

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keterbatasan Penelitian

Sebagaimana yang diharapkan pada penelitian ini adalah untuk memperoleh data kuantitatif berupa komputer aset BRI yang telah dilelang, komputer BRI yang masih menjadi aset dan komputer sewa yang digunakan BRI, telah terpenuhi. Data kualitatif yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pendaur-ulang dan pengumpul limbah komputer, tidak seluruhnya dapat terpenuhi.

Walaupun belum diketahui secara pasti, peneliti memperkirakan di Indonesia saat ini terdapat cukup banyak pendaur-ulang limbah elektronik, tetapi hanya sebagian kecil yang dapat diidentifikasi. Peneliti memperoleh data mengenai keberadaan pendaur-ulang limbah komputer melalui sebuah forum komunikasi di internet. Dan dari tujuh orang yang mengatakan dirinya adalah pendaur-ulang limbah elektronik hanya empat yang bersedia menjadi responden. Keempat responden tidak menjawab pertanyaan-pertanyaan dengan jelas dan terbuka, serta tidak seluruh pertanyaan dijawab oleh responden. Maka pernyataan dari empat responden tersebut belum dapat mewakili seluruh pendaur-ulang limbah komputer di Indonesia, tetapi untuk penelitian ini pernyataan dari responden cukup menggambarkan kondisi kegiatan daur ulang limbah komputer saat ini dan peneliti mengharapkan ada studi lebih jauh mengenai hal ini di masa mendatang. Peneliti tidak melakukan observasi langsung ke tempat daur ulang karena kurangnya kerjasama pendaur-ulang dan pengumpul limbah. Seorang pengumpul yang teridentifikasi dari rekomendasi seorang distributor komputer, tidak bersedia menjadi responden.

4.2. Penggunaan Komputer di BRI

Bank Rakyat Indonesia (BRI) didirikan pada tanggal 16 Desember 1895 oleh Raden Aria Wirjaatmadja dengan nama *Hulp-en Spaarbank der Inlandsche Bestuurs Ambtenaren* atau Bank Bantuan dan Simpanan Milik Kaum Priyayi yang berkebangsaan Indonesia (pribumi) di Purwokerto. Pada awal berdirinya hingga sekarang, BRI konsisten memfokuskan pelayanan kepada masyarakat kecil dengan

memberikan fasilitas kemudahan pengajuan kredit kepada pengusaha golongan menengah kebawah. Saat ini BRI mempunyai unit kerja yang berjumlah 4.447 buah, yang terdiri dari 1 Kantor Pusat BRI, 12 Kantor Wilayah, 12 Kantor Inspeksi, 170 Kantor Cabang (dalam negeri), 145 Kantor Cabang Pembantu, 1 Kantor Cabang Khusus, 1 New York Agency, 1 Cayman Island Agency, 1 Kantor Perwakilan Hongkong, 40 Kantor Kas Bayar, 6 Kantor Mobil Bank, 193 P.Point, 3.705 BRI Unit, dan 357 Pos Pelayanan Desa (Anonim, 2006).

Bergerak di bidang jasa, maka produk yang dihasilkan oleh BRI adalah dalam bentuk pelayanan kepada nasabah dan dalam menghadapi persaingan di dunia perbankan BRI harus mengutamakan pelayanan secara efisien dan efektif kepada nasabah. Untuk mendukung pelayanan yang real time kepada nasabah, maka penggunaan peralatan teknologi informasi (IT) adalah mutlak diperlukan, terlebih jika wilayah pelayanan mencakup seluruh wilayah Indonesia hingga melintasi lautan dan mencapai kepulauan terpencil. Selain untuk mendukung operasional sehari-hari, perlengkapan IT juga dibutuhkan untuk kebutuhan training pegawai dan diakomodasikan dalam setiap sentra pendidikan BRI yang berjumlah 6 buah diseluruh Indonesia dan 1 Diklat di Jakarta.

Pada Tabel 11 tercantum jumlah Desktop PC yang masih menjadi aktiva tetap di BRI, jumlah server, monitor dan CPU. Server BRI menggunakan monitor CRT yang berukuran sama dengan monitor komputer desktop. Maka penelitian ini akan memasukkan monitor CRT server, tetapi CPU server tidak termasuk, karena memiliki ukuran yang berbeda dengan CPU komputer desktop.

Tabel 11. Komputer BRI di seluruh Indonesia Tahun Perolehan Aset 1980-2007

Tahun Perolehan	Desktop PC (unit)	Server (unit)	Monitor (unit)	CPU (unit)
1980 – 1989	191	4	4	4
1990 – 1999	7.102	164	133	263
2000 – 2007	18.088	386	60	141
Total PC	25.381	554	197	408

4.3. Daur Hidup Komputer BRI

Sebelum tahun 2007 BRI selalu membuat pengadaan IT untuk memenuhi kebutuhannya akan perlengkapan IT. Maka ada dua daur hidup komputer, yaitu daur hidup komputer yang menjadi aktiva tetap dan komputer sewa. Untuk komputer sewa, perkiraan daur hidup setelah mencapai ke Vendor kembali tidak akan dibahas lebih jauh karena lingkup penelitian ini hanya difokuskan pada penelitian di BRI.

Menurut definisi yang sudah digunakan di dunia internasional dan sudah resmi menurut Uni Eropa, bahwa komputer yang mendekati EOL atau *life-span*-nya sudah habis, yaitu 5 tahun, maka komputer tersebut adalah limbah. Menurut Undang-undang No. 23/1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup definisi limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan.

Hal ini masih menjadi polemik di Indonesia, karena terminologi yang digunakan untuk menyebut komputer bekas dan rusak sebagai limbah masih kontroversial. Terminologi tersebut mungkin cocok bila diterapkan di negara maju tetapi belum tentu demikian di negara berkembang seperti Indonesia. Selain masih banyak pengguna komputer yang mengandalkan komputer bekas untuk mendapatkan produk dengan harga murah, beberapa pihak juga memandang bahwa komputer yang telah rusak total masih bisa dimanfaatkan, karena komponen komputer seperti papan sirkuit masih dapat dimanfaatkan dengan diambil bahan berharganya.

Di Indonesia, definisi limbah elektronik maupun limbah komputer belum secara spesifik dikatakan dalam undang-undang mengenai pengelolaan sampah, kecuali disebutkan mengenai sampah spesifik yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Dalam UU Lingkungan Hidup limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Komputer bekas dari BRI yang telah rusak adalah sisa suatu kegiatan. Maka dalam penelitian ini, komputer, bagian komputer atau komponen komputer yang telah rusak dan tidak lagi dapat digunakan, menurut peneliti adalah limbah. Jadi seluruh komputer yang dilelang oleh BRI adalah limbah komputer, karena kondisi komputer yang telah rusak dan tidak lagi dapat dioperasikan. Peneliti berpendapat bahwa komputer, bagian komputer atau komponen komputer yang masih dapat digunakan, baik oleh BRI (walaupun telah

melewati *life span*) maupun oleh pengguna lain (pada saat setelah dilelang) adalah potensi limbah.

4.3.1. Alur daur hidup komputer yang digunakan oleh BRI

Analisis Daur Hidup seharusnya mencakup inventarisasi bahan mulai dari berupa bahan mentah hingga menjadi limbah. Peneliti membatasi penelitian ini hanya pada tahap penggunaan hingga menjadi limbah, karena difokuskan pada penggunaan komputer oleh korporasi. Pada saat pemanfaatan limbah pembahasan adalah mengenai rekondisi komponen-komponen bekas yang masih dapat digunakan dan penguraian material berharga. Karena konsentrasi penelitian ini adalah pada timbulan limbah B3 dari produk, maka aspek lain dalam analisis daur hidup seperti penggunaan energi tidak dibahas.

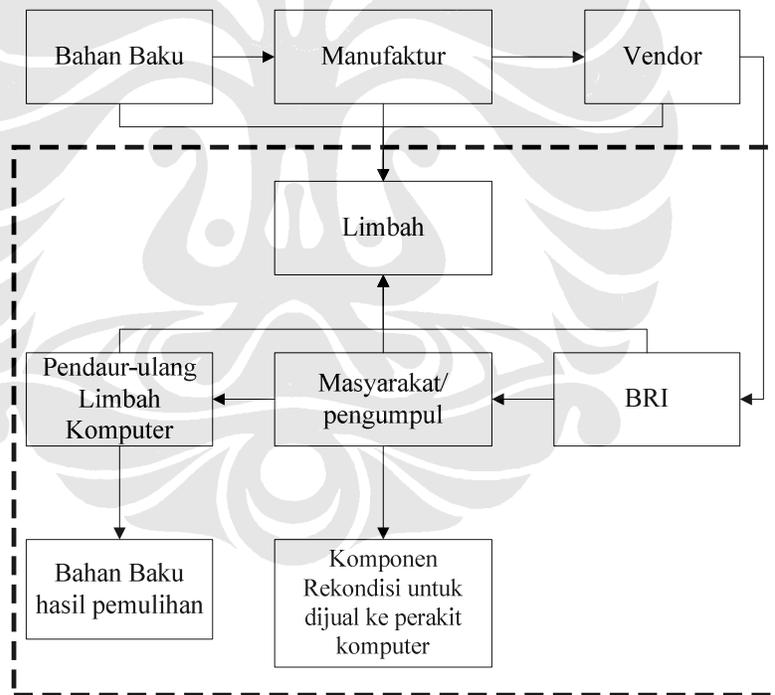
Diperkirakan daur hidup komputer BRI semenjak menjadi aktiva tetap BRI hingga menjadi limbah dan berakhir di *landfill* seperti Gambar 7. Setelah tidak lagi digunakan oleh BRI, komputer yang telah rusak dan tidak lagi dapat digunakan selanjutnya akan dijual oleh BRI ke masyarakat melalui proses lelang. Masyarakat dalam penelitian ini, diasumsikan sebagai pengumpul limbah elektronik. Karena komputer yang dilelang adalah komputer yang telah rusak dan tidak lagi dapat digunakan, maka tidak ada kemungkinan masyarakat umum pengguna komputer yang membeli komputer tersebut untuk digunakan kembali sebagai komputer bekas.

Pengumpul limbah komputer dapat menjual kembali komponen-komponen bekas yang masih dapat berfungsi kepada vendor/pemilik toko komputer yang menjual komputer-komputer rakitan, setelah dilakukan pemilahan. Komponen yang telah rusak akan dijual kepada pendaur-ulang limbah elektronik.

Limbah komputer yang dijual ke pendaur-ulang oleh pengumpul dapat berupa komputer maupun komponen bekas yang telah rusak. Oleh pendaur-ulang, limbah komputer maupun limbah komponen komputer akan didaur ulang untuk direkondisi atau diambil bahan berharganya, seperti emas dan tembaga. Menurut pendaur-ulang limbah komputer, adakalanya mereka memperoleh limbah komputer dari masyarakat

langsung (pengguna individu) tanpa melalui pengumpul, tetapi hal ini tidak akan dikaji lebih jauh dalam penelitian ini.

Pada setiap tahap, baik mulai dari komputer masih digunakan oleh BRI hingga sampai ke vendor daur ulang, dalam perjalanan selalu ada limbah yang dihasilkan. Pada saat penggunaan oleh BRI, ada aktivitas perbaikan komputer dan *up-grade* komputer untuk mengganti beberapa komponen *hardware* yang telah ketinggalan jaman. Begitupun pada saat komputer berada dipihak pengumpul, pada saat proses sortir akan ada beberapa komponen yang kemudian menjadi limbah. Terlebih lagi pada saat proses daur ulang limbah, pada saat pengolahan juga akan menghasilkan limbah dari penggunaan bahan kimia tertentu untuk proses mengekstrak emas. Setelah proses pengolahan selesai, masih ada residu limbah yang dihasilkan, karena daur ulang limbah elektronik tidak 100% efisien memulihkan bahan.



Gambar 7. Alur Daur Hidup Produk Komputer Aset BRI

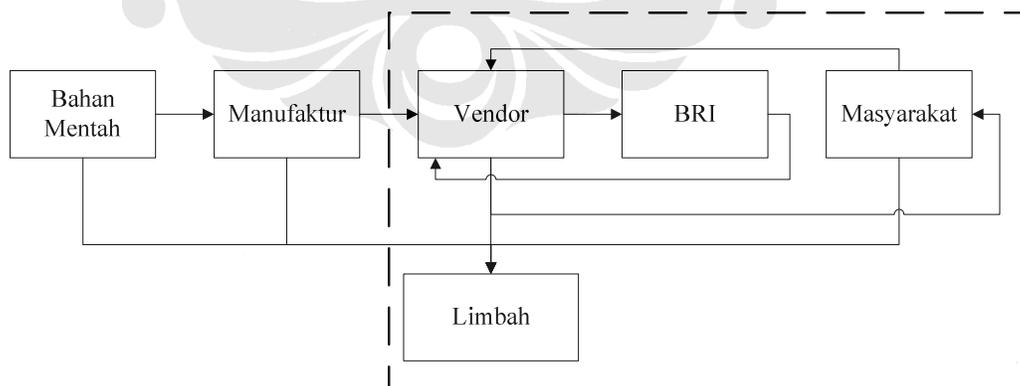
Walaupun lingkup penelitian tidak mencakup bahan baku, proses manufaktur dan pemasaran oleh vendor (lingkup penelitian dalam kotak bergaris putus-putus), daur hidup komputer yang terjadi di Indonesia kemungkinan besar adalah *cradle to cradle*

(mulai dari bahan baku hingga kembali menjadi bahan baku), karena adanya beberapa pendaaur-ulang yang dapat teridentifikasi yang memanfaatkan kembali bahan baku hasil pemulihan dari limbah komputer.

4.3.2. Daur hidup komputer sewa

Semenjak tahun 2007 BRI tidak lagi mengadakan pembelian komputer sebagai aktiva tetap, melainkan menggunakan komputer yang disewa dari beberapa vendor. Masa penggunaan komputer sewa sesuai dengan kontrak adalah selama 3 tahun. Setelah jangka waktu tersebut komputer sewa dapat dikembalikan atau jika masih akan digunakan maka masa sewa akan diperpanjang.

Daur hidup produk mulai dari bahan mentah hingga menjadi produk yang dijual oleh vendor menghasilkan limbah hasil industri. Aliran produk dari vendor ke BRI, tergantung masa sewa, bilamana setelah masa sewa tersebut atau ada kerusakan, maka produk akan dikembalikan ke vendor. Pada gambar tidak ada panah dari BRI ke limbah, karena tidak ada komputer yang rusak akan menjadi limbah dari BRI langsung ke lingkungan ataupun komputer bekas pakai yang akan dilepas ke masyarakat. Oleh vendor, ada kemungkinan barang bekas pakai BRI akan dijual ke masyarakat. Hubungan antara masyarakat dan vendor, terjadi loop (Gambar 8), karena adanya kemungkinan pengembalian produk untuk digantikan dengan produk baru (jual beli dengan cara tukar-tambah).



Gambar 8. Alur Daur Hidup Produk Komputer yang Disewa oleh BRI

Untuk komputer sewa tidak ada pembahasan mengenai daur ulang dan pemanfaatan kembali, karena penelitian difokuskan pada BRI, sedangkan limbah komputer pada daur komputer sewa tidak berasal dari BRI, melainkan dari vendor atau masyarakat.

