

POTENSI DAMPAK LINGKUNGAN PADA PROSES PRODUKSI LIQUID CRISTAL DISPLAY (LCD) KOMPUTER

Marudut Sirait

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Abstract *The aim of this paper is to assess and evaluate the environmental impact during the manufacturing process of Liquid Cristal Display (LCD) monitor of personal computer. Life Cycle Assessment (LCA) is utilized to evaluate the environmental impact during the manufacturing of LCD. The environmental load is expressed by Eco indicator 99 method. The damage categories based on Eco Indicator 99 consist of 11 categories, carcinogenic, respiratory inorganic, climate change, ionizing radiation, ozone layer depletion, Eco toxicity acidification/eutrophication, land use, extraction of mineral, and extraction of fossil fuels. Furthermore the environmental load is divided by three categories, which are human health, damage of ecosystem and depletion of resources. Simapro software version 8 is applied to calculate the environmental load each component of LCD display personal computer product. Finally, the result showed that the largest environmental load during the manufacturing process of a LCD computer display is to human health, followed by damage of ecosystem and the depletion of resources. Also, PWB component part of LCD monitor has the largest contributor for degradation environmental performance during the manufacturing process of monitor LCD, following by production of metal and plastic.*

Key Word *Enviromental Load, Life Cycle Assesment, Liquid Cristal Display, Simapro*

1. Pendahuluan

Dalam dekade terakhir ini perkembangan informasi dan teknologi komunikasi (ICT) yang tumbuh pesat telah membawa dampak yang luar biasa pada penggunaan perangkat elektronik, seperti, komputer, telepon genggam, laptop dan peralatan internet lainnya. Salah satu elektronik yang sangat banyak digunakan untuk menunjang perkembangan teknologi informasi khususnya untuk dunia industri, pendidikan dan perkantoran adalah desktop computer dengan monitor *Cathode Ray Tube* (CRT) dan LCD. Bahkan akses penggunaan komputer bukan hanya kalangan akademik dan usaha bisnis saja, tetapi sudah sampai ke masyarakat umum. Selanjutnya akibat perkembangan teknologi monitor, terjadi pergeseran penggunaan monitor dari CRT ke LCD yang lebih efisien dalam penggunaan energi dan material, juga lebih aman untuk mata serta bentuknya yang lebih ramping [10].

Sebagai akibatnya produksi monitor LCD komputer meningkat secara luar biasa untuk memenuhi permintaan produk LCD di seluruh dunia maupun di Indonesia.

Tabel 1. Menunjukkan data penjualan dan pengiriman LCD tahun 2013-2015. Terlihat bahwa penjualan monitor LCD rata-rata hamper 135 juta tiap tahunnya. Untuk tahun 2015 total penjualan sekitar 131.3 juta uni monitor LCD. Perkiraan pada tahun 2016 jumlah penjualan LCD monitor secara global akan mencapai 260 juta buah unit [4]. Di sisi lain, sebagai dampak penjualan dan produksi massal dan penggunaan monitor LCD yang tinggi juga berimplikasi pada dampak lingkungan. Seperti gambar 2 menunjukkan bahwa selama proses produksi monitor LCD yang sangat kompleks dan membutuhkan sangat banyak material-material berharga dan langka untuk setiap proses setiap komponen di dalam monitor LCD Penelitian menunjukkan bahwa untuk memproduksi sebuah personal computer ,termasuk produksi monitor LCD membutuhkan : 240 kg minyak bumi (1 kg = 37 MJ) , 22 kg bahan-bahan kimia, 150 kg Materials : Steel, Aluminum, emas, dan plastic [16,17]. Juga, penggunaan energi, seperti minyak bumi, gas dan energy listrik selama proses produksinya juga menghasilkan dampak lingkungan seperti gas emsission seperti CO, Co2 dan NH3.

* Corresponding author. Email : Marudut@ub.ac.id

Published online at <http://Jemis.ub.ac.id>

Copyright ©2016 JTI UB Publishing. All Rights Reserved

Tabel 1. Jumlah Penjualan dan pengiriman Monitor LCD dari berbagai vendor di dunia 2013-2015[4]

No	Perusahaan	2013 Market Share	2014 Market Share	2015 Market Share
1	Dell	13.8	15.8	15.7
2	Philips	13.7	14.3	14.81
3	Samsung	11.5	11.6	11.9
4	HP	10.5	10.9	10.7
5	LGE	9.4	9.5	9.4
6	Lenovo	8.9	9.7	9.6
7	Acer	8.4	7.2	6.9
8	Asus	3.1	3.4	3.4
9	Viewsonic	2.7	2.6	2.5
10	BenQ	2.6	2.6	2.51
11	Others	15.4	12.2	12.6
	Penjualan Total (M)	144	133.6	131.3

Sebagai tambahan, monitor komputer juga menggunakan energi yang sangat signifikan (15 sampai 35% dari total energy selama dalam penggunaan computer oleh konsumen. [8]. Produksi LCD monitor komputer banyak menggunakan material berbahaya seperti benzene cyano-group, F, Cl, dll yang berbahaya pada kesehatan manusia dan lingkungan [6],

