

**KONSEP PRODUK KIPAS ANGIN MULTI FUNGSI 3 IN 1 SEBAGAI STRATEGI
PENURUNAN BIAYA DAMPAK LINGKUNGAN BERBASIS
LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)**

Mohamat Ansori, Sri Hartini

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof.H. Soedarto, S.H Tembalang-Semarang, Kode Pos 50275

Telp. (024)7460053, Fax. (024)7460055

E-mail: mohamatansori30@gmail.com , Ninikhidayat@yahoo.com

Abstrak

Sebagai negara tropis, salah satu produk elektronik yang cukup tinggi tingkat konsumsinya adalah kipas angin. Tingginya penggunaan kipas angin di Indonesia khususnya tipe stand fan, berpotensi meningkatkan jumlah *e-waste*, dimana melalui fase hidupnya, produk elektronik menghasilkan banyak dampak ke lingkungan. Dampak lingkungan yang ditimbulkan pada masing-masing fase hidup produk sangat dipengaruhi tahap desain produk. Meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya perlindungan lingkungan dan kemungkinan dampak yang ditimbulkan mendorong pengembangan metode untuk memahami dan mengidentifikasi dampak lingkungan tersebut. Salah satu metode yang telah dikembangkan adalah *life cycle assessment* (LCA). Dengan penilaian LCA, dapat diketahui nilai dampak lingkungan dari masing-masing fase hidup produk, besar nilai *eco-cost* serta alternatif strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari suatu produk.

Dari hasil perhitungan LCA kipas angin tipe *wall fan* 16, *desk fan* 12 dan *stand fan* 16, dan kipas angin tipe *stand fan* wadesta dengan software *simapro* metode *eco-cost* 2012 v1.00, nilai *Eco-cost* untuk produk kipas angin dengan 3 fungsi berbeda dalam unit produk yang terpisah adalah sebesar Rp.627.180,00 per unit produk. Sedangkan alternatif produk untuk menurunkan biaya *eco-cost* dengan konsep integrasi produk 3 in 1 *stand fan* wadesta, memiliki nilai *eco-cost* sebesar Rp. 223.821,00 per unit produk. Nilai *Eco-cost* *stand fan* wadesta lebih kecil jika dibandingkan dengan produk stand fan, wall fan dan desk fan dalam unit produk yang terpisah. Nilai *eco-cost* wadesta lebih rendah dikarenakan jumlah material dan komponen yang digunakan lebih sedikit jika dibandingkan dengan produk kipas angin dengan fungsi yang berbeda dalam unit produk yang terpisah. Penurunan nilai *eco-cost* dengan produk stand fan wadesta adalah sebesar Rp.403.360,00 per unit produk.

Kata kunci: Kipas Angin, Dampak Lingkungan, Life Cycle Assessment, Eco- Cost

Abstract

As a tropical country, one of the electronic products is quite high level of consumption is the fan. The high number of fan consumption potentially increasing the number of e-waste, in which by it life phase, electronic product generate many environmental impact.environmental impact by each life phase influencing by the design phase. The increased awareness of the importance of environmental protection and the possible impacts have increased interest in the development of methods to better understand and address these impacts. One of the techniques being developed for this purpose is life cycle assessment (LCA).By LCA calculation, it can address the value of environmental impact of each product's life phase, the eco-cost value and the alternative strategy for reducing the environmental impact of the product.

From the results of the LCA calculation by eco-cost 2012 method of simapro, between wall fan 16, desk fan 12 and stand fan 16 and stand fan wadesta, show that the eco-cost value of wall fan 16, desk fan 12 and stand fan 16 are Rp. 627.180,00 per unit of product. While the alternative products b integration concept of 3 in 1 product, produce eco-cost value amount Rp. 223,281.00 per unit product. The eco-cost value of wadesta stand fan is smaller cause this product using lesser material and lesser components than if the product stand fan, wall fan and desk fan is a separate unit of product. Stand fan wadesta can reduce the eco-cost value amount Rp.403.360,00 per unit product.

KeyWord : Electric Fan, Environmental impact, Life cycle assessment, Eco- Cost

I. PENDAHULUAN

Berkembangnya perekonomian global berperan meningkatkan kinerja sektor industri. Berdasarkan data kinerja industri dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia tahun 2010, sektor industri elektronik dan peralatan dengan tenaga listrik menunjukkan peningkatan kinerja. Peningkatan kinerja sektor industri tersebut menunjukkan bahwa industri elektronik di Indonesia mengalami peningkatan penjualan.