4.4. Potensi Timbulan Limbah Komputer yang Ditimbulkan Dari Penggunaan Komputer di BRI

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, maka pengelompokan bahan kimia dalam setiap bagian komputer desktop adalah sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 12 hingga Tabel 14. Data bahan kimia dikelompokkan berdasarkan tabel kandungan bahan kimia dari MCC (1996) dan sumber lain yang dibuat per komputer desktop. Untuk beberapa bahan kimia seperti kadmium dan timbal dalam komponen seperti CRT dan papan sirkuit diperoleh dari beberapa referensi, tetapi tidak semua bahan dapat disebutkan jumlah pastinya adalah karena memang belum ada referensi yang cukup mengenai jumlah bahan dalam tiap komponen tersebut.

Tabel 12. Kandungan Bahan Kimia Dalam Setiap Unit CRT

	Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Aluminium	#N/A	
2	Antimon	#N/A	
3	Barium	#N/A	
4	Berilium	0,05 gram	Young (1999) dalam Anonim, 2001
5	Kadmium	5-10 gram	Young (1999) dalam Five Winds International
6	Cobalt	#N/A	
7	Besi	#N/A	
8	Kromium VI	0,2 gram	Young (1999) dalam Five Winds International
9	Mangan	#N/A	
10	Nikel	#N/A	
11	Silika	#N/A	
12	Tembaga	#N/A	
13	Terbium	#N/A	
14	Timbal	400 gram	WEEE Directive.
15	Timah	#N/A	
16	Vanadium	#N/A	
17	Yttrium	#N/A	
18	Zinc	#N/A	

Tabel 13. Kandungan Bahan Kimia Dalam Setiap Unit Papan Sirkuit

	Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Aluminium	#N/A	
2	Antimon	#N/A	
3	Arsenik	#N/A	
4	Berilium	0,08 gram	Young, 1999 dalam Anonim, 2001 (PWB: <i>motherboard</i>)
5	Besi	#N/A	
6	Bismuth	#N/A	
7	Cobalt	#N/A	
8	Emas	#N/A	
9	Europium	#N/A	
10	Gallium	#N/A	
11	Germanium	#N/A	
12	Indium	#N/A	
13	Kadmium	0,004 gram	Young (1999), Five Winds International (PWB: <i>motherboard</i>)
14	Kromium VI	0,3 g	Young (1999) dalam laporan akhir Five Winds International (PWB: <i>motherboard</i>)
15	Mangan	#N/A	
16	Merkuri	#N/A	
17	Nikel	#N/A	
18	Paladium	#N/A	
19	Perak	#N/A	
20	Platinum	#N/A	
21	Rhodium	#N/A	
22	Ruthenium	#N/A	
23	Selenium	#N/A	
24	Silika	#N/A	
25	Tantalum	#N/A	
26	Tembaga	#N/A	
27	Terbium	#N/A	
28	Timah	#N/A	
29	Timbal	14,8-22,2 gram	Guidelines for Environmentally Sound Management of E-Waste dan Anonim (1998,31-32).
30	Zinc	#N/A	

Tabel 14. Kandungan Bahan Kimia Dalam Setiap Unit Housing

	Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Aluminum	#N/A	
2	Antimon	#N/A	
3	Besi	#N/A	
4	Cobalt	#N/A	
5	Kadmium	25 gr	(EIA, 2001 dalam laporan Five Winds International, 2007)
6	Kromium	#N/A	
7	Mangan	#N/A	
8	Merkuri	#N/A	
9	Nikel	#N/A	
10	Niobium	#N/A	
11	Plastik	#N/A	
12	Titanium	#N/A	

4.4.1. Komputer bekas aset BRI yang telah terlelang

Data komputer bekas yang telah dilelang BRI yang dapat diperoleh peneliti adalah mulai tahun 2005 hingga 2007 seperti terdapat pada Tabel 15.

Tabel 15. Komputer Bekas BRI yang Telah Terlelang pada Tahun 2005-2007

Tahun Lelang	Desktop PC (unit)	Monitor (unit)	CPU (unit)	Server (unit)	ATM (unit)
2005	671	62	23	19	
2006	1.300	169	127	25	201
2007	34	1837	1374	13	
Jumlah	2.005	2068	1524	57	201
Jumlah PC termasuk ATM		2.206 unit			
Jumlah Monitor		4.331 unit			
Jumlah CPU		3.730 unit			
Jumlah <i>Motherboard</i> *)		3.730 unit			

*) *Motherboard* dalam server tidak termasuk, karena ukuran yang berbeda.

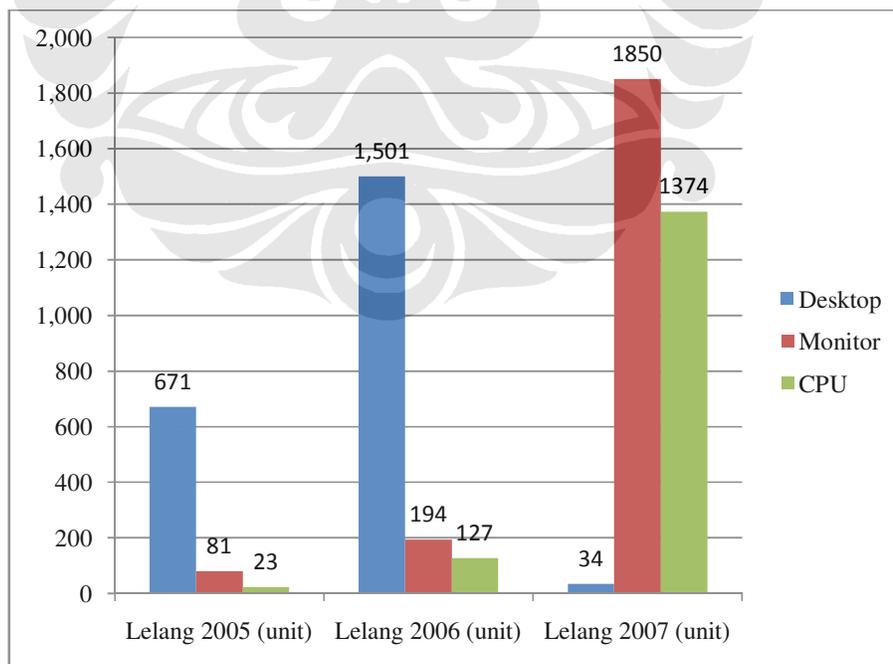
Satu unit komputer desktop terdiri dari CPU, monitor dan keyboard, sedangkan ada beberapa unit komputer yang dilelang secara terpisah antara CPU dan monitor. Maka bagian-bagian komputer tersebut dihitung secara terpisah. Dari seluruh komputer yang terlelang, ada 2.206 unit komputer desktop lengkap, termasuk dengan 201 unit

komputer desktop dalam ATM. Jumlah monitor adalah 4.331 unit, termasuk monitor dari komputer desktop, server dan monitor dari ATM. Maka perkiraan timbulan limbah padat komputer bekas BRI seperti terdapat pada Tabel 16 dan Gambar 9.

Tabel 16. Perkiraan Timbulan Limbah Padat Komputer Bekas yang Dilelang Pada Tahun 2005-2007

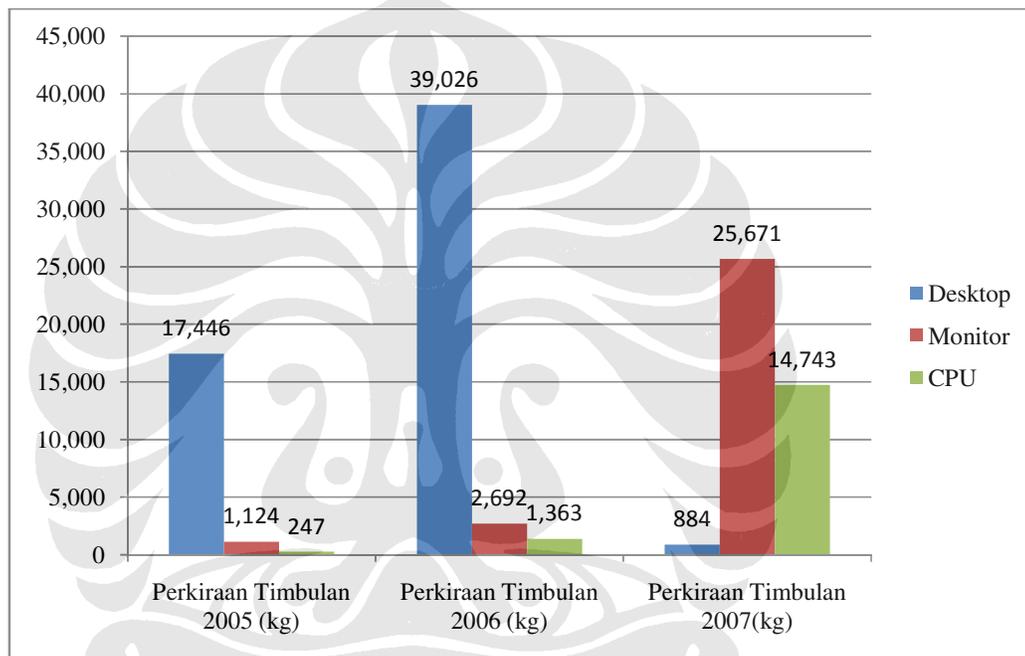
Aset yang dilelang	Tahun 2005		Tahun 2006		Tahun 2007		Total Perkiraan Timbulan Limbah (kg)
	Lelang (unit)	Perkiraan Timbulan (kg)	Lelang (unit)	Perkiraan Timbulan (kg)	Lelang (unit)	Perkiraan Timbulan (kg)	
Desktop	671	17.446	1.501	39.026	34	884	57.356
Monitor	81	1.124	194	2.692	1.850	25.671	29.487
CPU	23	247	127	1.363	1.374	14.743	16.353
Total	775	18.817	1.822	43.081	3.258	41.298	103.195

Dalam waktu 3 tahun, timbulan limbah padat dari komputer desktop saja adalah sebesar 57.356 kg atau 56 ton. Sedangkan timbulan limbah padat dari monitor dan CPU adalah 29 ton dan 16 ton. Maka total timbulan limbah padat dari komputer bekas yang telah dilelang pada tahun 2005 hingga 2007 adalah 103.195 kg atau 103 ton, tidak termasuk CPU server.



Gambar 9. Grafik Komputer Bekas yang Terlelang Tahun 2005 hingga 2007

Data mengenai komputer lelang yang diperoleh hanya dalam kurun waktu 3 tahun dan dari grafik belum dapat terlihat kecenderungan. Memang secara umum ada peningkatan, jumlah monitor dan CPU yang dilelang mengalami peningkatan selama 3 tahun tersebut, tetapi seperti yang terlihat bahwa jumlah komputer desktop yang dilelang pada tahun 2007 turun drastis. BRI tidak memiliki kuota tertentu dalam melelang komputernya setiap tahun, tetapi BRI melelang komputer berdasarkan jumlah unit komputer yang telah rusak. Maka sulit untuk memprediksi lelang komputer asset untuk tahun-tahun mendatang.



Gambar 10. Grafik Perkiraan Timbulan Limbah Komputer Lelang Tahun 2005-2007

Sehubungan tidak adanya data mengenai penggunaan monitor LCD oleh BRI, maka diasumsikan seluruh monitor yang terlelang adalah monitor CRT. Berdasarkan studi literatur maka uraian limbah B3 dari CRT (4.331 unit) dalam monitor dan *motherboard* (3.730 unit) dalam CPU adalah sebagaimana diuraikan dalam Tabel 17.

Tabel 17. Perkiraan B3 dalam Komponen Komputer yang Dilelang Tahun 2005-2007

Bahan Berbahaya dan Beracun dalam Komponen		Jumlah dalam tiap komponen (g)	Timbulan B3 dari komputer yang telah terlelang (g)
CRT	Berilium	0,05	217
	Kadmium	5 - 10	21.655 – 43.310
	Kromium VI	0,20	866
	Timbal	400	1.732.400
Motherboard	Berilium	0,08	298
	Kadmium	0,004	15
	Kromium	0,3	1.119
	Timbal	14,8 – 22,2	55.204-82.806
Keyboard	PVC	37,1	81.842,6
Kabel	PVC	314	692.684

Dari aktivitas lelang komputer bekas selama tahun 2005 hingga 2007, timbulan limbah timbal yang terlepas ke lingkungan dari CRT diperkirakan 1,7 ton sedangkan dari *motherboard* adalah 55 hingga 82 kg. Timbulan limbah kadmium selama tahun 2005 hingga 2007 diperkirakan sekitar 21,6-43kg. Jika tidak ada pengelolaan limbah komputer, maka dampak yang ditimbulkan pada lingkungan dan masyarakat sangat berbahaya. Timbal berbahaya bagi kesehatan manusia dan mempengaruhi sistem syaraf, anak-anak yang paling sensitive terhadap pajanan timbal, bahkan dalam dosis yang sangat rendah. Demian pula halnya dengan cadmium yang bersifat karsinogen, jika pekerja yang melakukan *dismantling* CRT tidak menggunakan masker pelindung khusus, maka debu yang mengandung kadmium dapat masuk ke tubuh manusia melalui inhalasi.

Dengan asumsi berat 1 komputer desktop 26 kg (LCA PC, 1998) dan jumlah komputer terlelang 2.206 unit, maka perkiraan timbulan limbah B3 pada Tabel 18. Dari 2.206 unit komputer yang telah terlelang dapat dipulihkan 909 g emas dan 10.623 g perak.

Tabel 18. Perkiraan Timbulan Limbah B3 dari Komputer yang Dilelang
Tahun 2005-2007

Bahan Kimia	Perkiraan Timbulan limbah B3 (g)	Berat hasil pemulihan (g)	Sisa bahan (g)
Aluminium	8.128.664	6.502.932	1.625.733
Antimon	5.391	0	5.391
Arsen	746	0	746
Barium	18.067	0	18.067
Berilium	9.005	0	9.005
Besi	11.741.461	9.393.169	2.348.292
Bismuth	3.613	0	3.613
Cobalt	9.005	7.654	1.351
Europium	115	0	115
Gallium	746	0	746
Germanium	918	0	918
Indium	918	551	367
Kadmium	5.391	0	5.391
Kromium	3.613	0	3.613
Mangan	18.067	0	18.067
Merkuri	1.262	0	1.262
Nikel	487.698	0	487.698
Niobium	115	0	115
Plastik	13.186.546	2.637.309	10.549.237
Ruthenium	918	734	184
Selenium	918	642	275
Silika	14.270.345	0	14.270.345
Tantalum	9.005	0	9.005
Tembaga	3.974.025	3.576.623	397.403
Timah	578.034	404.624	173.410
Timbal	3.612.740	180.637	3.432.103
Titanium	9.005	0	9.005
Vanadium	115	0	115
Yttrium	115	0	115
Zinc	1.264.470	758.682	505.788

Pada tabel 18, timbal yang terlepas ke lingkungan adalah sekitar 3,6 ton. Jika limbah komputer tidak dikelola dengan baik, maka akan berdampak pada lingkungan dan masyarakat yang tinggal disekitar sumber pencemar.

4.4.2. Komputer milik BRI

BRI tidak lagi menyelenggarakan pengadaan perangkat IT, namun demikian masih terdapat perangkat IT yang menjadi aset, diantaranya komputer seperti terdapat pada Tabel 19.

