	Harga /unit
1	Plastik impact (HIPS)	2	1530	Rp 850,00	-
2	PCB	2	530	Rp 9.000,00	Rp2.000,00
3	tembaga		210	Rp 70.000,00	-
4	Baut kecil	14	240		Rp300,00
5	Baut besar	4	80		Rp 500,00
6	Logam		150	Rp 19.000,00	-
7	Speaker	2	1200		Rp 2.500,00
8	Tabung CRT	1	16600	-	Rp10.000,00
Total harga yang didapatkan				Rp. 23.620,50	Rp. 21.200,00

Untuk harga televisi bekas yang dihargai Rp.40.000.00- per unit oleh pengumpul barang bekas, setelah melewati proses pembongkaran serta nilai dari setiap komponen dan setiap berat per

kilogramnya adalah Rp.44.820,50-, sehingga terlihat peningkatan nilai ekonomis dari proses pembongkaran televisi CRT sebesar Rp.4.820.50- per unit atau mendapatkan nilai ekonomis sebesar 12,05% dari harga televisi bekas.

Untuk peningkatan nilai ekonomis dari proses daur ulang yang diperlihatkan pada Tabel 5, membutuhkan teknologi manufaktur yang dilakukan oleh salah satu jasa pencacahan plastik rumahan yang terletak di kubang raya, kota Pekanbaru. Proses ini menghasilkan granula (butiran plastik kecil) sebelum menjadi pallet plastik.

Tabel 5. Peningkatan nilai ekonomis daur ulang plastik

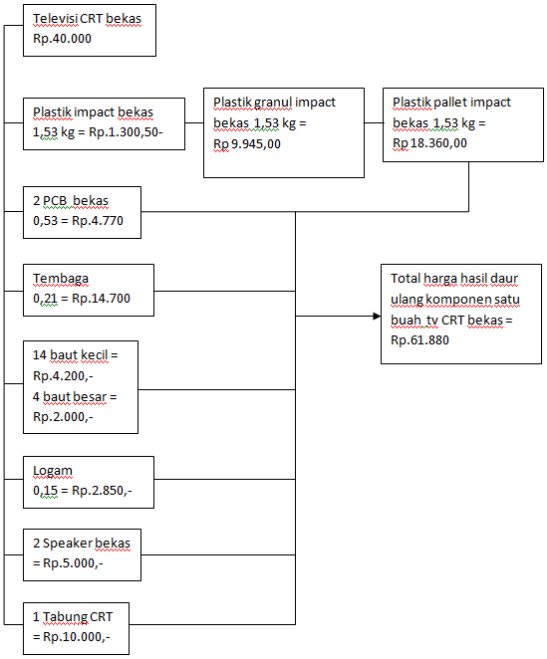
Bahan	Berat /Kg	Harga plastik impact /kg	Harga Grunal impact /kg	Harga pallet impact /kg
Plastik *cassing* tv crt bekas	1,53	Rp.850	Rp.6.500	Rp.12.000
Harga plastik tv crt bekas		Rp.1.300,50-	Rp.9.945,-	Rp.18.360,-

Dengan menggunakan proses manufaktur lanjutan, dari bahan plastik yang dihargai oleh pengumpul di kota pekanbaru sebesar Rp.850,00- perkilogramnya, setelah melalui proses daur ulang, harga plastik televisi CRT bekas :

- Menjual langsung 1,53 Kg plastik *cassing* televisi CRT bekas, mendapatkan nilai ekonomis sebesar Rp.1.300,50.
- Menjual dengan melakukan proses daur ulang menjadi plastik granul dengan harga Rp.6.500,00- perkilogram, didapatkan nilai ekonomis sebesar Rp.9.945,- atau nilai ekonomis meningkat sebesar 24,87% dari Rp.40.000,- harga televisi CRT bekas.
- Menjual dengan melakukan proses daur ulang menjadi pallet plastik dengan harga Rp.12.000,00- perkilogram, didapatkan nilai ekonomis sebesar Rp.18.360,00- atau nilai ekonomis meningkat sebesar 45,9% dari Rp.40.000 harga televisi CRT bekas.