Salah satu produk elektronik yang termasuk kategori *large household appliances* yakni kipas angin. Indonesia sebagai negara tropis dengan jumlah penduduk yang sangat besar, penggunaan kipas angin memiliki tingkat penggunaan yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil survey pendahuluan, rata-rata tiap rumah tangga memiliki produk kipas angin sebanyak 1-2 unit. Dan tipe kipas angin yang banyak dimiliki adalah tipe *stand fan*.

Tingginya penggunaan kipas angin di Indonesia khususnya tipe stand fan, berpotensi meningkatkan jumlah *e-waste*. *E-waste* cukup berbahaya, karena beberapa komponen produk elektronik mengandung *toxic* bagi kesehatan manusia dan lingkungan. (wgbis.ces.iisc.ernet.in, 2014)

Menurut Rebitzer, G. dkk (2004), setiap produk pasti memiliki fase hidup atau siklus hidup, mulai dari tahap desain produk, ekstraksi *raw material*, proses produksi, fase penggunaan oleh konsumen, dan fase *end of life*. Song, dkk (2012), menyebutkan bahwa melalui fase hidupnya, produk elektronik menghasilkan banyak dampak ke lingkungan. Pada fase manufaktur produk, membutuhkan sejumlah sumber daya alam. Pada fase penggunaan produk membutuhkan energi listrik, dan sedangkan pada tahap disposal atau *end of life* produk dapat memberikan dampak terhadap kesehatan manusia dan kualitas ekosistem ketika tidak dilakukan pengelolaan dengan baik.

Dampak lingkungan yang ditimbulkan pada masing-masing fase hidup produk sangat dipengaruhi oleh keputusan yang diambil pada tahap desain produk. Tahap desain telah diakui secara luas sebagai fase kunci pada daur hidup produk dalam penerapan konsep sustainability (Chiu, 2012). Desain suatu produk akan berpengaruh pada tahapan-tahapan setelahnya, antara lain material yang akan digunakan, proses manufaktur, konsumsi energi pada saat digunakan, serta berpengaruh pada tahap disposal produk (Rebitzer, dkk 2004).

Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap perlindungan lingkungan dan mulai ketatnya peraturan perlindungan lingkungan, menantang para desainer produk untuk mempertimbangkan aspek lingkungan ke dalam tujuan desain produk pada tahap awal desain (Jong, 2010). Tahap paling awal dari proses desain dipercaya merupakan tahap yang paling berpengaruh dalam menentukan *eco-factor* produk. (Ulrich, 1999).

Meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya perlindungan lingkungan dan kemungkinan dampak yang ditimbulkan dari proses manufaktur produk, distribusi, konsumsi dan pengelolaan limbah produk, mendorong pengembangan metode untuk memahami dan mengidentifikasi dampak lingkungan tersebut. Salah satu metode yang telah dikembangkan adalah *life cycle assessment* (LCA) (Asari et al., 2008; Besnainou and Coulon, 1994; ISO, 2000; Rivela et al., 2006;)

Sejumlah konsep dan tools dalam rangka penerapan konsep sustainability antara lain *environmental impact assessment* (EIA), *strategic environmental assessment* (SEA), *positional analysis* (PA), *Cost-benefit analysis* (CBA), *material intensity per unit service analysis* (MIPS), *Total material requirement analysis* (TMR), *ecological footprint* (EF), *exergy analysis*, *emergy analysis and risk assessment* dan *life cycle analysis* (LCA). (Prek, 2004)

Life cycle assessment (LCA) memiliki kemampuan untuk menemukan isu penting dari aspek lingkungan. (Andrae, 2010). *Life cycle assessment* (LCA) saat ini merupakan alat yang paling representatif untuk menganalisa dan menghitung konsumsi sumber daya (*resources*) dan dampak lingkungan di sepanjang daur hidup produk. (Jong, 2013).

LCA memerlukan data rinci pengembangan produk yang tidak tersedia pada fase awal desain konseptual. Untuk mengatasi masalah ini, konsep *eco-design* dimunculkan untuk membantu desainer produk mengurangi dampak lingkungan dengan membuat keputusan yang lebih baik pada tahap awal desain (Chiu, 2012).