Tabel 19. Komputer Aset BRI, Tahun Perolehan Aset 1980-2007

Tahun Perolehan Aset	Desktop PC (unit)	Server (unit)	Monitor (unit)	CPU (unit)
1980 – 1989	191	4	4	4
1990 – 1999	7.102	164	133	263
2000 – 2007	18.088	386	60	141
Total	25.381	554	197	408
Total CPU	25.789	unit		
Jumlah Monitor	26.132	unit		
Jumlah <i>Motherboard</i> *)	25.789	unit		

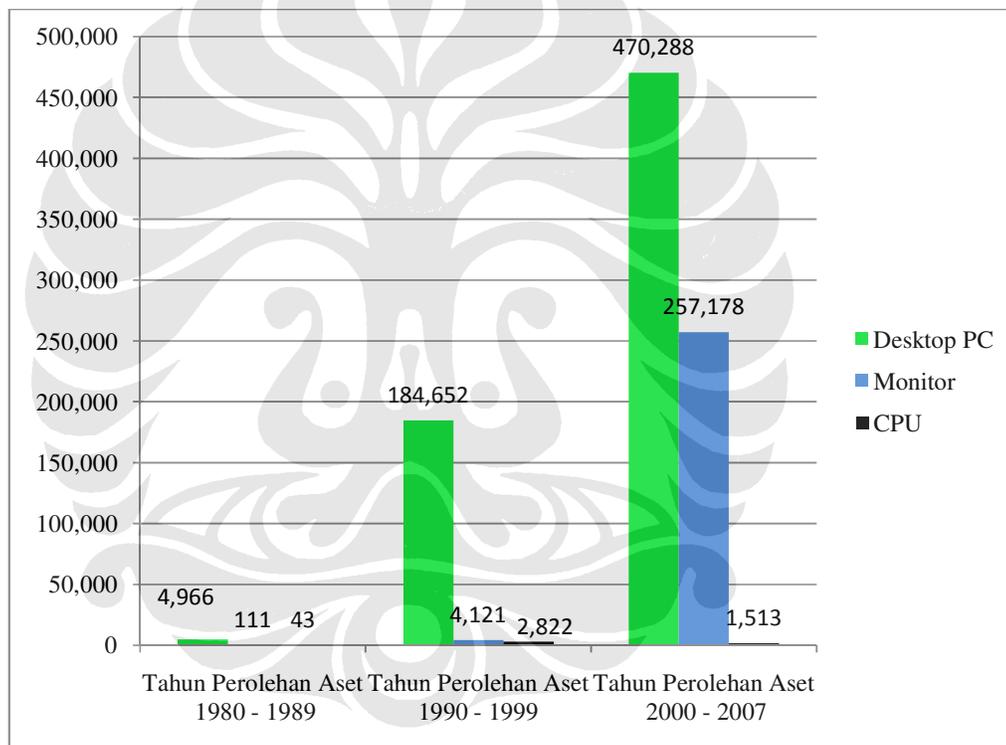
*) *Motherboard* dalam server tidak termasuk, karena ukuran yang berbeda.

Tahun perolehan aset diasumsikan sebagai tahun pembuatan komputer. Pada data aset masih terdaftar 3 unit komputer buatan tahun 70an, tetapi dalam penelitian ini komputer tersebut diabaikan karena adanya kemungkinan ukuran *mainboard* yang terlalu besar, sangat berbeda dengan buatan tahun-tahun sesudahnya. Jika pada saat ini komputer desktop keluaran tahun 1980 masih digunakan di BRI, maka dalam beberapa tahun mendatang belum tentu komponen komputer tersebut masih digunakan karena pada saat inipun sudah tidak lagi kompatibel, sehingga pemanfaatan kembali yang memungkinkan adalah dengan mengekstrak material berharga.

Diperkirakan potensi timbulan limbah padat dari komputer aset BRI seperti yang terdapat pada Tabel 20.

Tabel 20. Potensi Timbulan Limbah Padat dari Komputer Aset BRI
Tahun Perolehan 1980-2007

Komputer BRI (Aset)	Tahun 1980 - 1989		Tahun 1990 - 1999		Tahun 2000 - 2007		Total Potensi Limbah Padat (kg)
	Jumlah (unit)	Potensi Limbah (kg)	Jumlah (unit)	Potensi Limbah (kg)	Jumlah (unit)	Potensi Limbah (kg)	
PC	191	4.966	7.102	184.652	18.088	470.288	659.906
Monitor	8	111	297	4.121	18.534	257.178	261.410
CPU	4	43	263	2.822	141	1.513	4.378
Total	203	5.120	7.662	191.595	36.763	728.979	925.694



Gambar 11. Potensi Timbulan Limbah dari Komputer BRI Berdasarkan Tahun Perolehan Aset 1980-2007

Dari keseluruhan komputer aset yang masih digunakan BRI, tercatat dari tahun perolehan 1980 hingga 2007 diperkirakan potensi timbulan limbah padat komputer pada tahun 2008 adalah sekitar 925,7 ton (tidak termasuk CPU server).

Berdasarkan asumsi *lifespan hardware* adalah 5 tahun, maka diperkirakan timbulan limbah komputer BRI tahun 2008 hingga 2012 seperti terdapat pada Tabel 21.

Tabel 21. Potensi Timbulan Limbah Komputer BRI Tahun 2008-2012

Tahun Lelang	Jumlah Aset (unit)			Potensi Timbulan Limbah (kg)		
	Desktop	Monitor	CPU	Desktop	Monitor	CPU
2008	2.423	123	40	62.998	1.722	440
2009	6.948	159	42	180.648	2.226	462
2010	2.647	22	17	68.822	308	187
2011	1.892	9	1	49.192	126	11
2012	1.227	5	4	31.902	70	44
	25.381	751	408	659.906	10.514	4.488

BRI memang tidak melelang komputer berdasarkan *lifespan*, tetapi jika penggunaan komputer sewa terus meningkat dan menggeser penggunaan komputer aset, maka peneliti membuat perkiraan pada akhir tahun 2008 seluruh komputer aset tahun perolehan 1980-2002 akan dilelang. Jumlah komputer desktop tahun 1980-2002 adalah 10.244 unit, jumlah monitor 433 unit dan jumlah CPU 304 unit, sehingga diperkirakan potensi timbulan limbah pada tahun 2008 adalah 266 ton dari komputer desktop, 6 ton dari monitor dan 3 ton dari CPU. Angka tersebut belum termasuk komputer aset tahun 2003 yang telah habis *lifespan*-nya, yang diperkirakan akan dilelang pada tahun 2008 seperti terdapat pada Tabel 21.

Diperkirakan pada tahun 2009, sesuai dengan jumlah aset komputer tahun 2004 yang terbesar, maka lelang komputer pada tahun tersebut juga mencapai angka tertinggi, kemudian terus mengalami penurunan hingga aset habis dan beralih ke penggunaan komputer sewa seluruhnya pada tahun 2013. Maka diperkirakan potensi timbulan limbah padat komputer bekas pada tahun 2008 adalah 329 ton dari 12.667 komputer desktop, tahun 2009 sebesar 180 ton dari 6.948 unit komputer desktop, tahun 2010 sebesar 68 ton dari 2.647 unit PC, tahun 2011 sebesar 49 ton dari 1892 unit PC, dan pada tahun 2012 sebesar 32 ton dari 1.227 unit PC.

Tabel 22 adalah mengenai potensi timbulan B3 dari komponen komputer aset BRI tahun perolehan 1980-2007.

Tabel 22. Potensi Timbulan B3 dari Komponen Komputer BRI Tahun Perolehan Aset 1980-2007

Bahan Berbahaya dan Beracun Komponen		Jumlah dalam tiap komponen (g)	Potensi timbulan B3 dari komputer BRI (kg)
CRT	Berilium	0,05	1,3
	Kadmium	5 - 10	130,6 – 261,3
	Kromium VI	0,20	5,2
	Timbal	400	10.452
Motherboard	Berilium	0,08	2
	Kadmium	0,004	0,1
	Kromium	0,3	7,7
	Timbal	14,8 - 22,2	381.677-572.516
Keyboard	PVC	37,1	941.635.1
Kabel	PVC	314	7.969.634

Perkiraan potensi timbulan limbah B3 dari 25.381 unit komputer desktop BRI dan asumsi berat komputer 26 kg adalah sebagaimana tercantum dalam Tabel 23.

Tabel 23. Potensi Limbah B3 dari Komputer Desktop Aset BRI Tahun Perolehan
1980-2007

Bahan Kimia	Potensi timbulan limbah B3 (g)	Berat bahan yang hasil pemulihan (g)	Sisa bahan (g)
Aluminium	93.523.858	74.819.086	18.704.772
Antimon	62.031	0	62.031
Arsen	8.579	0	8.579
Barium	207.870	0	207.870
Berilium	103.605	0	103.605
Besi	135.090.677	108.072.542	27.018.135
Bismuth	41.574	0	41.574
Cobalt	103.605	88.064	15.541
Europium	1.320	0	1.320
Gallium	8.579	0	8.579
Germanium	10.558	0	10.558
Indium	10.558	6.335	4.223
Kadmium	62.031	0	62.031
Kromium	41.574	0	41.574
Mangan	207.870	0	207.870
Merkuri	14.518	0	14.518
Nikel	5.611.181	0	5.611.181
Niobium	1.320	0	1.320
Plastik	151.717.009	30.343.402	121.373.607
Ruthenium	10.558	8.447	2.112
Selenium	10.558	7.391	3.168
Silika	164.186.593	0	164.186.593
Tantalum	103.605	0	103.605
Tembaga	45.722.907	41.150.616	4.572.291
Timah	6.650.533	4.655.373	1.995.160
Timbal	41.566.159	2.078.308	39.487.851
Titanium	103.605	0	103.605
Vanadium	1.320	0	1.320
Yttrium	1.320	0	1.320
Zinc	14.548.288	8.728.973	5.819.315

Tidak dapat diperkirakan kapan potensi timbulan limbah komputer akan menjadi limbah, walaupun menggunakan acuan *lifespan* komputer yang hanya 5 tahun. Karena BRI tidak melelang komputer berdasarkan piranti keras yang telah *obsolete*,

tetapi lelang akan dilakukan jika komputer benar-benar sudah rusak dan tidak dapat digunakan sama sekali, selain itu data lelang komputer yang peneliti dapat hanya 3 tahun sehingga sulit untuk melihat tren pelelangan untuk menentukan potensi timbulan per tahun.

Potensi timbulan limbah B3 yang terbesar adalah dari bahan silika, plastik, besi dan aluminum. Potensi timbulan timbal adalah sebesar 41,6 ton dari aset yang masih digunakan. Dalam beberapa tahun kedepan potensi ini akan benar-benar menjadi limbah, karena pada potensi limbah dari aset ini ada yang berasal dari komputer buatan tahun 80an dan 90an. Sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada kemungkinan komputer-komputer tersebut direkondisi untuk diganti beberapa komponennya untuk dimanfaatkan kembali. Maka pemanfaatan kembali untuk jenis komputer-komputer tersebut adalah dengan mengambil bahan berharga dari komponennya. Dari potensi limbah komputer BRI, dapat dipulihkan 10,45 kg emas dan 122 kg perak.

Pada Tabel 22 yang dibuat berdasarkan sumber MCC, tidak tercantum penghambat panas *Brominated flame-retardants* (penghambat panas terbrominasi) yang terdiri dari PBB dan PBDE. Penggunaan senyawa tersebut (baik PBB atau *polybrominated biphenyls* maupun PBDE atau *polybrominated diphenylethers*) baru dilarang pada tahun 2006. BRI hingga tahun tersebut masih melakukan pembelian komputer, maka diasumsikan komputer milik BRI dan komputer yang telah terlelang masih mengandung senyawa tersebut atau senyawa sejenis.

Referensi mengenai kandungan senyawa PBDE dalam komputer desktop masih sangat sedikit. Tetapi senyawa sejenis, yaitu TBBP-A (tetrabromobisphenol), sebagai senyawa pengganti telah diketahui mengandung dioksin tetapi pada tingkat yang lebih rendah dibanding PBDE. Menurut laporan Five Winds International kandungan TBBP-A dalam papan sirkuit (PWB) adalah sebesar 28,6 g atau sejumlah 0,4 kg/m² sebagai pelindung papan sirkuit dari *overheating*. Dari seluruh komputer milik BRI di Indonesia, terdapat 25.789 unit PWB (yang terdapat pada CPU desktop saja, tidak termasuk server). Maka diperkirakan potensi timbulan senyawa penghambat panas TBBP-A 737,56 kg dan timbulan dari komputer yang terlelang adalah 106,6 kg.

4.4.3. Komputer sewa

Komputer sewa bukan merupakan aset BRI tetapi penggunaannya juga dapat mempengaruhi bertambahnya timbulan limbah elektronik, dengan alasan bahwa komputer bukan aset maka perlakuan pengguna terhadap komputer sewa kemungkinan berbeda. Karena jika masa sewa habis atau komputer rusak akan dikembalikan ke vendor dan menjadi tanggung jawab vendor. Jumlah komputer sewa BRI, terhitung hingga bulan Februari 2008 adalah sejumlah 2101 unit. Data mengenai komputer sewa dipisahkan berdasarkan merek, karena sebagai contoh, Lenovo yang telah mengikuti standar RoHS Directives, yang melarang produsen menggunakan B3 tertentu dalam produknya, antara lain: timbal, merkuri, kadmium, kromium dan senyawa penghambat panas PBB dan PBDE.

Tabel 24. Komputer Sewa BRI Tercatat Hingga Tahun 2007

Merek	Tipe	Jumlah (unit)
Acer		9
Acer	Veriton M460	73
Axioo	AXIOO NVE 728	1
HP		2
HP	HP Compaq DC5100	18
HP	HP Pavillion G2068L	4
		2
Lenovo	Lenovo 9278-A47	4
Lenovo	Lenovo Thinkcenter 6331-BCE/A	2
Lenovo	Lenovo Thinkcentre M55e	1.729
Waerness	Premier 7945L2	241
Waerness		16
Total		2.101

Terlepas dari kemungkinan salah penamaan aset, maka jumlah Lenovo Thinkcentre M55e adalah 1733 unit (Tabel 24) termasuk seri 9278* (terlampir sertifikasi Lenovo), yang digunakan sebagai komputer sewa oleh BRI telah memiliki sertifikasi Eco Declaration yang menjamin produk tersebut tidak mengandung timbal, kadmium, merkuri, kromium VI, PBB dan PBDE. Dengan adanya keputusan menggunakan produk tersebut dapat dikatakan bahwa BRI mendukung penggunaan

produk ekolabel dan secara tidak langsung juga mendorong vendor untuk membeli produk yang ekolabel. Peneliti belum menemukan referensi mengenai sertifikasi Lenovo untuk tipe yang lain, maka merek Lenovo tipe yang lain dianggap belum memenuhi persyaratan RoHS Directives

Tabel 25. Potensi Timbulan Limbah B3 dari 2.101 unit Komputer Sewa Tahun 2007

Bahan Kimia	Potensi timbulan limbah B3 (g)	Berat bahan yang hasil pemulihan (g)	Sisa bahan (g)
Aluminium	7.741.761	6.193.408	1.548.352
Antimon	5.135	0	5.135
Arsen	710	0	710
Barium	17.207	0	17.207
Berilium	8.576	0	8.576
Besi	11.182.598	8.946.078	2.236.520
Bismuth	3.441	0	3.441
Cobalt	8.576	7.290	1.286
Europium	109	0	109
Gallium	710	0	710
Germanium	874	0	874
Indium	874	524	350
Kadmium	899	0	899
Kromium	603	0	603
Mangan	17.207	0	17.207
Merkuri	210	0	210
Nikel	464.485	0	464.485
Niobium	109	0	109
Plastik	12.558.900	2.511.780	10.047.120
Ruthenium	874	699	175
Selenium	874	612	262
Silika	13.591.113	0	13.591.113
Tantalum	8.576	0	8.576
Tembaga	3.784.872	3.406.384	378.487
Timah	550.521	385.365	165.156
Timbal	602.669	30.133	572.536
Titanium	8.576	0	8.576
Vanadium	109	0	109
Yttrium	109	0	109
Zinc	1.204.285	722.571	481.714

Secara sadar BRI telah memasukkan kriteria ecolabel pada pemilihan komputer sewa, meskipun demikian masih terdapat sejumlah 368 unit komputer (bukan Lenovo Thinkcentre) yang belum jelas apakah sudah memiliki ecolabel atau tidak, jika tidak maka diperkirakan kandungan B3 dari 2.101 komputer sewa seperti terdapat pada pada Tabel 25. Walaupun Lenovo Thinkcentre tidak mengandung timbal, merkuri, kromium, cadmium, PBB dan PBDE, tetapi tidak dikatakan dalam spesifikasi produk tidak mengandung arsenik, antimon dan bahan lain. Potensi pemulihan emas dan perak dari 2.101 unit komputer sewa adalah 865 g dan 10.118 g.