Juga komponen *housing plastic* mengandung brominated flame retardants seperti poly brominated biphenyl ether (PBDE) dan poly-phenyl (PBB) yang berbahaya terhadap otak, ginjal dan sistem saraf, hati dan sistem reproduksi [6]. Komponen-komponen yang kompleks seperti PWB (Printed Wiring Board) banyak menggunakan material-material yang berharga seperti emas, perak dan material berbahaya seperti timbal (Pb)[7]. Permasalahan lain dari produksi massal monitor LCD adalah pada *end of lifenya*. Umumnya lama hidup dari LCD adalah sekitar 4-5 tahun, setelah itu akan menjadi sampah elektronik. Sampah elektronik,

kalau tidak dikelola secara professional dan benar akan membawa dampak serius terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan manusia. Saat ini sampah elektronik sudah menjadi masalah dunia yang membutuhkan penanganan yang tepat, sehingga meningkatkan kesadaran para stakeholder, seperti pemerintah, akademisi dan bisnismen akan dampak lingkungan dari siklus hidup barang elektronik.

Meningkatnya kesadaran akan perlindungan lingkungan dari dampak negatif selama aktifitas setiap siklus hidup perangkat elektronik, khususnya monitor LCD telah membawa kesadaran untuk mengembangkan konsep, strategi, pendekatan dan alat untuk menilai dan mengerti dampak lingkungan dari

produk selama siklus hidupnya. [10]. Untuk merespon kesadaran tersebut, makalah ini mencoba melakukan penilaian terhadap potensi dampak lingkungan selama siklus hidup monitor LCD.

Life cycle assessment (LCA) adalah suatu alat yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi dampak lingkungan selama siklus hidup suatu produk. [2]. Pendekatan LCA merupakan standart international yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi dampak lingkungan untuk produk maupun untuk jasa [2], sehingga penggunaan LCA untuk menilai dan mengevaluasi dampak lingkungan sudah sangat luas digunakan.

Penelitian mengenai LCA terhadap peralatan elektronik sudah banyak dilakukan di berbagai Negara. Seperti Studi LCA terhadap laptop di Poland [18] menunjukkan bahwa proses manufaktur laptop memiliki kontribusi terbesar terhadap dampak lingkungan terutama pada penggunaan sumber daya alam seperti raw material dan enrgi. Juga studi yang dilakukan tentang kajian LCA terhadap personal computer di Australia [13], focus pada potensi *green house gas emission* dan penggunaan energi selama daur hidup personal computer, mulai dari proses raw material, proses manufacturing, transportasi dan distribusi, penggunaan komputer selama 4 tahun dan juga proses daur ulang. Dan hasil kajian menunjukkan bahwa proses produksi komputer mempunyai kontribusi terbesar terhadap dampak lingkungan, dimana produksi monitor CRT mempunyai kontribusi yang paling besar terhadap peningkatan gas emission dan penggunaan energi. Kajian lain seperti yang dilakukan oleh scolof et al (2005) yaitu membandingkan dampak lingkungan dengan kajian LCA pada Monitor komputer CRT dan LCD dan hasilnya menunjukkan

bahwa proses produksi monitor baik monitor CRT maupun monitor LCD memiliki dampak terbesar pada lingkungan [14]. Study lain dengan menggunakan LCA untuk mengevaluasi dampak lingkungan terhadap monitor computer seperti LCD dan CRT telah dilakukan [10,14], tetapi untuk Indonesia penelitian dengan menggunakan pendekatan LCA belum ada dilakukan, khususnya untuk produk monitor LCD.

Oleh karena itu makalah ini mencoba melakukan analisa dan kajian terhadap perangkat elektronik yang lain seperti LCD dengan metode yang berbeda dan secara khusus hanya pada proses produksinya. Kajian dilakukan terhadap proses manufaktur dan perakitan di Indonesia dengan harapan dapat memberikan masukan kepada industri untuk membuat keputusan yang lebih baik selama pembelian dan pergantian monitor., khususnya monitor LCD.

2. Material dan Methodologi

Dibawah ini akan dibahas mengenai material dan dan methodoloy untuk menilai potensi dampak lingkungan selama proses produksi monitor LCD .

2.1 Material

Material yang digunakan dalam peneltiain ini adalah monitor LCD ukuran 17". Alasan pemilihan material ini adalah karena monitor LCD ini paling banyak/ *market share* yang tinggi sehingga digunakan di dalam aktifitas manusia sehari-hari disebabkan layarnya yang cukup lebar. Selanjutnya, monitor LCD akan dibongkar untuk mengetahui komponen di dalamnya dan ukurannya kemudian dianalisa untuk menentukan komponen-komponen, dan fungsinya. Tabel 2 memuat komponen -komponen dari monitor computer LCD

2.2 Metodologi

Setelah tujuan, skope, dan batas sudah ditentukan, dan data sudah didapatkan di inventori. Langkah LCA selanjutnya adalah mentranslate inventory kedampak lingkungan . *Life cycle impact assessment* (LCIA) selanjutnya digunakan untuk menilai dan mengevaluasi dampak lingkungan selama proses produksi LCD . Untuk lebih detailnya

berikutnya langkah-langkah implementasi LCA yang akan dijelaskan secara singkat seperti dibawah ini.