Eco-design merupakan konsep produk yang mengintegrasikan aspek perlindungan terhadap lingkungan pada tahap desain produk, merupakan cara terbaik untuk meningkatkan performansi produk terkait dengan perlindungan lingkungan (Eljasioute, 2010). *Life cycle assessment* (LCA) sering digunakan untuk membandingkan alternatif produk terkait

dengan dampak lingkungan sehingga memudahkan untuk mengetahui alternatif mana yang paling ramah lingkungan (Kuan, 2007).

LCA telah banyak digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada produk elektronik, antara lain pada consumer elektronik (Andrae, 2010), *air conditioning* (Prek, 2004), TV CRT (Song, dkk, 2012), *electric lamp* (Pringgajaya, 2012), *sound electric* dan peralatan elektronik (Besnainou dan Coulon, 1994), desktop computer (Duan, 2009), media elektronik (Hischier, 2014).

Tujuan dari pembahasan LCA ini adalah untuk mengetahui tahapan proses mana yang memberikan dampak terhadap lingkungan cukup besar dari proses produksi kipas angin, serta mengetahui nilai eco-cost dari produk kipas angin yang saat banyak digunakan, kemudian dibandingkan nilai dampak lingkungan serta nilai eco-costnya dengan produk kipas angin alternatif. Sehingga akan diketahui apakah produk kipas angin alternatif mampu mereduksi dampak lingkungan yang serta nilai eco-cost dari kipas angin eksisting.

II. TINJAUAN PUSTAKA Sustainability Development

Istilah *sustainable development* menurut Catton(1986) diartikan sebagai peningkatan kualitas hidup masyarakat dengan mempertimbangkan kemampuan regenerasi ekosistem lingkungan. Sedangkan menurut WCED (1987) *Sustainable development* didefinisikan sebagai pengembangan produk untuk memenuhi kebutuhan masa sekarang tanpa mengabaikan kemampuan generasi masa mendatang untuk mencukupi kebutuhan mereka.

Ciegis, Remigijus et al, (2009) menjelaskan *Sustainable development* bukanlah tentang pilihan antara melindungi lingkungan dengan kemajuan masyarakat, tetapi lebih tentang memajukan pengembangan sosial ekonomi yang selaras dengan upaya perlindungan lingkungan.

Sustainability pada Proses Manufaktur

Sustainable manufacturing adalah bagian dari konsep *sustainable development*, yang dikembangkan pada awal 1980 sebagai bentuk respon untuk meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan sebagai dampak dari perkembangan ekonomi dan ekspansi global dari sektor bisnis dan perdagangan (Leahu, Silvia -Aluas.2010)

Konsep dari *Sustainable manufacturing* menurut Jawahir (2008) adalah proses desain dan manufaktur dari produk dengan kualitas performansi yang tinggi dengan meningkatkan

kemampuan fungsional dengan cara efisiensi energi, *safe and secure technology*, dan metode manufaktur dengan cara minimasi produksi limbah dan emisi, dan meningkatkan aspek *recovery*, *recyclability*, *reusability*, *remanufacturability*, dengan fitur *redesign* dan semua hal yang bermanfaat untuk aspek sosial dan ekonomi.

Product Design for Sustainability

Pada 1990-an, konsep seperti *eco-design* dan *green product* diperkenalkan sebagai strategi perusahaan dalam rangka mengurangi dampak lingkungan terkait dengan proses produksi mereka. Salah satu metodologi yang dikembangkan adalah *eco-design*, *Design for Sustainability* (D4S), telah berkembang dari metode produksi bersih umum yang fokus pada produk dan dengan memasukkan unsur-unsur sosial, ekonomi, dan lingkungan produksi.

Design for sustainable dapat dikembangkan dengan berbagai strategi, baik yang secara langsung terkait dengan aktifitas desain produk maupun yang tidak berkaitan secara langsung dengan aktifitas desain produk

Life Cycle Assesment (LCA)

Life cycle assessment (LCA) adalah suatu konsep atau metodologi untuk mengestimasi dan menilai dampak lingkungan yang dikontribusikan dari masing-masing fase hidup produk (Rebitzer, dkk, 2008). *Life cycle assessment* (LCA) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan produk sepanjang daur hidupnya termasuk ekstraksi dan pengolahan raw material, tahap manufacturing, tahap distribusi, tahap penggunaan, recycling dan disposal (Chiu, 2012).