Dengan beralihnya komputer aset ke komputer sewa, maka diasumsikan *lifespan* komputer sewa di BRI adalah 3 tahun. Setelah 3 tahun jika komputer tidak diperpanjang lagi masa sewanya, tetapi masih ada kemungkinan digunakan oleh pengguna lain baik korporasi lain maupun individu, maka komputer belum dapat disebut sebagai limbah. Untuk mengetahui timbulan limbah dari komputer sewa, peneliti harus menggunakan data laporan kerusakan komputer sewa. Selama waktu penelitian, peneliti tidak mendapatkan data mengenai kerusakan komputer sewa.

Jika selama tahun 2007, jumlah komputer sewa adalah 2.101 unit, terlepas dari apakah BRI memperpanjang masa sewa terhadap komputer tersebut atau tidak, maka diperkirakan potensi timbulan limbah komputer berdasarkan *lifespan* komputer sewa adalah 54.626 kg/tahun, dengan asumsi setiap tahun BRI melakukan lelang komputer dan mengadakan sewa komputer baru.

4.4.4. Potensi timbulan limbah komputer perusahaan perbankan di Indonesia

Potensi timbulan limbah komputer akibat penggunaan suatu perusahaan perbankan besar adalah demikian besar, dan angka tersebut dapat terus bergerak naik. Rasio komputer dan karyawan di BRI adalah 3:4 (termasuk komputer sewa). Rasio komputer dan karyawan di Citibank adalah 1,2:1 (epbees.wordpress.com, 23.08.2007), tidak diketahui spesifikasi komputer (masih ada yang menggunakan keenam B3 yang telah dilarang RoHS atau tidak). Data mengenai jumlah karyawan dari 7 bank adalah: Mandiri, 21.192 karyawan, BI, 5.999 karyawan, BCA, 20.748 karyawan, BNI, 19.471 karyawan, Niaga, 4.995 karyawan, NISP, 3.616 karyawan dan Citibank, 1300 karyawan (bisnis.com, 10.07.2008). Jika

rasio karyawan dan komputer dari 6 bank, kecuali Citibank adalah sama dengan BRI, maka diperkirakan potensi timbulan limbah padat komputer pada tahun 2008 adalah sekitar 2.140 ton (termasuk Citibank) dari sekitar 81.026 unit komputer desktop.

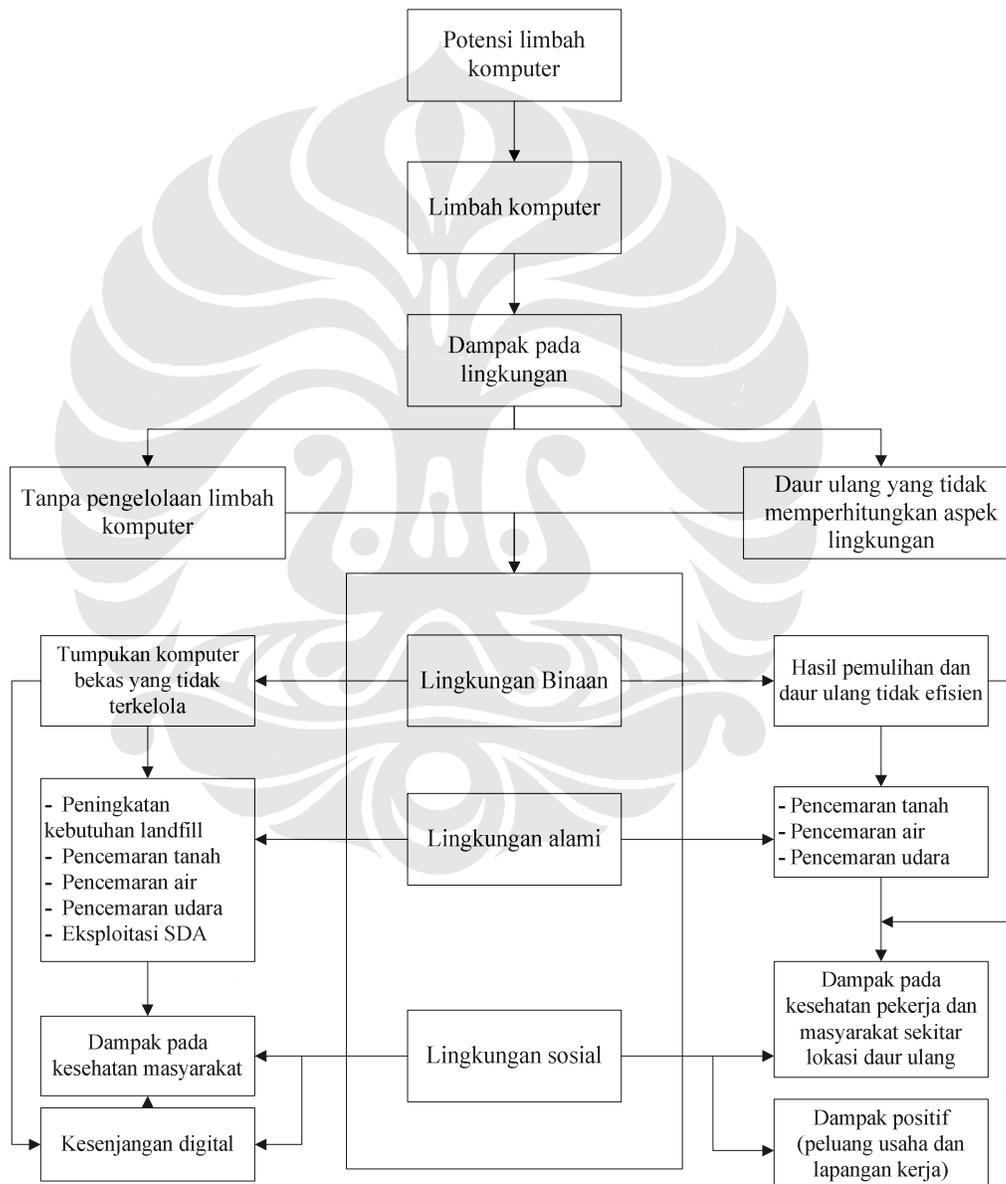
Jika perusahaan lain juga beralih ke penggunaan komputer sewa, sebagaimana yang dilakukan BRI, maka potensi timbulan limbah padat komputer bekas diperkirakan 240 ton per tahun, jika ketujuh bank juga melakukan penambahan sewa komputer setiap tahun. Maka jika tidak ada pengelolaan terhadap limbah komputer hal ini dapat menjadi ancaman serius di masa mendatang.

Gambaran tersebut masih diperhitungkan secara kasar dengan tidak berdasarkan jumlah komputer tiap bank secara pasti, tetapi perhitungan tersebut baru dari 8 bank. Padahal menurut data BI ada 127 bank yang beroperasi di Indonesia. Selain perusahaan perbankan badan usaha yang bergerak di bidang pendidikan dan jasa pelayanan publik lainnya juga banyak menggantungkan operasionalnya pada perangkat IT, seperti perusahaan telekomunikasi dan media. Penelitian ini hanya difokuskan pada penggunaan komputer desktop saja, belum mencakup penggunaan laptop dan perangkat IT lain seperti printer, modem, *portable storage device* (media penyimpanan *portable*), alat pemindai dan lain sebagainya. Sumber limbah elektronik lain seperti tinta printer bekas yang lebih cepat lagi daur hidupnya, dan diperlukan penelitian khusus terhadap produk-produk tersebut. Maka dapat pada lima hingga sepuluh tahun mendatang sudah dapat dipastikan semakin tinggi potensi limbah bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan dari limbah elektronik di Indonesia.

Semua gambaran tersebut baru dilihat dari sisi pengguna korporasi, belum terhitung pengguna individu, yang intensitas penggunaan kemungkinan tidak setinggi pengguna korporasi, tetapi jumlah pengguna individu juga terus bertambah. Hal tersebut dapat terlihat dari semakin banyaknya lokasi yang menyediakan layanan internet nirkabel.

4.4.5. Dampak pada lingkungan

Komputer yang merupakan potensi limbah pada suatu saat akan rusak dan akan menjadi limbah. Limbah komputer yang mengandung B3 akan berdampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dan pengelolaan dengan daur ulang banyak dilakukan di negara-negara berkembang, tetapi tidak memperhatikan aspek lingkungan (Gambar 12).



Gambar 12. Dampak Limbah Komputer Pada Lingkungan

Komputer aset yang masih digunakan adalah potensi limbah. Pada suatu saat jika komputer sama sekali tidak lagi digunakan atau sudah rusak akan menjadi limbah. Dampak pada lingkungan dapat terjadi baik pada saat tidak ada pengelolaan terhadap limbah komputer maupun jika ada pengelolaan yang berupa daur ulang. Daur ulang yang dilakukan di negara-negara berkembang termasuk Indonesia pada umumnya tidak memperhitungkan aspek lingkungan, karena masih bertujuan untuk memulihkan bahan berharga dan tidak ada pengelolaan terhadap residu limbah serta prosesnya dilakukan dengan tidak memperhatikan keamanan dan kesehatan pekerja.

4.4.5.1. Dampak limbah komputer pada lingkungan jika tidak ada pengelolaan

Masalah limbah komputer memberikan dampak negatif baik pada lingkungan buatan, lingkungan alami maupun lingkungan sosial. Pada lingkungan buatan sendiri, terutama bila komputer-komputer yang rusak ditumpuk begitu saja di sudut sebuah ruangan, karena pemiliknya tidak tahu harus melakukan apa terhadap limbah tersebut, maka akan memberikan pemandangan yang sangat tidak bagus dan memberikan energi negatif pada ruangan tersebut karena tumpukan benda tidak berguna yang lama-kelamaan akan tertutup oleh debu dan kotoran. Pada akhirnya akan berimbas pada manusia juga, karena tumpukan limbah komputer akan menjadi sarang nyamuk dan mikroba yang menyebabkan penyakit pernafasan.

Dampak pada lingkungan alami akan terjadi bila limbah komputer tidak dikelola dan ditimbun ditempat sampah, akan terjadi pencemaran terhadap tanah dan permukaan air tanah, karena air lindi dari limbah komputer mengandung bahan berbahaya dan beracun. Emisi gas berbahaya juga dapat ditimbulkan pada saat pembakaran sampah, karena sebagian besar komponen komputer mengandung plastik yang jika terbakar akan mengeluarkan dioksin yang berbahaya bagi lingkungan.

Dampak timbulan komputer yang tidak dikelola secara langsung adalah pada kebutuhan TPA. Mengacu pada Integrated Solid Waste Management (Tchobanoglous, 1993: 379), bahwa 800 lbs limbah padat yang dipadatkan membutuhkan 1 yd³ tempat dalam *landfill* atau sekitar 474,62 kg/m³. Maka potensi timbulan limbah komputer dari aset BRI seluruh Indonesia (925,7 ton), akan membutuhkan tempat pembuangan sekitar 1.950 m³. Komputer bekas BRI yang telah

menjadi limbah (103,2 ton) membutuhkan *landfill* kurang lebih 217 m³. Dengan perkiraan penggunaan komputer yang sama maka potensi limbah komputer dari 10 bank terbesar di Indonesia membutuhkan sekitar 12.065 m³ *landfill*.

Perkiraan tersebut dibuat berdasarkan kepemilikan komputer desktop saja, belum termasuk aksesoris seperti *portable drive*, *portable harddisk*, kabel dari aksesoris, tinta printer dan perangkat IT lainnya. Jika berbagai perangkat IT lain dimasukkan, maka kebutuhan *landfill* akan jauh lebih besar.

Memang tidak seperti limbah domestik yang timbulannya lebih besar, diperkirakan limbah domestik yang dihasilkan oleh penduduk Jakarta per hari adalah 25.687 m³ (PU-net: 2006), tetapi yang perlu menjadi perhatian adalah limbah elektronik tidak sama dengan limbah domestik, karena limbah elektronik mengandung B3. Maka pengelolaan limbah harus mengacu pada pengelolaan limbah B3. Jika ada bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan kembali dan didaur ulang, maka hal ini dapat mengurangi kebutuhan *landfill*, tetapi di sisi lain akan menambah masalah pengelolaan lingkungan pada saat daur ulang dimana akan ada emisi, efluen dan residu limbah padat yang dihasilkan.

Teknologi yang terus berkembang dan penggunaan komputer yang terus meningkat akan menyebabkan produsen terus melakukan produksi komputer baru. Penggunaan bahan mentah dari alam juga akan terus meningkat. Hal ini akan menyebabkan eksploitasi sumber daya alam semakin parah.

Dampak paling besar yaitu pada lingkungan sosial terjadi bilamana limbah komputer yang tidak dikelola dengan baik akan berimbas pada kesehatan manusia. Kalau masyarakat, terutama yang tinggal di daerah tempat pembuangan akhir komputer mengkonsumsi sayur yang ditanam disekitar lahan penimbunan sampah akan rentan terkontaminasi bahan berbahaya dan beracun dari limbah komputer. Sebagaimana terdapat dalam tabel 17 bahwa timbulan limbah timbal yang terlepas ke lingkungan dari CRT adalah sebesar 1,7 ton sedangkan dari *motherboard* adalah sebesar 55 hingga 82 kg. Bila limbah tidak dikelola dengan benar, maka akan berdampak buruk masyarakat yang tinggal disekitar TPA dan mengkonsumsi air tanah di sekitar daerah

tersebut. Karena timbal merusak sistem syaraf dan menyerang sistem peredaran darah dan ginjal.

Jumlah *keyboard* dari komputer yang telah dilelang adalah 2.206 unit dengan kandungan PVC 81,8 kg. Dan plastik dari sampah kabel adalah sekitar 692,7 kg. Pada umumnya pengolahan sampah jenis tersebut adalah dengan pembakaran, sedangkan dalam limbah plastik terutama pada limbah kabel, terdapat juga kandungan senyawa penghambat panas. Maka pada saat proses pembakaran dioksin yang terlepas ke udara akan sangat berbahaya bagi masyarakat di sekitar tempat pembuangan, karena dioksin bersifat karsinogenik yang dapat memicu terbentuknya sel kanker.

Potensi timbulan limbah arsen dari potensi limbah komputer 10 perusahaan perbankan terbesar di Indonesia adalah sekitar 54,8 kg dan tidak dapat dipulihkan. Paparan terhadap arsen dapat menyebabkan menurunnya kemampuan kendali syaraf dan menyebabkan kanker paru-paru. Dalam beberapa kasus dapat arsen bersifat mematikan, seperti yang kita ketahui dimana pelaku pembunuhan terhadap aktivis HAM Munir menggunakan arsenik.