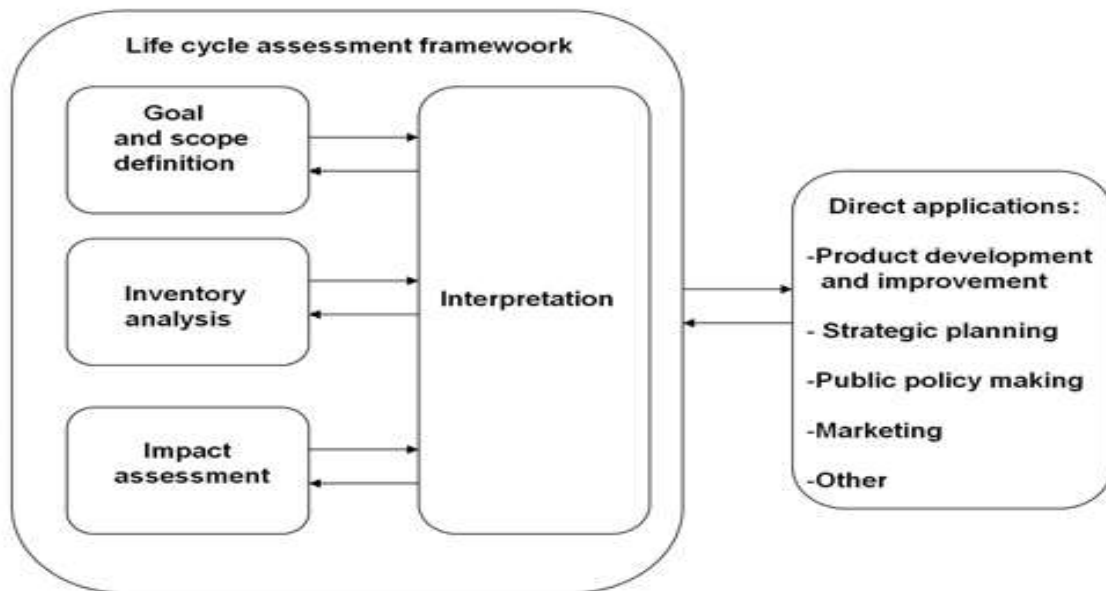
Tabel . 2 Komponen Utama LCD Berdasarkan Fungsinya

Fungsi	Material
Image Display	<ul style="list-style-type: none"> • Liquid crystal • Thin Film Transistor • Electrodes • Color filters • Polarizers • Orientation film • Backlight
Glass structure	<ul style="list-style-type: none"> • Front Panel • Back panel
Electronics	<ul style="list-style-type: none"> • LCD controller PWB • Backlight PWB • Coloumn and row • Other (Power supply)
Casing	<ul style="list-style-type: none"> Plastic Plastic frame and base

Life Cycle Assesment

LCA dalam ISO 14040 didefenisikan sebagai kompilasi dan evaluasi input, output dan dampak lingkungan yang potensial dari system produk selama siklus hidup suatu produk. LCA menurut Brujin et al (2002), LCA adalah alat untuk menganalisa dampak lingkungan dari produk/servis pada semua tahap siklus hidup produk, dari ekstraksi bahan baku, proses produksi, distribusi dan transportasi , kostumer dan akhir hidup produk.

Selanjutnya adalah langkah –langkah implementasi LCA akan mengikuti ISO 14040 dengan pendekatan empat langkah [8] yaitu sebagai berikut. Langkah pertama adalah penentuan *goal, scope* dan *boundaris serta functional unit*. Langkah kedua adalah analisa inventori (data input, proses dan output) selama proses produksi monitor LCD, langkah ketiga adalah melakukan penilaian terhadap hasil dampak lingkungan dan langkah keempat adalah interpretasi terhadap hasil dari dampak lingkungan.



Gambar 1. Framework Life Cycle Assessment

Diagram alir pelaksanaan LCA seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Langkah pertama adalah mendefinisikan tujuan dan ruang lingkup (*Goal, Scope dan boundaries*) yaitu mendefinisikan tujuan dan metode dan siklus hidup kedalam proses pengambilan keputusan dan mengidentifikasi batas-batas dan dampak lingkungan yang ditinjau untuk penilaian.

Adapun tujuan/Goal dari kajian LCA monitor LCD adalah menilai potensi dampak lingkungan selama proses produksi LCD ukuran 17 inc di Indonesia. Unit fungsional dari studi LCA ini adalah layar komputer model LCD merek LG dengan ukuran layar 17 inch. Dengan LCD yang sudah bekas yang digunakan di Indonesia selama 4 tahun.