LCA dijelaskan dalam seri ISO 14000 yang terdiri atas pengumpulan data input-output dari system produk yang relevan melalui evaluasi potensi dampak lingkungan sesuai dengan data input-output dan melalui interpretasi hasil analisis data dan penilaian dampak. LCA meliputi keseluruhan fase hidup produk. (Prek, 2004).

Eco- Cost

Menurut Volgtlander (2010), *Eco- Cost* merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan disesuaikan dengan kemampuan bumi (daya dukung bumi). *Eco-cost* merupakan ukuran yang mendeskripsikan tentang jumlah beban lingkungan dari suatu produk atas dasar penanggulangan limbah tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi dan *Dept-interview* terkait proses produksi kipas angin, **Studi dokumentasi** untuk mendapatkan data-data penunjang yang terkait dengan proses produksi kipas angin.

Pengolahan Data

1. Perhitungan *Life Cycle Assessment*

Perhitungan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*, dilakukan dengan menggunakan *software* SimaPro v 7.1. 8 dengan tujuan untuk mengetahui besar nilai dampak lingkungan dari produk kipas angin. Adapun tahapan perhitungan LCA, meliputi:

- *Goal and Scope.* Lingkup penilaian LCA adalah siklus hidup produk hanya pada tahap produksi dan assembly produk saja.
- *Life cycle inventory.* Tahap diidentifikasi data input dan output untuk masing-masing tahapan proses produksi yang dievaluasi
- Perhitungan LCIA. Perhitungan LCIA yakni perhitungan nilai karakterisasi, normalisasi, pembobotan, dan *single score*

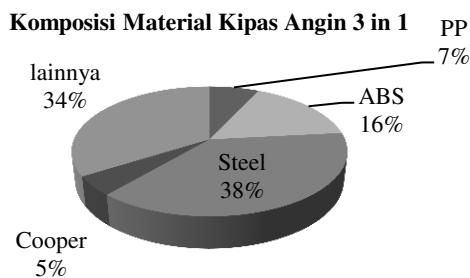
2. **Perhitungan Eco-cost.** Perhitungan nilai *Eco-Cost* menggunakan metode *eco-cost 2012* dengan menggunakan *data base Eco-Invent V3 2014*, yang dipublikasikan pada laman *Ecocostvalue.com*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Perbandingan LCA

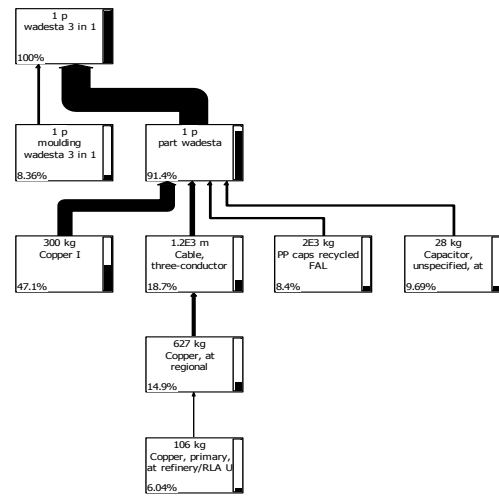
1. *Goal and Scope.* Mengetahui dampak lingkungan dari proses produksi kipas angin dan nilai *eco-cost*. *Scope* penilaian LCA dalam lingkup *gate to gate*, input berupa kebutuhan material dan energi, dengan *software simaPro* metode perhitungan *Eco-cost 2012 v 1.00*.

2. **Life Cycle Inventory.** Data input LCA kipas angin antara lain jenis dan jumlah material serta energi dihitung untuk ukuran produksi sebesar 1 *batch* (1000 unit). Gambar 1 menunjukkan komposisi material kipas angin 3 in 1.