Dampak sosial lain yang secara tidak langsung berimbas pada masyarakat lain yang masih dapat menggunakan komputer bekas. Indonesia adalah negara berkembang yang perkembangan teknologinya masih tertinggal jauh dengan negara lain. Maka jika pengguna komputer yang sering berganti-ganti komputer dan tidak memanfaatkan kembali komputer lamanya, melainkan hanya menumpuknya begitu saja akan menyebabkan kesenjangan digital bagi masyarakat yang kurang mampu. Dengan adanya komputer rekondisi yang menggunakan kembali komponen komputer bekas yang masih layak pakai akan menyediakan pengadaan komputer murah bagi masyarakat tertinggal.

4.4.5.2. Dampak daur ulang limbah komputer pada lingkungan

Menurut Parsons (2006), berdasarkan hasil analisis daur hidup untuk mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan daur ulang limbah PWB, dikatakan bahwa daur ulang limbah papan sirkuit jika dalam skala kecil tidak perlu dilakukan

karena keuntungan yang didapat hanya sekitar 20% hingga 30% dibandingkan dengan menimbun limbah dalam *landfill*. Tetapi hal ini (menimbun papan sirkuit dalam *landfill*) belum tentu bisa diterapkan di Indonesia, karena *landfill* di Indonesia masih dikelola dengan cara penimbunan biasa dan tanpa adanya kontrol terhadap timbulan air lindi. Dan lagi, di Indonesia belum diberlakukan secara sungguh-sungguh pemilahan sampah, walaupun peraturan telah ada, masyarakat masih banyak yang membuang baterai, kabel, *motherboard* bekas dan limbah berbahaya lainnya ke tempat sampah.

Selain masalah utama mengapa penimbunan limbah lebih dianjurkan (berdasarkan tulisan Parsons) dibandingkan dengan daur ulang adalah pada transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil sehingga memberikan dampak negatif pada perubahan iklim. Maka untuk perencanaan pengelolaan limbah elektronik, masalah transportasi ini harus menjadi perhatian dan dicarikan solusi yang tepat.

Daur ulang monitor komputer dilakukan untuk memisahkan CRT dari *housing*-nya. Yang biasanya masih laku dijual kembali adalah CRT yang masih baik kondisinya untuk kemudian dimanufaktur kembali menjadi CRT baru. Tetapi bila CRT telah retak, maka tidak dapat lagi digunakan, tindakan selanjutnya adalah menghancurkan CRT dan dibuang ke *landfill*. Di beberapa negara ada yang menggunakan kembali CRT yang telah dihancurkan untuk menjadi keramik/tegel, tetapi hal ini masih membutuhkan studi lebih jauh mengenai *leaching* timbal.

Dari Tabel 1 dikatakan bahwa setelah ada perlakuan untuk memulihkan bahan, masih ada sisa bahan yang terlepas ke lingkungan dalam jumlah yang cukup besar seiring dengan banyaknya limbah komputer itu sendiri. Contohnya, komputer desktop mengandung hampir 23% plastik dengan efisiensi daur ulang hanya sebesar 20%. Sedangkan plastik pada komputer desktop dilengkapi dengan senyawa penghambat panas yang berbahaya bagi lingkungan maupun pekerja daur ulang karena mengandung dioksin. Setelah pemrosesan pun masih ada 80% residu limbah plastik yang tidak dapat dikelola lagi dan berakhir di tempat pembuangan.

Kebanyakan usaha daur ulang limbah komputer masih difokuskan pada pemulihan bahan berharga seperti emas, perak dan tembaga. Lagipula, dalam prosesnya

memerlukan bahan tambahan sehingga setelah mendapatkan bahan yang diinginkan juga terjadi limbah baru, baik dalam bentuk gas dan efluen. Di negara maju proses daur ulang limbah kebanyakan dilakukan dengan mesin dan untuk proses pemulihan bahan dilakukan di luar negeri oleh vendor dari negara lain, sebagaimana yang dilakukan Swiss (e-wasteguide.com, 2007) karena mereka sendiri sangat sadar akan pajanan bahan berbahaya dan beracun yang disebabkan dari proses daur ulang limbah elektronik.

Beberapa perkiraan dampak pada kesehatan manusia akibat daur ulang limbah komputer yang tidak memperhitungkan aspek lingkungan:

- a. Debu yang terhirup pada saat dilakukan dismantling secara manual, mengandung bahan berbahaya dan beracun. Misalnya ketika melepas frame baja atau melepas kabel pada CRT, maka debu yang mengandung timbal akan terhirup oleh pekerja. Demikian juga yang terjadi pada saat memulihkan bahan berharga dari papan sirkuit, pekerja harus menghancurkan papan sirkuit dengan martil sebelum dilebur untuk diambil perak dan emasnya.
- b. Pekerja yang melakukan *desoldering* untuk memisahkan komponen-komponen pada papan sirkuit, sangat rentan terpajan uap dan asap yang mengandung timbal.
- c. Selain timbal, papan sirkuit masih mengandung B3 lainnya seperti kromium VI dan kadmium, pekerja yang tidak menggunakan pelindung akan mudah terkontaminasi melalui kontak langsung dengan kulit.
- d. Pekerja juga terpapar dengan kebisingan selama proses penghancuran komponen baik secara manual maupun mesin.
- e. Kontaminasi pada air tanah akibat leaching dari tumpukan limbah elektronik yang tidak dikelola di lokasi daur ulang.

Walaupun demikian pengolahan limbah komputer dengan cara daur ulang memberikan keuntungan bagi masyarakat, karena memberikan peluang bisnis dan kesempatan kerja.

Pada saat proses daur ulang digunakan berbagai larutan kimia untuk memulihkan bahan berharga. Efluen yang dihasilkan dari proses tersebut jika tidak dikelola dengan baik akan menyebabkan pencemaran ke badan air dan tanah. Demikian juga

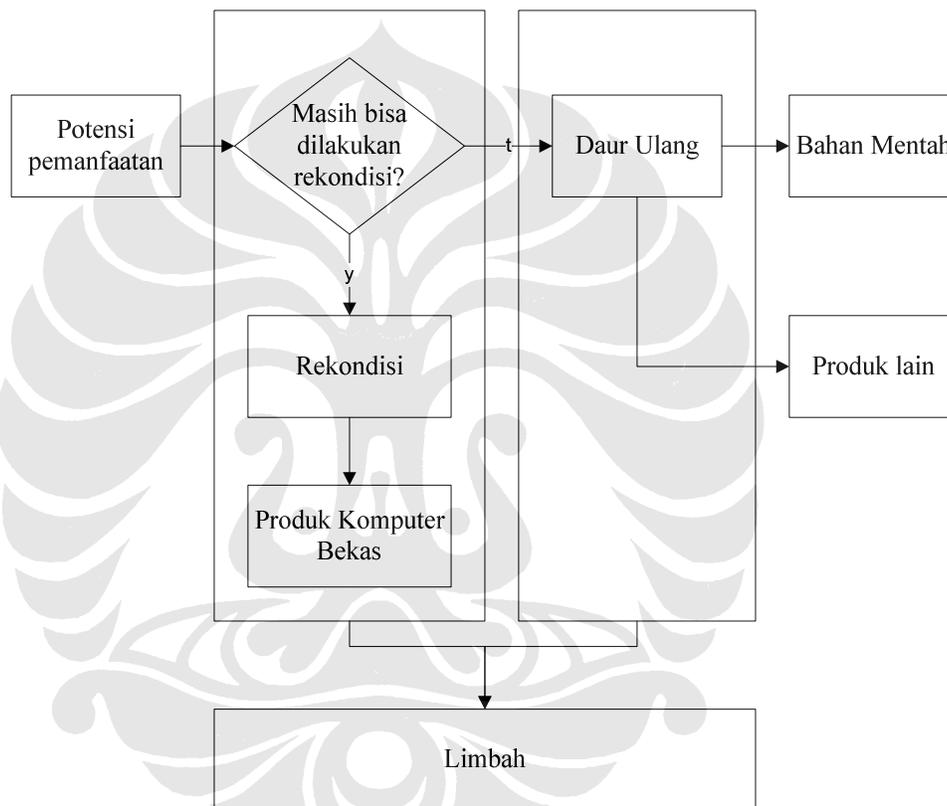
dengan residu limbah yang tidak terkelola jika ditumpuk di tempat terbuka atau ditimbun dalam tanah akan mencemari air dan tanah. Sebagian besar masyarakat masih sering melakukan pembakaran sampah secara *open burning* untuk mengurangi jumlah timbulan, jika hal ini juga dilakukan pada residu limbah komputer yang mengandung B3, maka emisi dari pembakaran dapat mencemari udara sekitar, yang sangat berbahaya jika terhirup oleh masyarakat.

4.5. Kelebihan dan Kekurangan Potensi Pemanfaatan Kembali dan Daur Ulang Limbah Komputer

Sebagaimana diketahui bahwa timbulan limbah komputer dan potensi timbulan limbah dari pengguna korporasi, terutama perusahaan perbankan sangat tinggi. Jika limbah dan potensi limbah tersebut tidak dikelola dengan baik, akan menjadi masalah serius di masa mendatang sehubungan dengan pencemaran lingkungan. Di lain sisi, pengolahan limbah elektronik dengan cara daur ulang berisiko besar bagi pekerjanya dan masyarakat yang tinggal di sekitar tempat daur ulang. Maka dalam sub-bab ini akan dibahas mengenai potensi pemanfaatan kembali limbah komputer serta membuat studi terhadap kendala yang mungkin dihadapi dalam upaya minimisasi limbah.

Sebagai salah satu upaya minimisasi limbah konsep 3R harus dilaksanakan. Berdasarkan data dan hasil wawancara yang diperoleh bahwa BRI masih menggunakan komputer buatan tahun 70an dan 80an adalah merupakan salah satu bentuk penggunaan kembali komputer yang walaupun telah jauh melampaui *life-span hardware* yang hanya 5 tahun. Dan pada saat komputer-komputer tersebut telah rusak sama sekali dan tidak dapat lagi digunakan maka, komputer akan dilelang. Dalam upaya mengurangi timbulan limbah B3, salah satu upaya yang dilakukan BRI adalah dengan menggunakan komputer sewa yang memiliki ecolabel seperti Lenovo. Secara sadar dalam pemilihan komputer sewa yang dilakukan kriteria ramah lingkungan juga dimasukkan. Meskipun demikian, masih ada beberapa komputer sewa yang belum memenuhi kriteria ramah lingkungan. Dan juga bila penggunaan komputer sewa intensitas penggantian komputernya tinggi, maka akan membuat upaya *reduce* dan *reuse* menjadi tidak berguna dan justru malah menambah potensi timbulan limbah baru.

Upaya minimisasi selanjutnya, yaitu daur ulang, tidak mungkin dilakukan oleh BRI, maka melalui proses lelang komputer yang telah rusak dijual kepada masyarakat yang mengumpulkan limbah elektronik. Gambar 13 menunjukkan alur potensi pemanfaatan limbah komputer. Potensi pemanfaatan limbah komputer sebenarnya berlaku untuk umum (limbah komputer korporasi maupun limbah komputer individu) tetapi karena penelitian ini menggunakan data komputer BRI maka komputer BRI akan digunakan sebagai acuan.



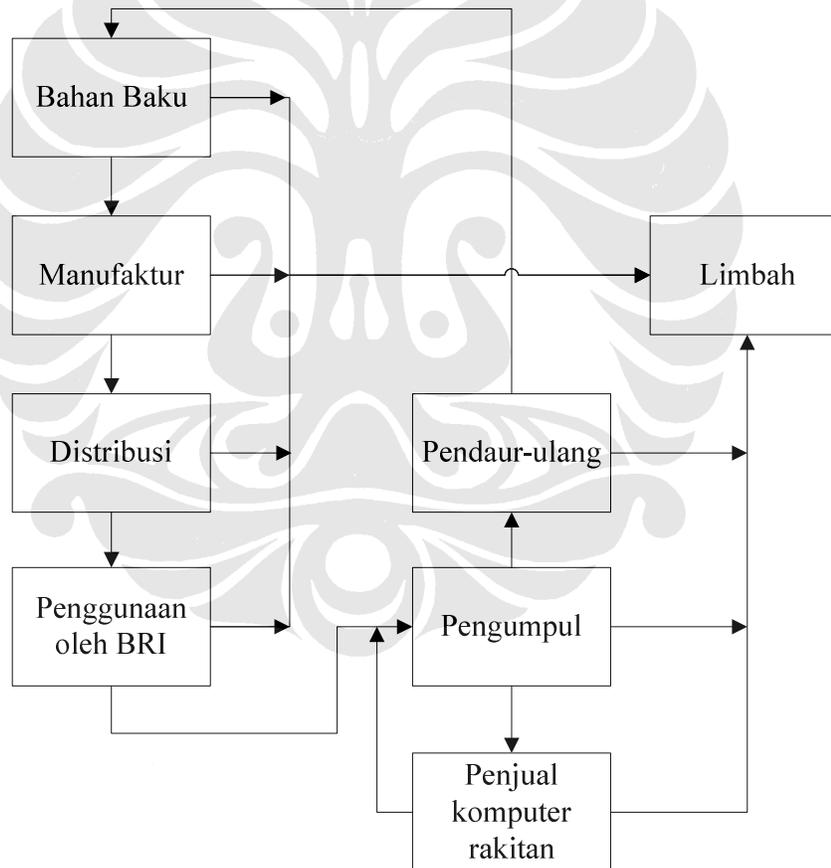
Gambar 13. Potensi Pemanfaatan Kembali dan Daur Ulang Limbah Komputer

Dari limbah komputer, jika ditemukan beberapa komponen yang masih dapat berfungsi, seperti monitor, *mouse*, *card* dan *harddisk*, jika masih dapat berfungsi, maka akan diambil dan diperbaiki untuk kemudian dijual kembali sebagai komponen bekas atau diinstal pada komputer lain dan dijual sebagai komputer rakitan. Jika komponen komputer memang sudah rusak sama sekali, maka akan dilakukan daur ulang terhadap komponen-komponen tertentu untuk diambil bahan berharganya seperti emas, tembaga dan perak. Dalam setiap langkah, mulai dari rekondisi

komponen hingga pengolahan komponen menjadi bahan mentah selalu menghasilkan limbah.

4.5.1. Daur ulang limbah komputer di Indonesia

Di Indonesia sebenarnya terdapat beberapa usaha daur ulang limbah elektronik, tetapi peneliti belum mengetahui apakah usaha daur ulang tersebut sudah memperhatikan kesehatan dan keselamatan pekerja selama proses daur ulang atau tidak, dan apakah sudah melakukan pengelolaan terhadap residu limbah. Maka diperkirakan alur pengelolaan limbah komputer di Indonesia umumnya seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Perkiraan Daur Bahan Komputer BRI

Komputer yang telah rusak dilelang oleh BRI (korporasi di Indonesia pada umumnya) kepada masyarakat setelah melalui pengumuman pelelangan aset.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak BRI, bahwa kriteria suatu komputer akan dilelang adalah komputer telah rusak dan tidak lagi dapat digunakan. Komputer BRI walaupun buatan tahun 70an, tetapi masih bisa dioperasikan akan terus digunakan dan akan dilelang jika komputer tidak lagi dapat dioperasikan. Berdasarkan fakta tersebut, maka diasumsikan bahwa peminat atau pembeli limbah komputer tersebut adalah pengumpul limbah elektronik. Oleh pengumpul selanjutnya akan dilakukan sortir terhadap komponen-komponen yang masih dapat dimanfaatkan kembali dan dijual ke penjual untuk dijual sebagai bagian dari komputer rakitan. Pengumpul bukan hanya mendapatkan limbah komputer dari korporasi yang melakukan lelang saja, tetapi juga dari pihak penjual sendiri. Selanjutnya komponen sisa sortir akan dijual kepada pendaur-ulang.