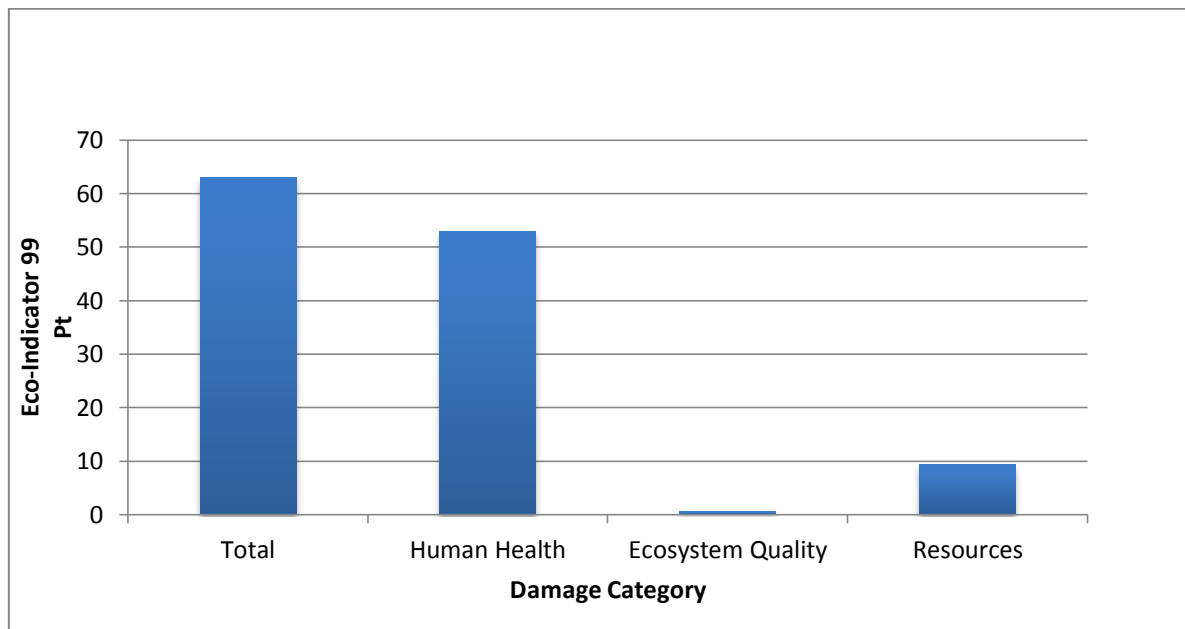
Skope dari kajian dari LCA untuk LCD fokus pada proses manufakturnya dan selanjutnya kajian hanya menilai komponen utama dari monitor LCD, yaitu back glass, front glass, liquid crystal, polarizers, backlight, coloum dan row driver dan PWB. Karena proses produksi LCD sangat panjang dan banyak prosesnya, maka kajian hanya pada proses produksi utama saja (gambar2), seperti proses photolithographic untuk membuat pola transistor dan elektroda proses produksi metal, produksi plastic, produksi LCD glass, produksi dan perakitan backlight, dan proses produksi PWB, *Life Cycle inventori*. Mengidentifikasi

dan mengukur input selama proses produksi seperti bahan baku, energi, bahan kimia dll dan output seperti material, polusi ke udara, polusi ke tanah dan ke air selama proses produksi LCD. Sumber utama data input, seperti material, energi dan output emission selama proses produksi LCD didapatkan dari kajian yang telah dilakukan oleh United State Environmental Protection Agency (USEPA). Data lain didapat dari ecobilan [5] dan pengukuran dan identifikasi material dan *mass balance* dilakukan sendiri.

Life cycle impact assessment (LCIA). Pada langkah ini adalah menilai dampak lingkungan pada semua tahap proses produksi produk dan jasa. Pada proses produksi monitor LCD, pada tahap ini adalah untuk mengevaluasi dari potensi dampak lingkungan dari produksi monitor LCD terhadap kesehatan manusia, lingkungan ekosistem dan dampak terhadap sumber daya alam. Penilaian terhadap dampak lingkungan terdiri dari beberapa langkah [10], langkah pertama adalah memilih dan mendefinisikan kategori dampak lingkungan yang relevan seperti pemanasan global dan *acidification*, dll. Langkah kedua adalah mengklasifikasikan hasil LCI ke kategori dampak lingkungan, misalnya mengelompokkan emisi karbon pada pemanasan global.

Tabel 3 .Skor/ Nilai Dampak Lingkungan Selama Proses Produksi Monitor LCD

Kategori	Dampak Lingkungan	Unit	Skore
Human Health	Carcinogen	DALY	0.000844712
	Respiratory organics	DALY	3.73958E-07
	Respiratory inorganics	DALY	0.000264912
	Climate change	DALY	5.79352E-05
	Radiation	DALY	2.85506E-07
	Ozone Layer	DALY	1.93287E-08
Kerusakan Ecosystemim	Ecotoxity	PAF*m2yr	79.13987115
	Acidification/ Eutrophicatio	PDF*m2yr	7.491047145
	Land use	PDF*m2yr	5.368332107
Kerusakan sumber Daya Alam	Minerals	MJ Surplus	33.00508756
	Fossil fuels	MJ Surplus	231.7804101