Gambar 1. Komposisi material kipas angin 3 in 1

Berdasarkan komposisi material dan konsumsi energi, diagram pohon untuk produk kipas angin 3 in 1 ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 3. Diagram pohon kipas 3 in 1

3. *Life Cycle Impact Assesment*

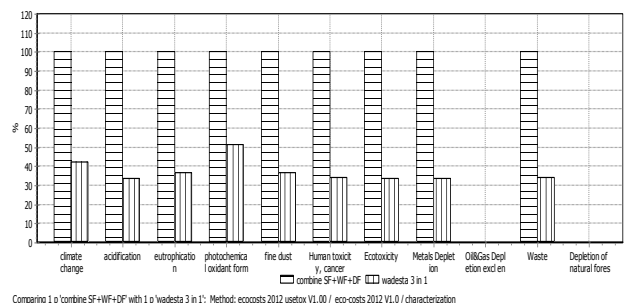
▪ **Characterization.** Hasil perhitungan karakterisasi perbandingan antara kipas angin 3 in 1 dengan kipas angin 3 fungsi berbeda secara terpisah, ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil perhitungan Karakterisasi SNQ- 16

| Impact Category | Unit | SF+WF+DF | Wadesta |
|---------------------------------|-------------|--------------|------------|
| Climate Change | Kg CO2 Eq | 60.042,09 | 25.327,95 |
| Acidification | Kg SO2 Eq | 1.198,52 | 403,06 |
| Eutrophication | Kg P Eq | 3,03 | 1,11 |
| Photochemical Oxidant Formation | Kg NMVOC | 63,81 | 32,85 |
| Fine Dust | Kg PM2.5 Eq | 29,76 | 10,89 |
| Human Toxicity, Cancer | Ctuh | 0,00 | 0,00 |
| Ecotoxicity | Ctue | 88.292,75 | 29.673,20 |
| Metals Depletion | Euro | 3.462,58 | 1.154,19 |
| Waste | Mj | 1.219.478,50 | 413.054,79 |

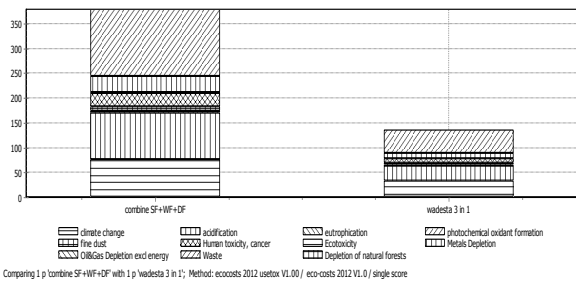
Sumber: *Software Simparo*

Adapun grafik perbandingan nilai hasil perhitungan karakterisasi kedua produk, ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Nilai Karakterisasi

Adapun hasil perhitungan *single score* untuk perbandingan antara stand fan wadesta dengan kipas angin 3 fungsi secara terpisah, ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Single Score

Dari hasil perhitungan LCIA *single score* dengan menggunakan metode eco-cost 2012 pada gambar 4, tampak bahwa produk kipas angin 3 in 1 mampu mereduksi nilai dari semua kategori dampak lingkungan yang ditimbulkan.

4.2 Perhitungan Eco- cost

Eco-cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan sebagai upaya untuk pencegahan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Perhitungan eco-cost dari hasil perhitungan 1 batch produk dengan menggunakan nilai kurs 1 euro = 15.594 rupiah. (BCA.co.id/25 Juli 2014) ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Eco cost

| Impact Category | SF+WF+DF | Wadesta |
|------------------------|----------------|----------------|
| Total | Rp 627.180.357 | Rp 223.820.604 |
| Climate Change | Rp 126.400.016 | Rp 53.320.145 |
| Acidification | Rp 154.190.703 | Rp 51.853.359 |
| Eutrophication | Rp 557.938 | Rp 205.011 |
| Photochemical | Rp 5.711.221 | Rp 2.939.749 |
| Oxidant Formation | | |
| Fine Dust | Rp 13.758.494 | Rp 5.035.484 |
| Human Toxicity, Cancer | Rp 45.829.648 | Rp 15.674.524 |
| Ecotoxicity | Rp 1.961.304 | Rp 659.150 |
| Metals Depletion | Rp 53.995.446 | Rp 17.998.483 |
| Oil&Gas Depletion | Rp 0 | Rp 0 |
| Waste | Rp 224.775.596 | Rp 76.134.705 |

Sumber: Software Simparo

Dari perhitungan Eco-cost dengan metode eco- cost 2012 pada tabel 4, menunjukkan bahwa 1 batch produk wadesta memiliki nilai eco- cost sebesar Rp. 223.820.604,00. Biaya eco- cost menunjukkan besar biaya yang harus dikeluarkan untuk mencegah dampak lingkungan yang ditimbulkan baik untuk dampak terhadap kualitas lingkungan maupun terhadap kualitas kesehatan manusia.