Demikian pada setiap tahap perjalanan limbah komputer itu pada saat di pengumpul akan ada limbah sisa segregasi. Begitu pula saat tiba di pihak penjual ada kemungkinan komponen yang tidak terpakai dan menjadi limbah. Terlebih lagi pada saat di pendaur-ulang, karena efisiensi daur ulang limbah tidak 100%.

4.5.2. Potensi pemanfaatan kembali komponen dan daur ulang limbah komputer

Keterbatasan data komputer dari BRI, karena hanya berdasarkan jumlah aset saja, tidak termasuk data mengenai spesifikasi komputer, maka asumsi yang dipergunakan adalah komputer yang digunakan di BRI secara umum yang berkaitan dengan ukuran dan komponen komputer sebagaimana yang terdapat dalam Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4. Peneliti tidak melakukan observasi secara langsung terhadap komputer-komputer BRI yang dilelang karena penelitian ini memang tidak bertepatan waktu dengan proses lelang itu sendiri.

Beberapa potensi pemanfaatan kembali limbah komputer, antara lain:

- a. CPU
 - i. Casing/housing, dibersihkan dengan cairan kimia tertentu kemudian digunakan kembali sebagai casing CPU. Ada beberapa pendaur-ulang yang dapat memisahkan besi dan plastik CPU.

ii. *Motherboard.*

Komponen-komponen diatas motherboard seperti *harddisk*, *cards* dan *power supply* diambil terlebih dahulu dan jika masih berfungsi digunakan lagi. Setelah itu dilakukan dismantling terhadap chip-chip (IC prosesor dan ram) diatas motherboard, untuk selanjutnya dilakukan pemulihan emas. Walaupun papan sirkuit masih dapat digunakan kembali (demikian juga dengan papan sirkuit pada CRT) setelah dihilangkan solder timbal dan timah diatasnya, tetapi risiko dan bahaya terhadap pekerja terlalu tinggi, maka sebaiknya tidak dilakukan secara manual untuk itu diperlukan teknologi daur ulang papan sirkuit.

iii. *Harddisk*

a) Digunakan kembali jika masih berfungsi tetapi karena harddisk sangat rentan terhadap guncangan, maka sangat kecil kemungkinan penggunaan kembali harddisk komputer lelang. Jikapun dilakukan dismantling terhadap data *drive*-nya, kemungkinan untuk menyimpan data juga sangat kecil.

b) *Dismantling* plat pelindung data *drive harddisk* yang mengandung aluminum dan dapat dilakukan pemulihan aluminum.

iv. *Card*, jika card (*sound card*, *graphic card*, *network interface card*) masih berfungsi maka dapat dilepas dan dijual kembali sebagai komponen bekas. Pada umumnya pengguna komputer mengatakan bahwa komputernya rusak dan tidak lagi dapat digunakan, sedangkan setelah dicoba setiap komponennya yang rusak adalah umumnya hanya harddisk yang tidak dapat menyimpan data lagi, prosesor yang sangat lambat, atau memori sementara yang tidak lagi dapat membaca data.

v. Modem, jika modem masih dapat berfungsi maka modem dapat digunakan kembali.

vi. DVD/CD/*Floppy drive*, jika *drive* media penyimpanan masih dapat berfungsi dan membaca data, maka dapat didismantling dan dijual kembali.

Referensi mengenai daur ulang *cards*, modem dan *drive* media penyimpanan belum diperoleh peneliti, penanganan yang biasa dilakukan adalah menghancurkan dan menimbun dalam landfill.

- b. Monitor, jika monitor secara utuh masih dapat digunakan, maka dapat dijual kembali sebagai satu set komputer baru dengan CPU rakitan dan *keyboard*. Sedangkan jika monitor tidak lagi dapat digunakan atau hasil display warna tidak bagus dan ketinggalan jaman, maka dilakukan daur ulang terhadap CRTnya dengan cara men-*dismantling* CRT dari monitor komputer secara manual (peneliti belum memperoleh referensi *dismantling* CRT secara mekanik selain karena CRT adalah kaca) dari *housing*-nya. Di negara-negara maju sudah menggunakan mesin dan dilakukan diatas ban berjalan untuk memvacuum debu pada CRT, tidak demikian di negara berkembang. Hal ini sangat berbahaya bagi pekerja karena debu yang mengandung timbal dapat terhirup. Selanjutnya CRT dapat dijual kembali atau digunakan untuk CRT televisi. Berdasarkan studi literatur, beberapa pendaur-ulang di luar negeri ada yang melakukan *dismantling* panelnya saja atau corong CRT saja.
- c. Tembaga yang didapat dari kabel dalam monitor dan keseluruhan komputer dilepaskan atau dicabik dengan menggunakan tang sederhana untuk kemudian dilakukan pemulihan terhadap material tembaga.
- d. *Keyboard*, jika *keyboard* masih dapat berfungsi maka dapat digunakan kembali untuk komputer baru.

Selebihnya, papan sirkuit yang telah diambil emasnya, *keyboard* rusak, *housing* monitor dan kulit kabel diinsinerasi, maka penting bagi pekerja menggunakan masker dan pakaian khusus agar tidak terpajan dioksin. Daur ulang plastik masih sulit untuk dilakukan karena campuran berbagai bahan dan adanya penggunaan senyawa penghambat panas.

Pemanfaatan kembali beberapa komponen komputer yang dilelang oleh korporasi akan dapat menghasilkan komputer-komputer rakitan dari komponen bekas dengan harga murah. Hal ini dapat mengurangi kesenjangan digital bagi masyarakat di daerah yang sulit mendapatkan komputer baru dengan harga tinggi. Tabel 26 adalah

mengenai potensi pemanfaatan kembali berdasarkan data pada Tabel 11, dengan asumsi tidak ada kerusakan parah pada komponen-komponen tersebut.

Komponen yang dapat dimanfaatkan kembali terbanyak terdapat dalam CPU. Dari 25.789 unit CPU yang potensial menjadi limbah sekitar 70% komponennya yang dapat dimanfaatkan kembali, potensinya cukup besar. Peneliti memperkirakan pemanfaatan kembali tanpa mengetahui kondisi komputer lelang yang sebenarnya, melainkan hanya menggunakan asumsi komputer yang paling potensial untuk pemanfaatan kembali adalah komputer buatan tahun 2000 keatas, karena komputer sebelum tahun 2000 memiliki kapasitas *harddisk* dan memori yang kecil dan tidak sesuai untuk penggunaan masa kini. Ada kemungkinan potensi yang sesungguhnya lebih kecil dari 70%, karena BRI melelang komputer yang sudah terlalu rusak. Potensi pemanfaatan kembali yang terbesar adalah pada casing CPU.

Tabel 26. Potensi Pemanfaatan Kembali Komponen Komputer BRI

Komponen	Jumlah (unit)	Keterangan
<i>Casing CPU</i>	25.789	Dari seluruh jumlah desktop PC dan CPU, karena <i>casing</i> hanya berupa rangka, sehingga <i>casing</i> komputer lama masih bisa digunakan kembali
<i>Harddisk</i>	18.229	Terhitung yang dari produk tahun 2000 keatas. Karena diperkirakan kinerja sebagian besar komponen komputer sebelum tahun 2000 sudah sangat lambat dan tidak lagi kompatibel dengan perangkat lunak yang beredar sekarang. Kecuali jika pernah dilakukan <i>up-grade</i> , tetapi untuk mendapat datanya harus ditelusuri satu-persatu melalui unit kerja BRI di seluruh Indonesia, maka hal tersebut tidak akan dibahas dalam penelitian ini.
<i>Cards</i>	18.229	
<i>Motherboard</i>	18.229	
Modem	18.229	
<i>Memory</i>	18.229	
DVD/CD drive	18.229	
Monitor	18.534	Monitor produksi tahun 1990an akhir memang masih bisa digunakan, tetapi untuk monitor awal 1990an masih belum menghasilkan tampilan yang bagus sehingga diasumsikan selama periode 1990an harus didaur-ulang.
CRT	26.132	Seluruh CRT jika dalam kondisi baik masih bisa digunakan kembali sebagai komponen CRT monitor komputer baru maupun CRT TV.
<i>Keyboard</i>	25.381	Seluruh <i>keyboard</i> dari desktop PC yang dilelang masih dapat digunakan kembali

4.5.3. Hasil wawancara dengan responden

Data kualitatif yang diperoleh dari hasil wawancara dengan responden dipisahkan dalam beberapa bagian sesuai dengan pengelompokan responden, yaitu staff BRI, pengumpul, pendaur-ulang dan staff KLH. Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan bersifat terbuka dan berlainan untuk setiap kelompok responden.

4.5.3.1. Staff BRI

Hasil wawancara dengan staff BRI, selain untuk memperoleh data kuantitatif aset komputer, komputer lelang dan komputer sewa, juga untuk memperoleh data kualitatif mengenai pelelangan komputer bekas dan limbah komputer secara umum. Maka dari hasil wawancara disimpulkan bahwa komputer yang dilelang adalah komputer yang telah rusak total dan tidak dapat lagi digunakan oleh BRI, lelang diselenggarakan oleh masing-masing unit kerja. Karena ada pembagian otorisasi wilayah untuk pengelolaan aset, maka komputer bekas milik BRI yang berada dibawah otorisasi divisi logistik kantor pusat BRI, dilakukan oleh divisi logistik pusat. Untuk komputer bekas milik BRI yang berada dibawah kewenangan kantor wilayah akan dilakukan oleh kantor wilayah BRI. Kantor wilayah menyelenggarakan lelang aset bekas semua kantor BRI yang dibawah kewenangannya termasuk kantor cabang, unit BRI dan kantor cabang pembantu. Pengumuman mengenai lelang aset bekas diumumkan melalui radio satu hari sebelumnya. Dalam proses lelang seluruh aset baik furniture, perangkat IT dan perlengkapan kantor lainnya kecuali kendaraan dijual secara kiloan, jadi tidak harga lelang komputer bekas dan tidak dapat diketahui informasi mengenai pembeli komputer bekas BRI. Dan setiap proses pelelangan komputer bekas terjual habis.

Dari hasil wawancara juga diketahui bahwa *polluters pay principle*, yang mewajibkan pengguna komputer membayar untuk mendaur-ulang limbahnya (sebagaimana yang telah diberlakukan di negara-negara maju) masih sulit diterapkan di Indonesia, karena setiap aset yang walaupun telah rusak dan akan dilelang tetap memiliki nilai buku. Hal ini berkaitan dengan kebijakan perusahaan, dan untuk itu diperlukan sosialisasi pemerintah yang berwenang atas masalah limbah elektronik serta adanya peraturan yang dapat mengakomodasi masalah tersebut.

Mengenai limbah komputer secara umum, BRI telah mengetahui dan sadar akan bahaya limbah komputer terhadap lingkungan. Untuk itu dalam pemilihan komputer sewa kriteria eco-label memang dimasukkan, tetapi karena permintaan komputer berasal dari berbagai unit kerja, maka tidak semua komputer sewa memenuhi kriteria eco-label. Adapun peralihan dari pembelian komputer ke penggunaan komputer sewa adalah berdasarkan pertimbangan investasi dan divestasi (kepentingan bisnis).

4.5.3.2. Pengumpul

Hanya ada satu pengumpul yang dapat diketahui keberadaannya oleh peneliti dari vendor komputer (vendor tersebut tidak melakukan jual-beli komponen maupun komputer bekas), tetapi pengumpul tidak bersedia menjadi responden. Menurut keterangan vendor, pengumpul tersebut memang mengumpulkan/membeli komputer maupun komponen bekas yang telah rusak dari toko-toko elektronik.

4.5.3.3. Pendaaur-ulang

Responden berada di kota yang berbeda, yakni Jogja, Bekasi, Salatiga dan Jakarta. Menurut responden di Jakarta daur ulang hanyalah bisnis sampingan dan lokasi daur ulang berada di Tasik Malaya. Pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner bersifat terbuka. Tidak semua jawaban responden disertakan dalam Tabel 27 karena seluruh responden tidak menjawab seluruh pertanyaan dalam kuesioner.

Mutu logam hasil pemulihan dari limbah elektronik dihargai sama dengan logam dari hasil pertambangan, sehingga memudahkan pendaaur-ulang untuk memasarkan kembali produknya. Salah satu responden pernah mencoba mengekstrak perak dari papan sirkuit, tetapi tidak menjelaskan berapa banyak perak yang dihasilkan. Di lingkungan responden banyak pendaaur-ulang limbah elektronik yang melakukan pemulihan perak dan menjual hasilnya ke pengolah perak di satu kota terkenal di Jawa Tengah dengan harga Rp. 5.000/g dengan mutu yang sama dengan perak hasil pertambangan.

Tabel 27. Hasil Wawancara dengan Responden Pendaur-ulang

Masalah	Jumlah responden yang menjawab			Keterangan
	Ya	Tidak	Tidak menjawab	
Sulit atau tidak memperoleh limbah komputer	4	-		Satu responden bergantung pada pengumpul dan 1 responden lain mengatakan lebih mudah memperoleh pada saat impor limbah elektronik diperbolehkan.
Sulit memperoleh limbah komputer korporasi	3	-	1	Satu responden mengatakan tidak tahu mengenai lelang aset korporasi
Ada kendala dalam bisnis daur ulang limbah komputer	3	-	1	Tiga responden mengatakan biaya operasional tinggi dan banyak saingan dalam bisnis. Satu responden mengatakan karena sulit mendapat limbah komputer
Memperoleh limbah komputer dari pengumpul	3	-	1	
Memperoleh limbah komputer dari sumber lain	3	-	1	Ketiga responden mengatakan lebih sulit memperoleh limbah dari sumber lain
Mudah dalam memasarkan produk hasil pemulihan	3	1		Responden tidak mengatakan alasan kesulitan memasarkan produk.
Proses daur ulang dilakukan secara manual	3	-	1	
Pekerja daur ulang tidak mengenakan perlengkapan keamanan	3	-	1	Satu responden mengatakan tidak mengenakan perlengkapan khusus karena terbiasa dengan pekerjaan sebelumnya di pabrik ban.
Mengetahui mengenai kandungan B3 dalam limbah komputer dan bahayanya	4	-	-	

Satu dari empat responden mengatakan lebih mudah mendapatkan limbah komputer pada saat impor limbah elektronik diperbolehkan. Jika pada kenyataan lebih banyak lagi pendaur-ulang yang setuju dengan keadaan pada saat impor limbah diperbolehkan, maka dikhawatirkan dapat terjadi aktivitas ekspor-impor limbah secara ilegal. Karena sejak tahun 2005 pemerintah telah meratifikasi perjanjian Basel Amandement mengenai pelarangan lintas batas limbah B3 antar negara.

Penelitian ini tidak secara detil membahas mengenai teknis daur ulang untuk pemulihan bahan berharga. Namun demikian ada beberapa penanganan terhadap komponen limbah komputer yang diperoleh dari keterangan 2 orang responden, demikian pula mengenai nilai jual beli komponen limbah komputer adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 28.