**Gambar 2.** Grafik Kategori Dampak Lingkungan Selama Proses Produksi Monitor LCD

Langkah ketiga adalah karakterisasi, pemodelan hasil LCI berdasarkan faktor konversi berbasis ilmu pengetahuan, sebagai contoh pemodelan dampak potensial karbon dioksida dan metana pada pemanasan global. Langkah keempat adalah menyatakan dampak lingkungan yang potensial dengan cara perbandingan, sebagai contoh; membandingkan dampak pemanasan global dari karbon dioksida dan metana.. Langkah kelima adalah menyortir atau peringkat indikator berdasarkan lokasi, lokal, regional dan global. Langkah keenam adalah pembobotan (*weighting*)- menentukan potensial dampak yang paling penting/utama atau yang paling potensial. Ketujuh adalah evaluasi dan pelaporan hasil LCIA untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang keandalan hasil LCIA. Pada kajian ini, metode eco-indicator akan digunakan untuk mengekspresikan dampak lingkungan selama

proses produksi monitor LCD. Kerusakan dampak lingkungan dengan pendekatan metode ini ini dimulai dari mengidentifikasi area yang akan dianalisa sampai ke penyebab terjadinya dampak lingkungan (tabel 2) indicator 99 digunakan karena metode ini lebih komprehensif dalam melakukan evaluasi terhadap dampak lingkungan. Metode ini mengkategorikan dampak lingkungan dalam tiga kategori, yaitu dampak terhadap kesehatan manusia, dampak terhadap kerusakan ekosistem, dan terhadap penggunaan sumber daya alam [5,6].

Langkah terakhir adalah interpretasi. Interpretasi adalah teknik yang sistematis untuk mengidentifikasi, mengukur, memeriksakan mengevaluasi hasil dari LCIA dan LCIA dan berkomunikasi secara efektif [4]. karena metode ini lebih komprehensif dalam

melakukan evaluasi terhadap dampak lingkungan.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil LCA dengan metode eco-indicator 99 dirangkum dalam tabel 3, gambar 3 dan gambar 4 dengan 11 kategori dampak lingkungan yaitu *carcinogens, respiratory organic, respiratory inorganic, climate change, radiation, ozone layer, ecotoxicity/acidification land use, mineral dan fossiel fuel*. Dari gambar 3 menunjukkan bahwa dampak lingkungan, yang diekspresikan dengan ecopoint (pt), terbesar yang dihasilkan selama proses produksi LCD adalah dampak terhadap kesehatan manusia, kemudian dampak lingkungan terbesar kedua pada kerusakan sumber daya alam dan yang terakhir dan memiliki dampak paling kecil adalah dampak pada kerusakan ekosistem.

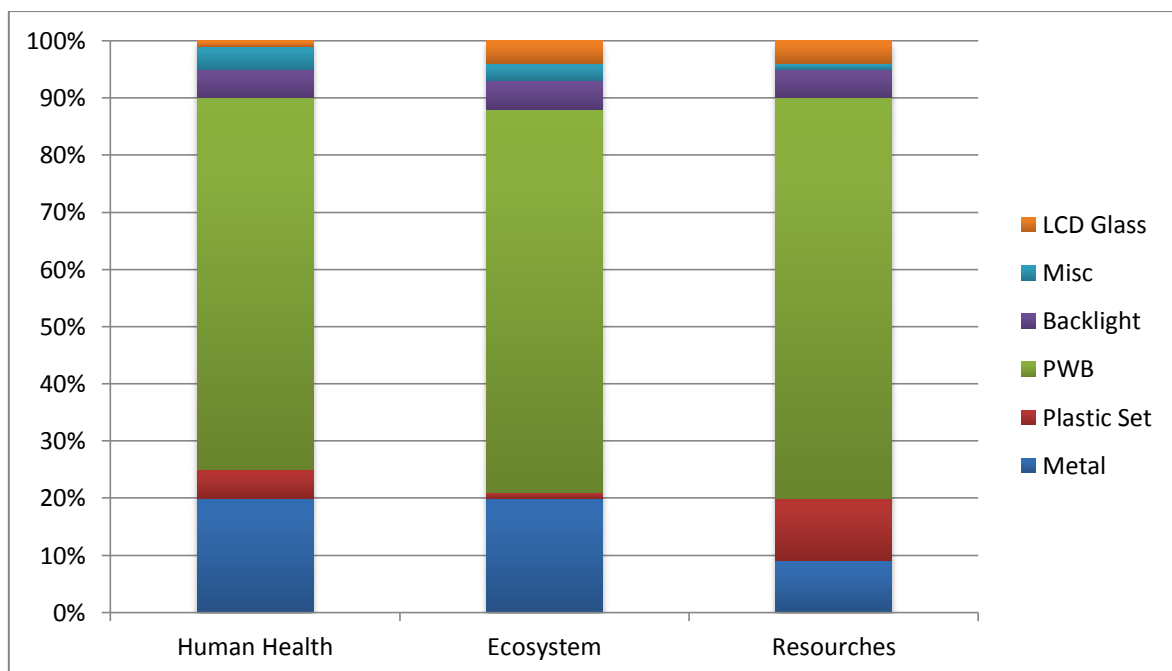
3.1. Diskusi

ketiga kategori dampak lingkungan dibawah ini. Penilaian dampak lingkungan selama proses produksi LCD telah diidentifikasi dalam tiga kategori, yaitu pertama adalah dampak terhadap kesehatan manusia, kedua adalah dampak terhadap ekosistem dan ketiga adalah dampak pada penggunaan sumber daya alam serta proses produksi komponen utama dari produksi LCD.