Produk kipas angin 3 in 1 memberikan nilai eco-cost yang lebih rendah dibandingkan dengan produk kipas angin dengan 3 fungsi berbeda secara terpisah. Adapun produk kipas angin dengan 3 fungsi berbeda secara terpisah memiliki nilai eco-cost sebesar Rp. 627.180.357,00 untuk 1 batch produk.

Penurunan nilai eco-cost masing- masing kategori dampak lingkungan ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Penurunan Nilai Eco-Cost (per unit)

| Impact Category | SF+WF+DF | Wadesta | Nilai Penurunan |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| I | II | III | IV= (II-III) |
| Total | 627.180,36 | 223.820,60 | 403.359,75 |
| Climate Change | 126.400,02 | 53.320,14 | 73.079,87 |
| Acidification | 154.190,70 | 51.853,36 | 102.337,34 |
| Eutrophication | 557,94 | 205,01 | 352,93 |
| Photochemical | 5.711,22 | 2.939,75 | 2.771,47 |
| Oxidant Formation | | | |
| Fine Dust | 13.758,49 | 5.035,48 | 8.723,01 |
| Human Toxicity, Cancer | 45.829,65 | 15.674,52 | 30.155,12 |
| Ecotoxicity | 1.961,30 | 659,15 | 1.302,15 |
| Metals Depletion | 53.995,45 | 17.998,48 | 35.996,96 |
| Waste | 224.775,60 | 76.134,70 | 148.640,89 |

Produk kipas angin 3 in 1 memiliki nilai eco-cost yang lebih rendah karena kipas angin tersebut menggunakan jumlah material dan komponen yang lebih sedikit, sehingga jumlah waste yang dihasilkan juga lebih sedikit, akibatnya dampak lingkungan yang ditimbulkan juga lebih sedikit.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan LCA dengan metode *eco- cost* 2012 v. 1.00, diketahui bahwa kategori dampak lingkungan dengan nilai terbesar dari produk kipas angin adalah kategori *waste*, *ecotoxicity* dan *climate change*. Besar nilai *Eco-cost* produk kipas angin dengan 3 fungsi berbeda dalam 3 unit produk yang terpisah, sebesar Rp.627.180,00 per unit produk. Adapun alternatif produk kipas angin dengan konsep integrasi produk 3 in 1, memiliki nilai *eco- cost* sebesar Rp. 223.821,00 per unit produk atau menurunkan nilai eco- cost sebesar Rp. 403.360,00 per unit produk.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Andrae dan Anderson. (2010). Life cycle assessment of consumer electronic, are they consistent?. *International Journal Life Cycle Assessment* 15.827-836.
- Asari M, Fukui K, Sakai S. (2008). Life-cycle flow of mercury and recycling scenario of fluorescent lamps in Japan. *Journal Of Sciences of Total Environment* 2008;393(1):1-10.
- Besnainou J. dan Coulon R. (1994). Life cycle assessment, an analytical tool for designing environmentally sound electric and electronic devices, *Electronics and the Environment. Proceedings of the 1994 IEEE international symposium on 2-4 May 1994, Wayne, NJ, U.S.A.*