Peningkatan nilai ekonomis dari satu unit televisi CRT bekas setelah melalui proses pembongkaran televisi CRT bekas dan proses daur ulang plastik impact dari *cassing* televisi yang telah melalui pencacahan dan menghasilkan pallet plastik serta komponen yang dapat dimanfaatkan kembali adalah sebesar : Rp.61.880,- per unit televisi CRT bekas .

Setelah dilakukan proses daur ulang, peningkatan nilai ekonomis dari proses daur ulang televisi bekas adalah (Rp.61.880 – Rp.40.000) Rp.21.880,- per unit, atau sekitar 54,7% per unit dari harga televisi CRT bekas yang diambil oleh pemulung ataupun pengumpul barang bekas ke rumah ara konsumen, atau para konsumen yang mengantarkan sendiri sampah elektronik tersebut ke pengumpul. Untuk peningkatan nilai ekonomis dari seluruh proses dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai ekonomis dari daur ulang sampah elektronik, televisi cathoda ray tube

Setelah mendapatkan nilai ekonomis dari proses daur ulang sampah televisi CRT bekas, dihitung peningkatan nilai ekonomis dari proses daur ulang berdasarkan waktu pengerjaannya, dengan kurun waktu sehari kerja (8 jam kerja), seminggu (6 hari kerja) dan sebulan (4 minggu kerja).

Untuk satu kali kerja, pekerja dapat membongkar televisi bekas dengan waktu rata rata 12 menit 55 detik per unit televisi (753 detik), 38,25 unit dalam 1 hari kerja, 229,48 unit dalam 1 minggu, dan 917,93 unit dalam 1 bulan, seperti diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Waktu pembongkaran sampah TV CRT

proses pembongkaran	waktu pembongkaran per unit (detik)	jumlah unit yang di bongkar sehari (8 jam)	seminggu (6 hari)	sebulan (4 minggu)
Pembongkaran televisi CRT bekas	753	38,25	229,48	917,93

Peningkatan nilai ekonomis dari proses pembongkaran televisi CRT bekas oleh seorang pekerja yang diperlihatkan pada Tabel 7, dapat mengumpulkan dalam sehari (38,25 unit x Rp.4.820,50- = Rp.184.384,-) sebulan waktu kerja (229,5 unit x 4.820,50- = Rp.1.106.208) dan dalam waktu sebulan (917,9 unit x 4.820,50- = Rp.4.424.882,-).

Tabel 7. Potensi nilai ekonomis penanganan TV CRT terhadap waktu

Harga ekonomis pembongkaran per unit	Harga ekonomis pembongkaran		
	1 hari	1 minggu	1 bulan
Rp.4.820,50-	Rp.184.384,-	Rp.1.106.208,-	4.424.882,-

4. Simpulan

a. Penanganan masalah sampah peralatan elektronik dan elektrik di Indonesia, khususnya kota Pekanbaru masih belum tertangani dengan tepat, karena masih dijumpai di lokasi 2ndhand dan juga dilakukan oleh kelompok atau perorangan sebagai industri rumahan yang memanfaatkan aliran limbah elektronik sebagai usaha.

b. Pengumpulan sampah peralatan elektronik dan elektrik di pekanbaru dilakukan dengan cara sederhana, pengumpulan oleh perorangan atau kelompok usaha kecil kerumah para konsumen elektronik, ataupun via pasar online, kemudian dikumpulkan pada pengumpul barang barang bekas.

c. Penanganan daur ulang sampah peralatan elektronik dan elektrik di kota Pekanbaru hanya terfokus pada bahan - bahan yang terkandung di dalam komponen sampah elektronik dan elektrik. Seperti : plastik karah (impact).

d. Penggunaan kembali sampah peralatan elektronik dan elektrik yang di lakukan di tempat reparasi, seperti lokasi di pasar bawah Pekanbaru dengan tujuan memanfaatkan limbah elektronik, dapat juga berdampak pada perpanjangan aliran sampah peralatan elektronik dan elektrik di Indonesia.