3.2. Human Health/Kesehatan Manusia

Dampak proses produksi monitor terhadap kesehatan manusia diekspresikan dengan DALY (unit DALY = *Disability adjusted life years*; artinya beberapa disabilitas disebabkan penyakit. dengan nilai indikator 0-1. Kategori dampak terhadap kesehatan manusia terdiri dari *respiratori, carcinongen effects, climate change, ozone layer depletion dan radiasi ion*. Tabel 2 menunjukkan bahwa *carcinogens* mempunyai kontribusi terbesar terhadap dampak terhadap kesehatan manusia sebesar 0,0008447 DALY atau sebesar 72 % dari jumlah total dampak terhadap kesehatan manusia, kemudian *respiratory inorganics* sebesar 0.000264912 (23%) dan *climate change* sebesar 5.79352E-0 (5 %). Sebaliknya kategori *ozone layer* mempunyai kontribusi terkecil yaitu sekitar 1.93287E-08 (5 %).

Dampak kesehatan manusia seperti penyakit kanker disebabkan oleh radiasi ion, kerusakan mata, kanker kulit disebabkan oleh kerusakan lapisan ozon dan masalah pernapasan disebabkan oleh racun kimia di air yang diminum dan dimakan oleh manusia. Juga, bahan-bahan yang berbahaya, seperti produksi PWB dan komponen backlight yang mengandung CCFL. yang banyak digunakan selama proses produksi monitor LCD menyebabkan dampak terhadap kesehatan manusia cukup besar, khususnya menghasilkan



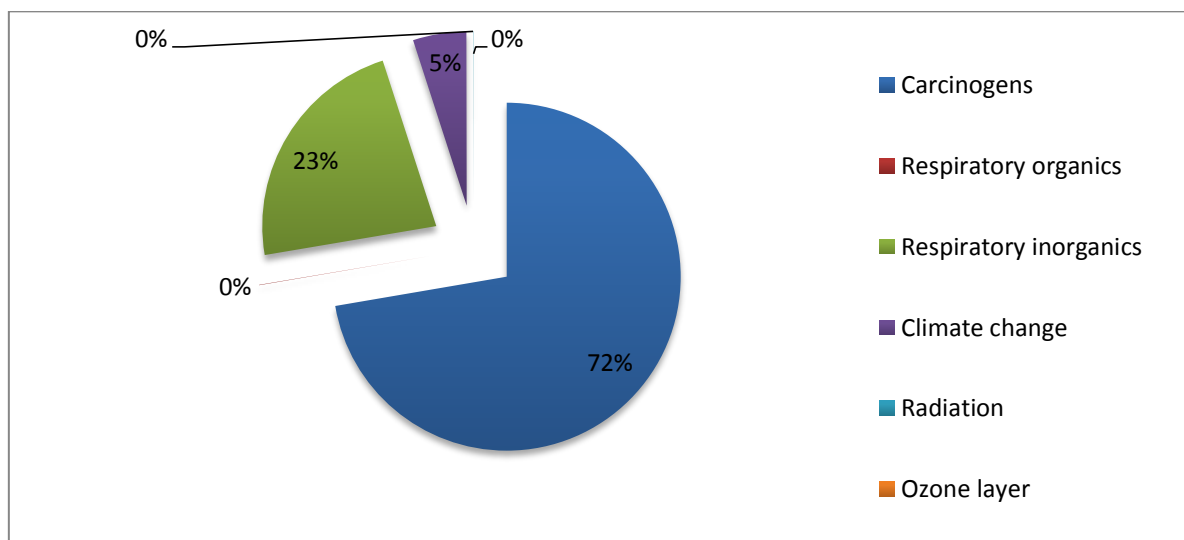
Gambar 3. Kategori Dampak Lingkungan Pada Produksi Komponen Monitor LCD

limbah yang menyebabkan sel kanker (Carcinogens). Gambar 5 menunjukkan bahwa proses produksi komponen PWB dari LCD mempunyai kontribusi dampak kesehatan pada manusia, yaitu sekitar 65 %, kemudian produksi metal sekitar 20 % dan produksi plastik mempunyai kontribusi yang terkecil, yaitu hanya sekitar kurang dari 1% saja. Pembakaran minyak bumi dan batubara untuk energi listrik selama proses produksi komponen monitor LCD mempunyai kontribusi pada respiratory in organic (emisi NO_x dan SO₂) dan climate change (emisi CO₂).