- Catton, W. (1986). Carrying capacity and the limits to freedom. *Paper prepared for Social Ecology Session 1, XI World Congress of Sociology*, New Delhi.
- Chiu, Ming-C huan dan Chih-Hsing Chu. (2012). Review Of Sustainable Product Design From Life Cycle Perspectives. *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing* Vol. 13, No. 7, Pp. 1259-1272
- Ciegis, Remigijus. dkk. (2009). The Concept of Sustainable Development and its Use for Sustainability Scenarios. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*(2). 2009. ISSN 1392-2785
- Duan, Huabo. (2009). Life Cycle Assessment Study Of A Chinese Desktop Personal Computer. *Journal Of Science of The Total Environment* 407 (2009) 1755–1764
- Evans, Steve. (2008). Towards a sustainable industrial system: accelerating, the contribution of education and research. University of Cambridge Institute for Manufacturing, Department of Engineering. *International Manufacturing Professors' Symposium in Cambridge UK in July 2008 and the subsequent UK Manufacturing Professors' Forum*. www.ifm.eng.cam.ac.uk
- Elijosiute dan Varzinskas. (2010). Application of life cycle measures to increase efficiency of domestic cooling appliances. *Journal of Environmental Research, Engineering And Management* no 4(54)P.54-61. ISSN 2029-2139
- Garg, Amit, dkk (2014). An assessment of household electricity load curves and corresponding CO2 marginal abatement cost curves for Gujarat state, India. *Journal of Energy Policy* 66 (2014) 568x –584. Vastrapur, Ahmedabad, India.
- Hischier, Roland, dkk. (2014). Evaluating the sustainability of electronic media: Strategies for life cycle inventory data collection and their implications for LCA results. *Journal of Environmental Modelling & Software* xxx 1e10.
- ISO 14040 series: environmental management–life cycle assessment–principles and framework. ISO 14040 series.
- I.S. Jawahir. (2008). Beyond the 3R's: 6R Concepts for Next Generation Manufacturing: Recent Trends and Case Studies. University of Kentucky Lexington, KY, USA. *Symposium on Sustainability and Product Development IIT*, Chicago, August 7-8, 2008
- Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger, *Product Design and Development*, McGraw-hill, 1999.
- Kuan, Choon Keat. Dkk. (2007). Streamlined life cycle assessment of residue utilization options in Tongkat Ali (*Eurycoma longifolia*) water extract manufacturing process. Published online: 22 February 2007 _ Springer-Verlag 2007
- Myeon-Gyu, Jeong. dkk. (2010). A Framework for Stepwise Life Cycle Assessment during Product Design with Case-Based Reasoning. *6th annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering*. Marriott Eaton Centre Hotel Toronto, Ontario, Canada, August 21-24, 2010.
- Myeon-Gyu, Jeong. dkk. (2013). Approximate Life Cycle Assessment Using Case-Based Reasoning for the Eco Design of Products. *2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*. Korea Advanced Institute of Science and Technology.
- Pringgajaya, Kadek A. (2012). Impementasi LCA dan pendekatan ANP untuk pengembangan produk hetric lamp yang ramah lingkungan. *Jurnal Teknik ITS vol.1*, ISSN:2301-9271
- Prek, Matjaz. (2004). Environmental impact and life cycle assessment of heating and air conditioning systems, a simplified case study. *Journal of Energy and Building* 36 (2004) 1021-1027.
- Rebitzer, G. dkk (2004). Life cycle assessment Part 1: Framework, Goal and Scope Definition, Inventory Analysis, and Applications. *Journal Of Environment International* 30 (2004) 701– 720. Switzerland
- Rivela B, Moreira MT, Muñoz I, Rieradevall J, Feijoo G. (2006). Life cycle assessment of wood wastes: a case study of ephemeral architecture. *Journal Of Sciences of Total Environment* 2006;357(1–3):1-11.
- Silvia- Aluas Leahu (2010). Sustainable Manufacturing: An Overview for Manufacturing Engineer. *Sustainable Manufacturing Consulting*, <http://sustainablemanufacturing.biz/> diakses pada 4 april 2014
- Song, Qingbin, dkk (2012). Life Cycle Assessment Of TV Sets In China: A Case Study Of The Impacts Of CRT Monitors. *Journal Of Waste Management* 32 (2012) 1926–1936. Macau
- Torrent, Marcel dkk. (2011). Life cycle analysis on the design of induction motors. *International Journal of Life Cycle Assess* DOI 10.1007/s11367-011-0332-4
- Vogtländer, J.G., Brezet, Han C., Hendriks, Ch, F., 2000. *The Virtual Eco-costs '99 A Single LCA-Based Indicator for Sustainability and the Eco-costs – Value Ratio (EVR) Model for Economic Allocation. A New LCA-Based Calculation Model to Determine the Sustainability of Products and Services*. *International Journal of Life Cycle Assessment* 5 (6).
- World Commission on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*. Oxford, UK. Oxford University Press
- <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=81&c=xx&l=en> diakses pada 2 Mei 2014 pukul 13:50
- <http://kemenperin.go.id> diakses pada 28 april 2014 pukul 11.10
- www.bca.co.id/ diiakses pada 22 Juli 2014
- [%20csnumber=23152](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_e_detail.htm), Dec 2000.
- <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in>, diakses 25 Mei 2014