Tabel 28. Nilai Ekonomis Dalam Limbah Komputer

Komponen Komputer	Harga beli (Rp)	Harga jual (Rp)	Perlakuan terhadap limbah
Monitor CRT rusak atau mati total ukuran 14” hingga 21”	Rp. 40.000- Rp. 125.000/monitor	Tidak disebutkan	Diambil tabungnya kemudian diekspor ke China. Mesin dan casing dibuang atau dijual kembali.
Casing CPU	Tidak disebutkan	Rp. 1.500/ kg besi Rp. 500/ kg plastik keras	Tidak disebutkan bagaimana cara memisahkan besi dari plastik.
Harddisk rusak	Rp. 5.000/HD	Rp. 12.000/kg aluminium	Tidak dikatakan bagaimana melebur aluminium dalam plat pelindung harddisk.
Prosesor 485	Rp. 18.000/ motherboard	Tidak disebutkan	IC diambil, kemudian dihancurkan sampai jadi bubuk dan dimasukkan kedalam suatu larutan kimia, diambil serbuk emasnya. Dari 1-4 motherboard dapat dihasilkan 1 g emas murni.
Prosesor Pentium I	Rp. 12.000 / motherboard	Tidak disebutkan	

Walaupun satu responden mengatakan mengenai harga jual besi dan plastik keras dari casing CPU bekas, tetapi responden tidak mengatakan bagaimana proses pemisahan besi dari plastik. Casing CPU, sebagaimana juga casing monitor mengandung senyawa penghambat panas dalam jumlah yang cukup besar (peneliti tidak menemukan referensi yang mengatakan jumlahnya secara pasti), maka diluar negeri perlakuan terhadap casing monitor adalah menghancurkannya untuk selanjutnya diinsinerasi. Jika demikian ada risiko yang dihadapi pendaur-ulang

casing CPU di Indonesia terhadap pajanan dioksin, untuk itu diperlukan studi lebih lanjut mengenai upaya daur ulang plastik dari komponen komputer.

Dari hasil wawancara dengan responden, dikatakan bahwa ada kegiatan mengekspor tabung CRT bekas ke China. Beberapa tahun belakangan ini banyak ditemukan di pasaran Indonesia televisi buatan China yang berharga jauh lebih murah daripada televisi buatan Jepang dan Eropa. Dari berbagai media banyak berita yang beredar bahwa televisi buatan China menggunakan komponen bekas, yang kemungkinan juga menggunakan komponen bekas dari Indonesia. Dalam hal ini dapat terjadi kemungkinan pelanggaran lintas batas B3 antar negara. Walaupun oleh pendaur-ulang dan manufaktur televisi bekas, CRT bekas yang telah rusak adalah komponen dan masih dapat dimanfaatkan, tetapi pada tahun-tahun mendatang CRT tersebut akan menjadi limbah yang berbahaya yang akan berakhir di negara konsumen tv dari komponen bekas. Untuk itu diperlukan pengawasan terhadap lintas batas limbah CRT seperti ini. Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan PPRI No. 47/2005 tentang Pengesahan Amandemen atas Konvensi Basel tentang Pengawasan Perpindahan Lintas Batas Limbah Berbahaya dan Pembuangannya, tetapi dalam pengawasannya masih terbentur masalah terminologi dan adanya ketidak-sepakatan berbagai pihak mengenai limbah elektronik.

4.5.3.4. Staff KLH

Peneliti mewawancarai staf KLH untuk mengetahui mengenai sejauh mana campur tangan pemerintah dan adakah peraturan terhadap daur ulang limbah elektronik atau pengelolaan limbah elektronik pada umumnya. Dari hasil wawancara diperoleh keterangan bahwa Indonesia memang belum mempunyai peraturan mengenai limbah elektronik, karena diperlukan kesepakatan dan kesamaan berbagai pihak untuk menetapkan peraturan. Yang terutama karena terbentur masalah terminologi limbah elektronik itu sendiri. Sesuai dengan UU Pengelolaan Lingkungan Hidup no 23/1997 komputer bekas yang tidak lagi digunakan adalah limbah komputer, tetapi menurut pihak lain yang memandang bahwa komputer bekas walaupun tidak lagi dapat difungsikan adalah produk bekas yang masih dapat menghasilkan uang.

Mengenai masalah daur ulang limbah di Indonesia, pemerintah memang belum dapat melakukan pengaturan maupun pengawasan terhadapnya, karena belum cukup data dan studi mengenai aktivitas daur ulang limbah elektronik. Tetapi untuk sementara ini seharusnya pengusaha bisa merujuk pada peraturan mengenai pengelolaan limbah B3 dan untuk itu memang diperlukan sosialisasi.

4.5.4. Kendala dalam upaya minimisasi limbah komputer

Berdasarkan studi literatur dan wawancara dengan responden maka peneliti menggolongkan kendala dalam upaya minimisasi limbah komputer menjadi 2 kelompok yaitu:

- a. Berkaitan dengan masalah teknis kegiatan daur ulang limbah komputer.
Masalah teknis dalam kegiatan daur ulang limbah komputer adalah masalah pencemaran lingkungan dan risiko bahaya pada pekerja daur ulang dan masyarakat.
- b. Berkaitan dengan aktor-aktor yang terlibat.
Aktor-aktor yang terlibat yang dimaksudkan peneliti adalah pengguna komputer korporasi, pengumpul, pendaur-ulang serta pembuat peraturan dalam hal ini pemerintah.

4.5.4.1. Kendala yang berkaitan dengan teknis daur ulang

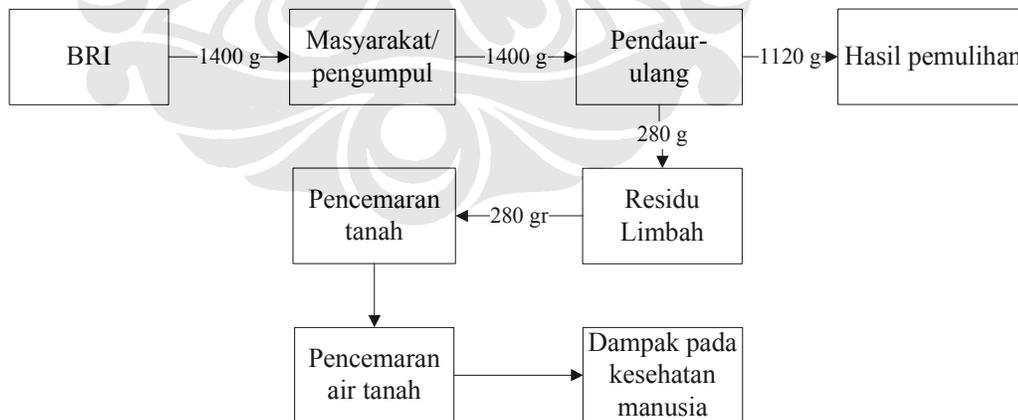
Kendala yang berkaitan dengan teknis daur ulang adalah adanya pencemaran lingkungan yang ditimbulkan karena kegiatan daur ulang yang tidak dilakukan dengan benar, yang mana pada akhirnya akan berimbas pada pekerja dan masyarakat. Di luar negeri proses *dismantling* dan pembersihan komponen dilakukan secara mekanik, tetapi dari tiga responden yang diwawancarai oleh peneliti masih melakukannya secara manual dan tidak ada pelindung yang dikenakan selama kegiatan. Kontak langsung antara kulit manusia dengan limbah sudah dianggap biasa, dan asap serta debu yang dihasilkan juga terhirup begitu saja oleh pekerja.

Pendaur-ulang tidak mempedulikan dampak negatif daur ulang limbah terhadap pekerja, karena yang menjadi perhatian utama dalam daur ulang limbah hanya usaha untuk memulihkan material dari komponen komputer tanpa memperhatikan dampak

pencemaran lingkungan akibat kegiatan daur ulang dan residu limbah. Sebagai contoh berikut adalah mengenai pemulihan aluminum dari *harddisk*.

Dalam Tabel 1 dikatakan efisiensi daur ulang aluminum adalah 80%. Dalam Tabel 2, tertera berat sebuah *harddisk* adalah 410 g dan terdiri dari 60 *grcover* yang terbuat dari aluminum, 205 g *casing* campuran aluminum, dan 85 g plat *harddisk* yang terbuat dari campuran aluminum. Maka berat *harddisk* yang mengandung aluminum adalah 350 g (masih ada campuran logam lain) dan berdasarkan efisiensi daur ulang dari sebuah *harddisk* diperoleh tidak lebih dari 280 g aluminum. Untuk memperoleh 1 kg aluminum diperlukan 4 atau 5 *harddisk*. Dikatakan bahwa *harddisk* yang dibeli seharga Rp. 5.000/HD dan dijual kembali seharga Rp. 12.000/kg aluminum. Harga tersebut terlalu mahal bila harus dikeluarkan pendaaur-ulang untuk memperoleh limbah dan dijual kembali dengan keuntungan yang tidak begitu besar dibandingkan dengan risiko yang harus ditanggung pekerja daur ulang.

Pada Gambar 15 diuraikan jika pendaaur-ulang membeli (dari BRI maupun pengumpul) 4 *harddisk* untuk dipulihkan aluminumnya, maka dengan efisiensi 80% aluminum yang dapat dipulihkan hanya sekitar 1.120 g (campuran dengan logam lain). Sisa sebanyak kurang lebih 280 g akan terbuang, untuk itu diperlukan teknologi daur ulang yang efisien dan pengelolaan residu limbah yang terkontrol.



Gambar 15. Efisiensi Pemulihan Aluminum dari 4 *Harddisk*

Residu limbah yang tidak dikelola lebih lanjut dan dibuang ke tempat sampah, ditimbun atau ditumpuk begitu saja, maka *leaching* aluminum pada tanah dan air

tanah dapat terjadi. Pada saat aluminum leaching ke dalam air tanah, ada kemungkinan konsentrasinya berkurang. Walaupun demikian, daur ulang *harddisk* tidak hanya terjadi sekali tetapi secara kontinu, maka jika masyarakat sekitar mengkonsumsi air tanah, maka risiko yang ditimbulkan akan sangat tinggi. Tubuh manusia dapat mentolerir aluminum sebanyak 7 g/hari tanpa ada efek yang membahayakan kesehatan (www.hc-sc.gc.ca), tetapi jika yang masuk ke tubuh manusia melebihi jumlah tersebut dan secara intensif, maka dapat menimbulkan berbagai macam penyakit yang menyerang sistem syaraf. Bahkan banyak ilmuwan yang mencurigai adanya keterkaitan antara banyaknya kadar aluminum dalam tubuh manusia dengan penyakit alzheimer dan Parkinson.

Berdasarkan distribusi pengolahan monitor CRT dari Tabel 5, maka dari potensi limbah monitor CRT BRI yang berjumlah 26.132 unit persentase pengolahannya seperti terdapat pada Tabel 29.

Tabel 29. Perkiraan Distribusi Pengolahan Potensi Limbah Monitor CRT BRI

Pengolahan	Persentase	Berat (kg)	Perkiraan prioritas pengolahan limbah CRT di Indonesia		Prioritas pengolahan limbah CRT yang diharapkan
Insinerasi	15%	54.877	-	-	4
Daur ulang	11%	40.243	2	12%	2
Remanufaktur	3%	10.975	1	48%	1
Landfill B3	46%	168.290	-	-	3
Solid waste landfill	25%	91.462	3	-	-

Dari hasil wawancara diketahui ada *dismantling* CRT untuk digunakan kembali, maka persentase remanufaktur di Indonesia akan lebih besar dari 3%. Dari Tabel 4, berat tabung sinar katoda termasuk panel, funnel dan frame kurang lebih 6,65 kg atau 48% berat monitor CRT 15". Dengan demikian diperkirakan persentase CRT (dari potensi limbah monitor CRT BRI) yang dapat diolah untuk remanufaktur di Indonesia adalah sekitar 48% atau 175.607 kg dan komponen yang dapat didaur-ulang adalah 12% atau 43.902 kg dari kabel dan papan sirkuit. Maka sisa 40% atau

143.339 kg sebagian besar adalah PVC yang mengandung senyawa penghambat panas. Jika responden pendaur-ulang mengatakan dapat memisahkan plastik keras dari besi pada *casing* CPU, maka kemungkinan perlakuan yang sama juga dapat diterapkan pada *casing* CRT. Tetapi hal ini memerlukan penelitian lebih jauh karena bahaya yang dapat ditimbulkan jika proses tidak dilakukan dengan memperhatikan kesehatan pekerja, selain itu kandungan besi dalam casing CRT berbeda dari *casing* CPU. Dibutuhkan teknologi untuk mengurangi kontak langsung pajanan B3 pada manusia.

Dari tabel 29, diperkirakan pengolahan limbah monitor CRT di Indonesia sebagian besar masih melakukan pemanfaatan pada tabung untuk diremanufaktur menjadi monitor CRT baru atau televisi. Kabel dalam tabung CRT didaur-ulang untuk diambil tembagaanya dan residu limbah dibuang ke *landfill*. Insinerasi dan *landfill* B3 diperkirakan belum dimanfaatkan, karena kendala biaya.

Diharapkan di masa mendatang pengolahan limbah monitor CRT dan juga limbah komputer akan menempatkan remanufaktur sebagai prioritas utama, selanjutnya daur ulang. *Landfill* B3 dan insinerasi adalah pilihan terakhir untuk pengelolaan residu limbah. Penggunaan insinerator adalah pilihan paling akhir, selain biaya operasional tinggi karena penggunaan energi yang cukup besar untuk menghasilkan temperatur pembakaran optimum, juga masalah lain berupa pencemaran udara.

Kendala yang berkaitan dengan teknis daur ulang adalah belum digunakannya teknologi untuk proses daur ulang dan pengelolaan terhadap residu limbah. Selain itu standar keamanan bagi pekerja juga belum diperhatikan, hal ini dapat berdampak pada sosial ekonomi pengusaha maupun pekerja, jika pajanan B3 yang terus-menerus akan menyebabkan pekerja menjadi sakit atau bahkan meninggal.

4.5.4.2. Kendala yang berkaitan dengan aktor-aktor yang terlibat

Kendala teknis lebih banyak berkaitan dengan belum adanya teknologi daur ulang yang digunakan oleh reponden dan tidak adanya pengelolaan lebih jauh terhadap residu limbah. Sedangkan kendala koordinasi adalah karena adanya kesenjangan antar aktor yang terlibat dan belum adanya kesepakatan dan kesamaan persepsi.