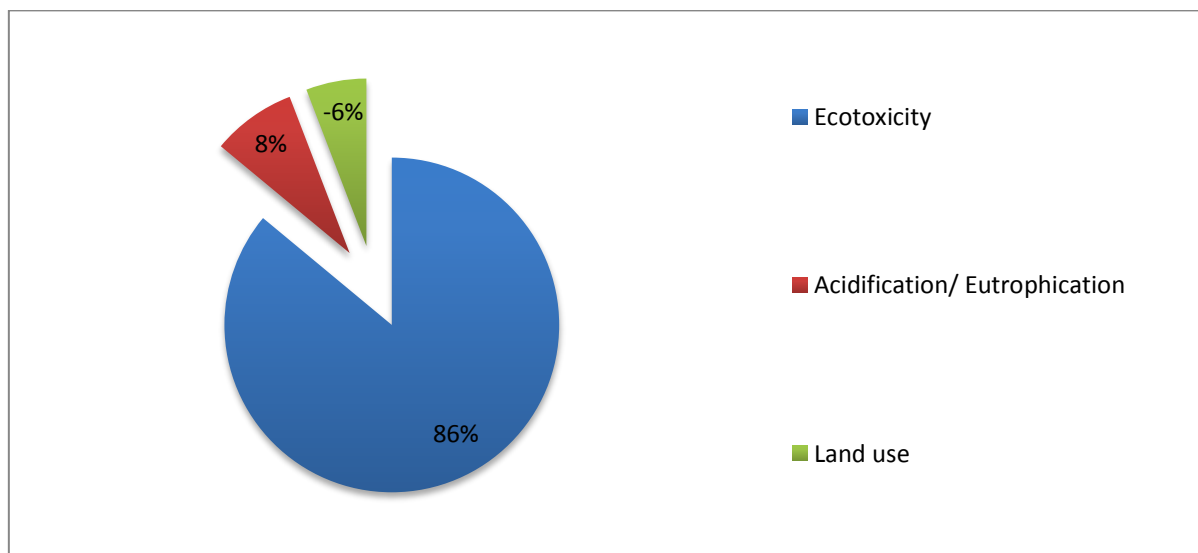
3.3. Dampak Terhadap Ekosistem

Dampak lingkungan pada ekosistem terdiri dari tiga kategori, yaitu; *ecotoxicity*, *acidification/eutrophication* dan *land use* dan

diekspresikan dengan Potentially Disappeared Fraction (PDF) [16,17]. Dampak lingkungan terhadap kehidupan ekosistem selama proses produksi monitor LCD mempunyai kontribusi paling kecil dari ketiga kategori adalah pada kerusakan lingkungan ekosistem. Gambar 4 menunjukkan bahwa *ecotoxicity* merupakan dampak yang paling besar terhadap kerusakan ekosistem yaitu sebesar 23 % dari total dampak terhadap penurunan kualitas ekosistem, Kemudian *acidification* sebesar dan terakhir *land use* sebesar. Dari gambar 5 juga menunjukkan bahwa produksi komponen PWB juga mempunyai kontribusi paling besar, yaitu sekitar 68 % dari total dampak lingkungan pada LCD glass.



Gambar 4. Dampak Lingkungan Produksi Monitor LCD Pada Kesehatan Manusia (Human Health)



Gambar 5. Dampak Lingkungan Produksi Monitor LCD Pada Kerusakan Lingkungan Ekosistem .

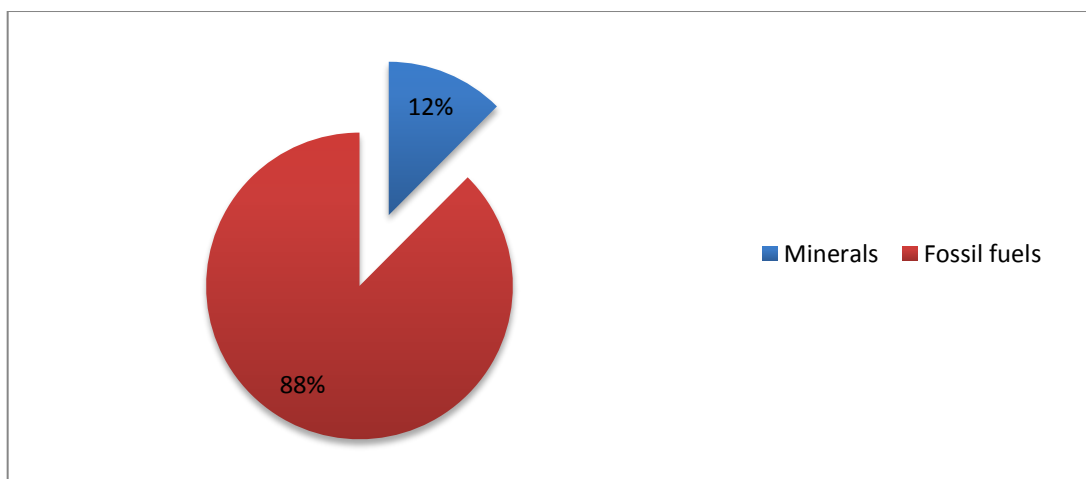
Penggunaan bahan mentah yang berbahaya dan bahan –bahan kimia selama proses produksi komponen PWB berakibat besarnya nilai