e. Peningkatan nilai ekonomis dapat dilihat dari penanganan atau proses daur ulang sampah televisi *cathoda ray tube* sebagai berikut :

- Proses pembongkaran televisi CRT mendapatkan nilai ekonomis sebesar Rp.4.820,50- dari Rp.40.000 harga maksimal pengambilan yang dilakukan oleh pengumpul barang bekas di pekanbaru.
- Proses pengolahan plastik HIP (*High ImpactPolystyrene*) yang berasal dari *cassing* atau cover televisi CRT bekas dengan melalui beberapa proses manufaktur didapatkan nilai ekonomis yang tinggi, dari plastik impact / karah yang di hargai Rp.1.300,50- per 1,53kg ketika diberi proses manufaktur menjadi plastik grunal, nilai ekonomisnya bertambah menjadi Rp.9.945,- dan ketika telah menjadi pallet nilai ekonomis menjadi Rp.18.360,-
- Nilai ekonomis dari proses daur ulang televisi bekas per unit adalah (Rp.61.880 – Rp.40.000) Rp.21.880,- per unit, atau sekitar 54,7% per unit dari harga televisi CRT bekas yang diambil oleh pemulung ataupun pengumpul barang bekas ke rumah ara konsumen, atau para konsumen yang mengantarkan sendiri sampah elektronik tersebut ke pengumpul.

f. Waktu yang dibutuhkan dalam sekali pembongkaran televisi CRT adalah 12 menit 55 detik (753 detik) dengan mendapatkan nilai ekonomis sebesar Rp.4.820,50 dari harga maksimal pengambilan sampah elektronik televisi oleh pengumpul, sehingga dapat membuka sebuah peluang bisnis baru, dengan menghasilkan :

- Dalam sehari, Rp.184.384,-
- Dalam seminggu Rp.1.106.208,-
- Dalam sebulan Rp.4.424.882,-

Daftar Pustaka

[1] Osibanjo, Oladele dan Nnorom, Innocent Chidi. 2006., *Material Flows of Mobile Phones and Accessories in Nigeria*: *Environmental Implications and Sound End-of-Life Management Options. Environmental Impact Assessment Review* vol. 28, p. 198-213.

[2] Widi Astuti. 2013., Dampak Kandungan Logam Berat Dalam Sampah Elektronik (*E-Waste*) Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan.

[3] Agus Susanto, Willy Pratama, Berry Yuliandra. 2017. Manufaktur Berkelanjutan pada Sampah Elektronik : Kasus Sampah Kulkas. Universitas Andalas. Padang.

[4] Purwanto. 2009., Penerapan Produksi Bersih di untukMeningkatkan *Efisiensi* dan Mencegah Pencemaran Industri Orasi Ilmiah yang Disampaikan dalam Upacara Penerimaan Guru Besar dalam Ilmu Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.

[5] Dody Sofyan Arief. 2008., Peningkatan Nilai EkonomisDari Penanganan Sampah Peralatan Elektronik dan Elektrik (Study Kasus *Keyboard* Komputer Jenis Membran). Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo dan Petrokimia Indonesia ISSN 1970-0500.

[6] Tommi Parkkila, Jukka Kaariainen, Hannu Tannerm *and* Jukka Riekki. 2012., *Middle-Of-Life PLM Solutions for Reconfigurable Networked Mechatronic Products. Departement of Computer Science and Engineering. University of Oulu.* Finland.

[7] http://archive.grrn.org/resources/what_is_epr.html, di akses pada tanggal 15 Maret 2018, pukul 20:30 WIB

[8] Siti, marwati. 2009. Kajian Tentang Kandungan Logam-Logam Berharga Dalam Limbah Elektronik (*e-waste*) dan Teknik Recovernya Melalui Proses Daur Ulang. Prosiding Seminar Nasional Penelitian. Universitas Negri Yogyakarta. Yogyakarta.