Berdasarkan wawancara kepada responden berikut pada Tabel 30 adalah identifikasi masalah yang terjadi dalam upaya minimisasi limbah komputer

Tabel 30. Masalah Dalam Upaya Minimisasi Limbah Komputer

Masalah	Penyebab
Potensi pemanfaatan kembali limbah komputer tidak terlalu banyak menghasilkan komponen yang bisa direkondisi, kecuali <i>casing CPU</i> dan <i>keyboard</i>	Komputer yang dilelang adalah komputer yang telah rusak total.
Sulit memperoleh limbah, karena: a. Banyak saingan dalam bisnis pengolahan limbah elektronik b. Tidak tahu mengenai pelelangan komputer oleh korporasi	a. Kurang tanggap melihat peluang b. Kurangnya ketersediaan informasi c. Terlalu sempit jarak waktu pengumuman lelang dengan proses lelang
Permintaan tinggi tapi ketersediaan produk rendah (pemasaran tidak sulit karena permintaan bahan baku cukup tinggi)	Kesulitan memperoleh limbah
Biaya operasional tinggi, karena hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan biaya yang harus dikeluarkan pendaur-ulang	Kurangnya perhatian dan kesadaran dari masyarakat tentang masalah limbah elektronik. Karena pengguna komputer justru menjual limbahnya. Seharusnya penghasil limbah membayar biaya daur ulang limbah sebagai tanggung jawab pada lingkungan.
Komputer bekas walaupun rusak tetap harus dijual, tidak bisa diberikan begitu saja kepada pengumpul, terlebih lagi jika harus membayar untuk daur ulang.	a. Walaupun komputer telah rusak total tetapi masih memiliki nilai buku b. Kebijakan manajemen c. Tidak ada peraturan dari pemerintah
Belum ada peraturan dan pengawasan terhadap daur ulang limbah	a. Belum ada kesepakatan mengenai terminologi limbah elektronik sehingga menyulitkan pemerintah untuk menetapkan peraturan b. Belum ada studi mengenai usaha daur ulang limbah di Indonesia dan dampaknya terhadap lingkungan

Maka dapat diidentifikasi kendala-kendala dalam upaya minimisasi limbah komputer:

- a. Teknologi daur ulang
- b. Tidak ada peraturan dan pengawasan
- c. Tidak ada koordinasi
- d. Biaya operasional tinggi

Penggunaan teknologi daur ulang limbah komputer sudah banyak diterapkan di negara-negara maju, tetapi masih jadi kendala tersendiri jika diterapkan di Indonesia, terutama berkaitan dengan masalah biaya. Di Eropa dan Amerika, pengguna komputer pada saat membeli komputer juga membayar biaya daur ulang produk pada saat EOL dan berkewajiban mengembalikan produk yang telah menjadi limbah ke produsen untuk didaur-ulang atau yang biasa dikenal dengan Extended Producer Responsibility (EPR). Di Indonesia hal tersebut masih sulit untuk diterapkan, karena adanya aktivitas *up-grade hardware* dan penggunaan komputer rakitan. Produsen akan sulit untuk bertanggung-jawab terhadap limbah komputer tersebut karena variasi produk yang digunakan dalam satu unit komputer. Untuk masa mendatang hal ini harus menjadi perhatian untuk penetapan kebijakan di Indonesia agar produsen dapat melakukan *take-back* terhadap produk manufakturnya yang telah tidak terpakai.

Sesuai Gambar 1 bahwa prioritas utama pengelolaan limbah B3 adalah pada sumber, yaitu produsen. Lingkup penelitian ini tidak mencakup produsen, BRI atau korporasi lain sebagai konsumen dapat melakukan tekanan dengan memilih produk-produk ekolabel untuk memaksa produsen memproduksi produk yang tidak menggunakan bahan-bahan yang berbahaya.

Sudah seharusnya prinsip *polluters pay* diterapkan dalam pengelolaan limbah komputer, terlebih limbah komputer mengandung B3. Jika limbah masih memiliki nilai atau masih dapat dijual oleh penghasil limbah, maka motivasi untuk membeli barang baru masih cukup tinggi. Sebaliknya, jika penghasil limbah harus membayar kepada pengelola limbah, maka ada konsumen akan cenderung untuk mempertahankan penggunaan produk lebih lama. Selain itu, konsep *waste exchange* juga dapat diterapkan untuk mengakomodasi kebutuhan antara pengumpul dan pendaur-ulang limbah komputer, bahkan produsen. Komponen limbah komputer yang tidak dapat digunakan untuk perakitan komputer bekas masih dapat dimanfaatkan oleh pendaur-ulang limbah. Kemudian hasil pemulihan bahan dapat dimanfaatkan kembali oleh produsen komputer.

Dengan adanya berbagai kendala dalam pemanfaatan kembali dan daur ulang limbah komputer, peneliti membuat identifikasi kelebihan dan kekurangan dalam Tabel 31.

Tabel 31. Kelebihan dan Kekurangan Pemanfaatan Kembali dan Daur Ulang Limbah Komputer

	Kelebihan	Kekurangan	Alternatif Solusi
1	Mengurangi timbulan limbah komputer	Tidak 100% efisien, residu limbah masih cukup tinggi dan berbahaya bagi lingkungan	Teknologi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan
2	Memberikan peluang usaha dan keuntungan ekonomis	Upaya daur ulang limbah komputer masih terfokus pada upaya memperoleh keuntungan dari pemulihan bahan berharga, sehingga aspek lingkungan belum diperhatikan	Diperlukan peraturan dan pengawasan mengenai pengelolaan limbah elektronik
3	Memberikan lapangan pekerjaan	Berbahaya bagi kesehatan pekerja	Minimisasi dampak bagi pekerja dengan mengharuskan pekerja menggunakan alat pelindung dan pelaksanaan serta pengawasan peraturan keselamatan kerja
4	Menyediakan komputer baru dari komponen bekas dengan harga lebih murah	Teknologi sudah tertinggal	Distribusi kepada pengguna pemula, seperti sekolah dan instansi yang memerlukan komputer hanya untuk mengarsip dan menggunakan aplikasi sederhana

4.5.5. Usulan bagi pengelolaan limbah komputer

Berbagai kendala dan tidak adanya peraturan mengenai pengelolaan limbah elektronik di Indonesia seharusnya sudah menjadi perhatian dan segera diakomodasi dalam bentuk peraturan dan pengawasan. Tetapi hal ini masih terbentur dengan masalah terminologi mengenai limbah elektronik itu sendiri. Sebagaimana di negara-negara maju, istilah ini juga masih diperdebatkan. Bahwa menurut peraturan Uni Eropa bahwa produk elektronik yang tidak lagi digunakan dan mendekati EOL (*end-of-life*) adalah limbah (*waste*) tetapi menurut pengusaha adalah produk bekas atau produk sisa (*scrap*).

Sesuai dengan hasil wawancara dengan pihak KLH bahwa segala bentuk usaha atau kegiatan yang menghasilkan limbah dapat mengacu pada undang-undang pengelolaan lingkungan hidup no.23 tahun 1997, dan mengenai pengelolaan limbah elektronik yang berkaitan dengan B3 maka dapat mengacu pada PP tentang pengelolaan B3 no. 85 tahun 1999. Tetapi untuk menetapkan peraturan mengenai pengelolaan limbah elektronik diperlukan keterkaitan dan kesepahaman berbagai pihak dari pemerintah, seperti departemen perdagangan, industri, kesehatan, informatika dan kementerian lingkungan hidup.

Kendala lain yang dihadapi untuk menetapkan kebijakan adalah belum ada studi mengenai usaha daur ulang limbah elektronik di Indonesia. Sehingga belum ada data yang dijadikan acuan untuk membuat usulan kebijakan yang tepat.

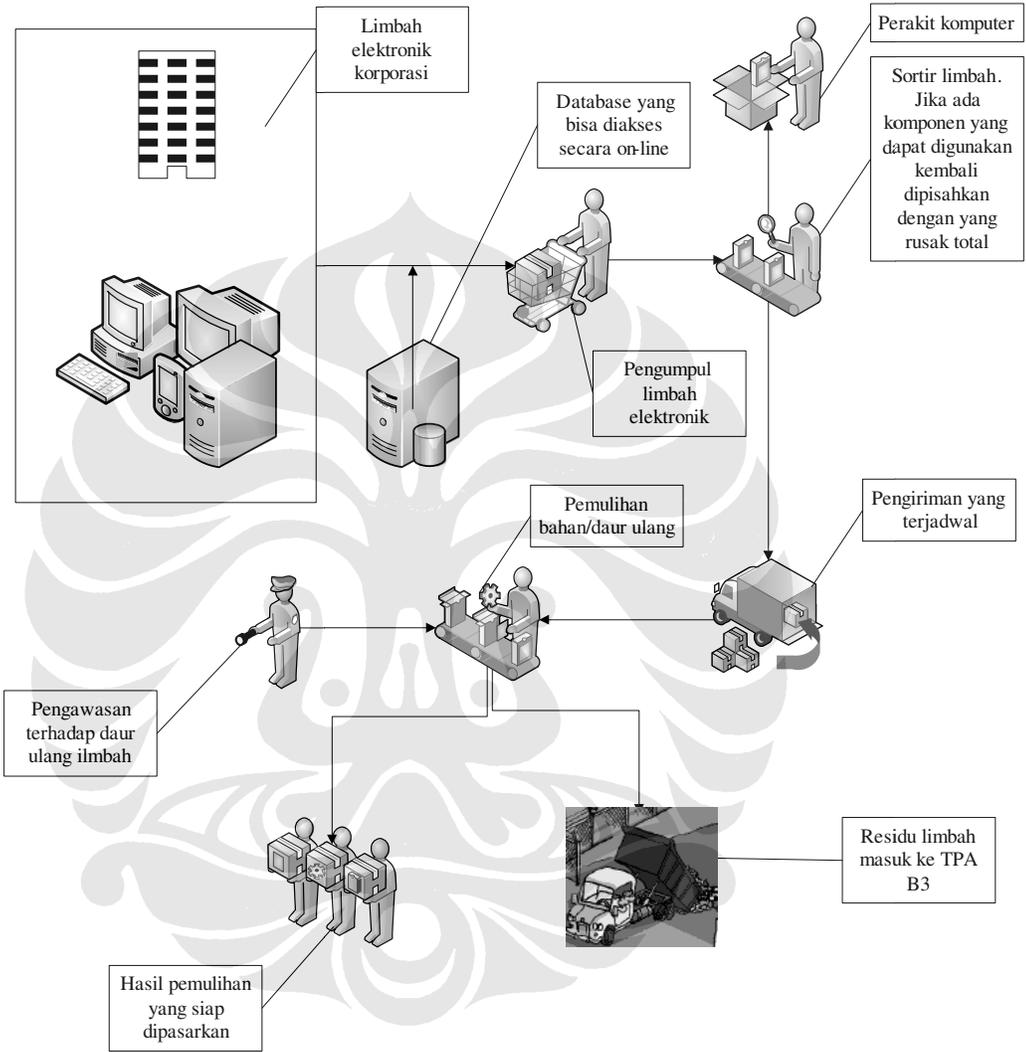
Melihat kondisi Indonesia saat ini, dengan potensi timbulan limbah komputer terus meningkat dan banyak usaha daur ulang yang dilakukan secara tertutup, maka diperlukan suatu sistem pengelolaan limbah komputer yang terkoordinasi dengan baik. Usulan sistem pengelolaan limbah komputer antara lain untuk mengakomodasi kepentingan pihak-pihak terkait sebagai berikut:

- a. Sistem harus mengakomodasi bagaimana pengumpul maupun pendaur-ulang mudah mendapatkan informasi mengenai penjualan aset bekas dari korporasi. Untuk itu konsep *waste exchange* dapat diterapkan untuk mengakomodasi kebutuhan limbah komputer bagi pengumpul maupun pendaur-ulang. Agar

lebih mudah dan informasi dapat diakses secara *real-time* oleh pengumpul dan pendaur-ulang, sistem informasi secara *on-line* dapat diterapkan.

- b. Instalasi daur ulang limbah komputer di Indonesia pada umumnya berlokasi di luar kota, sehingga membutuhkan suatu sistem transportasi sebagai bagian dari sistem pengelolaan limbah komputer dari titik pengumpulan ke lokasi daur ulang. Sebagaimana yang dikatakan Parsons (2006) bahwa transportasi limbah justru memberikan dampak buruk bagi perubahan iklim karena bahan bakar fosil yang digunakan. Dalam hal ini agar upaya meminimasi limbah tidak menambah dampak buruk, maka penggunaan bahan bakar alternatif menjadi pilihan. Melihat perkembangan bahan bakar alternatif yang masih lambat, untuk sementara transportasi limbah dapat dilakukan secara massal, atau terjadwal beberapa hari sekali sehingga tidak menghabiskan terlalu banyak energi.
- c. Pengawasan dan audit harus dilaksanakan secara berkala terhadap pengelola dan pekerja tempat daur ulang. Karena sebagian besar mereka sudah sadar mengenai bahaya daur ulang limbah komputer, tetapi ketidakpedulian menghalangi mereka untuk mengenakan alat pelindung standard. Selain itu pemeriksaan secara berkala terhadap kesehatan pekerja harus diterapkan sebagai tanggung jawab pengusaha daur ulang.
- d. Pengelolaan residu limbah yang tidak terolah harus dilakukan dan ada peraturan dan pengawasan terhadapnya. Untuk itu diperlukan penyediaan *landfill* untuk limbah berbahaya dan beracun yang terkontrol.
- e. Dalam tahun-tahun mendatang prinsip *polluters pay* seharusnya sudah bisa diterapkan di Indonesia. Hal ini bisa diterapkan dengan pengguna komputer baik korporasi maupun individu yang akan membuang limbah komputernya harus memberikan kepada pengumpul dan sekaligus membayar biaya daur ulang. Jika ada pengguna komputer yang membuang limbahnya ke tempat sampah, maka harus ada penerapan sanksi terhadapnya.

Gambaran usulan sistem pengelolaan limbah komputer yang terkoordinasi adalah sebagaimana terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Usulan Sistem Pengelolaan Limbah Komputer

Basel Convention COP 9, di Bali yang baru saja berakhir pada 27 Juni 2008, sudah lebih banyak mengatur secara teknis mengenai pengelolaan limbah komputer serta kemitraan dengan negara-negara maju untuk memfasilitasi pengelolaan limbah komputer di negara-negara berkembang. Basel Convention memang lebih banyak mengatur perpindahan limbah B3 antar negara, komputer atau alat hitung elektronik

termasuk didalamnya. Melalui PACE (Partnership for Action on Computing Equipment) akan dibentuk kemitraan antara pihak industri, pemerintah, LSM dan masyarakat untuk meningkatkan pengelolaan limbah komputer (termasuk PC, monitor, printer dan perangkat IT lainnya) yang berbasis lingkungan. Negara-negara berkembang yang selalu menjadi tempat pembuangan limbah negara-negara maju diharapkan bisa membuat suatu panduan bagi pengelolaan rekondisi dan perbaikan komponen; daur ulang limbah termasuk pemulihan bahan dan pengelolaan fasilitasnya; mendukung pengelolaan limbah komputer yang berbasis lingkungan; dan membangun kesadaran masyarakat tentang bahaya limbah komputer serta mengadakan pelatihan untuk pengelolaan limbahnya.

Berkaitan dengan hasil wawancara dengan seorang responden yang mengatakan bahwa dengan adanya larangan impor limbah elektronik, maka menyulitkan usahanya dalam memperoleh limbah, hal ini harus menjadi perhatian serius pembuat kebijakan. Memang hanya satu responden yang menyinggung hal tersebut, tetapi jumlah responden seluruhnya yang berjumlah 4 orang, hal tersebut menjadi penting. Karena jika semakin banyak persaingan dalam bisnis daur ulang limbah komputer dan semakin sulit memperoleh limbah komputer dalam negeri, dikuatirkan akan ada tindakan impor limbah secara ilegal.

Berdasarkan hasil konferensi tersebut, maka sudah saatnya Indonesia memberikan perhatian yang lebih pada masalah limbah komputer ini. Diperlukan sosialisasi untuk membangun kesadaran masyarakat tentang bahaya limbah komputer, serta pelatihan bagi pekerja daur ulang agar peduli terhadap kesehatan serta pencemaran lingkungan yang dapat diakibatkan dari kegiatan daur ulang. Selain itu diperlukan sosialisasi yang lebih meluas serta peraturan dan pengawasan yang tegas terhadap penggunaan komputer, mulai dari produksi, distribusi, penggunaan dan hingga saat akhir menjadi limbah. Kiranya terminologi limbah untuk menyebut komputer bekas dan telah rusak tidak lagi menjadi polemik sedangkan masalah yang lebih penting yaitu B3 dalam limbah komputer yang membahayakan masyarakat justru tidak tersentuh.