3.4. Penurunan Sumber Daya Alam

Dampak lingkungan selama proses produksi dari LCD terhadap penurunan sumber daya alam berdasarkan eco indicator 99 mengekspresikan kategori penurunan sumberdaya alam dalam jumlah energy yang digunakan dalam memproduksi sumber daya alam, seperti mineral dan *fossil fuel* dengan satuan MJ surplus. Pada gambar 5 menunjukkan penggunaan fossiel fuel memiliki dampak lingkungan terhadap penurunan kualitas sumber alam. Penggunaan sumber daya alam minyak bumi selama proses produksi monitor LCD adalah sebesar 231MJ atau 88 % dari total penggunaan sumber daya alam. Kemudian Penggunaan energi dalam memproduksi dan ekstraksi mineral adalah sebesar 33 MJ, atau 12 % selama proses produksi LCD. Gambar 5 menunjukkan bahwa produksi PWB mempunyai dampak lingkungan paling tinggi, yaitu sekitar. 70 %. Penggunaan raw material seperti besi, aluminium, copper, timah dan timbal. Juga Penggunaan plastic seperti ABS, PEE, TPPP dan PET dan energi bumi, serta energi listrik selama proses produksi LCD, khususnya dalam produksi PWB dan metal serta plastik mengakibatkan dampak lingkungan terhadap penggunaan sumber daya alam cukup besar. Juga penambangan sumber daya alam seperti minyak bumi dan batubara merupaka sumber energy yang tidak terbarukan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan terlihat jelas bahwa selama siklus proses produksi monitor LCD komputer ukuran 17 inch telah membawa dampak lingkungan yang dirangkum pada table 3 dan gambar 2,3 . Dampak lingkungan terbesar adalah pada kesehatan manusia, kemudian penggunaan sumber daya alam, seperti energy minyak bumi dan listrik, serta penggunaan raw material dari bumi mengakibatkan dampak pada penggunaan sumber daya alam cukup signifikan selama proses produksi LCD. Dan dampak lingkungan terkecil adalah pada kerusakan ekosistem. Selanjutnya, selama proses produksi monitor LCD, proses produksi komponen PWB mempunyai kontribusi paling besar terhadap dampak lingkungan secara keseluruhan baik terhadap kesehatan manusia dan dampak penurunan kualitas sumber daya alam, maupun terhadap kerusakan ekosistem. Penggunaan bahan-bahan yang berharga dan berbahaya serta penggunaan bahan –bahan kimia selama proses produksi komponen PWB menghasilkan dampak lingkungan paling besar selama proses produksi LCD. Sehingga produksi PWB menjadi factor utama terjadinya dampak lingkungan selama proses produksi monitor LCD. Produksi LCD glass , backlight dan produksi metal juga mempunyai kontribusi besar terhadap dampak lingkungan. Sama seperti produksi PWB, produksi komponen ini banyak menggunakan bahan-bahan kimia yang berbahaya selama proses produksi LCD glass dan backlight yang berbahaya pada lingkungan, khususnya pada kesehatan manusia.



Gambar 6. Dampak Lingkungan Produksi Monitor LCD Pada Penurunan Kualitas Sumber Daya alam.

Daftar Pustaka

- [1.] Atlantic Consulting and IPU, (1998),” LCA study of the product group personal computer in the EU Ecolabel Scheme. LCA study version 1.11,
- [2.] Curran, M.A, (2013),” Life Cycle Assessment: A review of the methodology and its application to sustainability.” *Current Opinion in Chemical Engineering* 2.3. p 273-277.
- [3.] Dreyer L.C, et al., (2003). Comparison of three Different LCIA method: EDIP 97, CML 2001 and Eco Indicator 99: Does it matter which one you choose?,” *International Journal Life Cycle Assessment.*, Vol. 8 Page191.
- [4.] Displaysearch, (2015),” LCD monitor strategy report and quarterly desktop monitor shipment and forecast report,
- [5.] Ecobilan (Ecobalance) group, (1999),” Database for environmental analysis and management (DEAM). *life cycle inventory database developed by the ecobilan group.*
- [6.] Goedkoop M et al. (2001),: A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment, *Methodology Report, Pre Consultan BV*, Netherland
- [7.] Goedkoop M et al. (2008),: Introduction to LCA with Simapro 7, *Pre Consultant*, Netherland.
- [8.] ISO 14040. (2006), *Environmental management-Life Cycle Assessment-principle and Practice*, CEN Europe Committee for StandardizationUB , Brussels.
- [9.] Kloepffer, W, (2008)” Life Cycle Sustainability assessment of product. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13 (2) 89-95
- [10.] Kim E, et al, (2001),” Life Cycle Assessment of color computer monitor. *International Journal of Life cycle Assessment* 2001;6(1):35-43
- [11.] Microelectronic and Computer Technology Corporation (2004)Electronic industry environmental roadmap. Austin:TX;
- [12.] Park, W. Y ., et al (2013). Efficiency improvement opportunities for personal computer monitors: implications for market transformation programs. *Energy Efficiency.*
- [13.] Sirait Marudut, et al. (2012),: Life Cycle Assessment of Personal Computer Use : The case of Western Australia., “*10th International Conference of Sustainable Manufacturing, Towards of sustainable manufacturing*’ ., Istambul.Turkey
- [14.] Socolof Leet Maria, et al (2005),: Environmental life-cycle impacts of CRT and LCD desktop computer, “*Journal of Cleaner*’ . Vol. 13, hlm 1281-1294
- [15.] Scolof et al [2001].” Desktop Computer Display: a life cycle assessment. USEPA
- [16.] Williams, E.-D., (2004),” Revisiting energy used to manufacture a desktop computer: hybrid analysis combining process and economic input-output methods,2004, *IEEE*
- [17.] Yla-Mella,Y et al (2004), “ Recovery of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Finland: Pongracz E, editor. *Proceeding of the waste minimization and resource use optimization conference*, June 10, 2004, Oulu Finland. P.83-92.