

EVALUASI KEMUDAHAN PEMBONGKARAN PRODUK UNTUK PERBAIKAN (PRODUCT REPAIR)

Ida Nursanti *, Rikha Rachmawati, Ahmad Kholid Al Ghofari, Hafidh Munawir

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Surakarta.

*Email: Ida.Nursanti@ums.ac.id

Abstrak

Barang bekas elektronik merupakan limbah yang berasal dari barang rumah tangga yang penggunaannya memerlukan listrik serta sudah mencapai akhir hidupnya karena telah rusak, bekas dan mungkin tidak terpakai lagi. Dalam setiap limbah elektronik terkandung material dan logam yang berharga, disamping itu juga mengandung bahaya dan racun yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan jika limbah elektronik tidak dikelola dengan baik. Resiko yang ditimbulkan dapat diminimasi dengan konsep manufaktur berkelanjutan dengan cara reuse, repair dan remanufacture. Salah satu kendala dalam melakukan penanganan lanjutan dari sebuah limbah elektronik adalah kesulitan dalam memisahkan bagian atau komponen dari produk tersebut sehingga perlu dilakukan evaluasi kemudahan dalam pembongkaran produk dan menghitung keefektifan desain dari sebuah produk menggunakan metode Maynard Operation Sequence Technique (MOST) dan disassembly evaluation chart. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa keefektifan desain dari mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit sebesar 30,54% dan diperkirakan memerlukan waktu selama 4 menit dalam membongkarnya. Kemudian setelah dilakukan perbaikan terjadi peningkatan keefektifan desain sebesar 22,7% menjadi 53,24% dan perkiraan waktu membongkar menjadi 2,28 menit, ini menunjukkan penghematan waktu selama 1,72 menit.

Kata kunci: e-waste, mesin pompa air, MOST, disassembly evaluation chart

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman kebutuhan masyarakat untuk pemenuhan kebutuhan hidupnya juga semakin meningkat. Tidak terkecuali kebutuhan akan perangkat elektronik untuk memanjakan aktivitas keseharian masyarakat. Peralatan elektronik seperti kulkas, mesin cuci, AC, mesin pompa air, komputer dan peralatan elektronik lainnya yang dijual di pasaran menjadi cepat usang dan memiliki siklus akhir hidupnya sendiri-sendiri sehingga tidak dipergunakan lagi oleh penggunanya jika siklus hidupnya sudah berakhir, ini akan menjadi limbah elektronik atau sering disebut *electronic waste*. Barang bekas elektronik merupakan limbah yang berasal dari barang rumah tangga yang penggunaannya memerlukan listrik serta sudah mencapai akhir hidupnya (*end of life*) karena telah rusak, bekas dan mungkin tidak terpakai lagi (Gaidajis dkk, 2010). Sutanto dkk (2017) menyatakan bahwa limbah elektronik merupakan jenis limbah yang pertumbuhannya paling tinggi disetiap tahunnya. Dalam setiap limbah elektronik terkandung material dan logam yang berharga, disamping itu juga mengandung bahaya dan racun yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan jika limbah elektronik tidak dikelola dengan baik. Resiko yang ditimbulkan dapat diminimasi dengan konsep manufaktur berkelanjutan dengan cara reuse, repair dan remanufacture (Sutanto dkk, 2017).

Saat ini di Indonesia sendiri belum terdapat regulasi yang mengatur tentang penanganan dari limbah elektronik. Sedangkan di beberapa negara telah menerapkan peraturan perlindungan lingkungan yang menuntut perusahaan manufaktur untuk “take back” dan recycle dari produk yang mereka hasilkan. Hal ini menjadikan produsen dituntut untuk menciptakan produk yang dapat mengatasi atau mengantisipasi permasalahan ini. Agar tetap kompetitif, produsen harus menciptakan produk yang aman untuk lingkungan dan memfasilitasi recovery dan recycle bahan atau komponen yang efisien (Kroll dan Hanft, 1998).

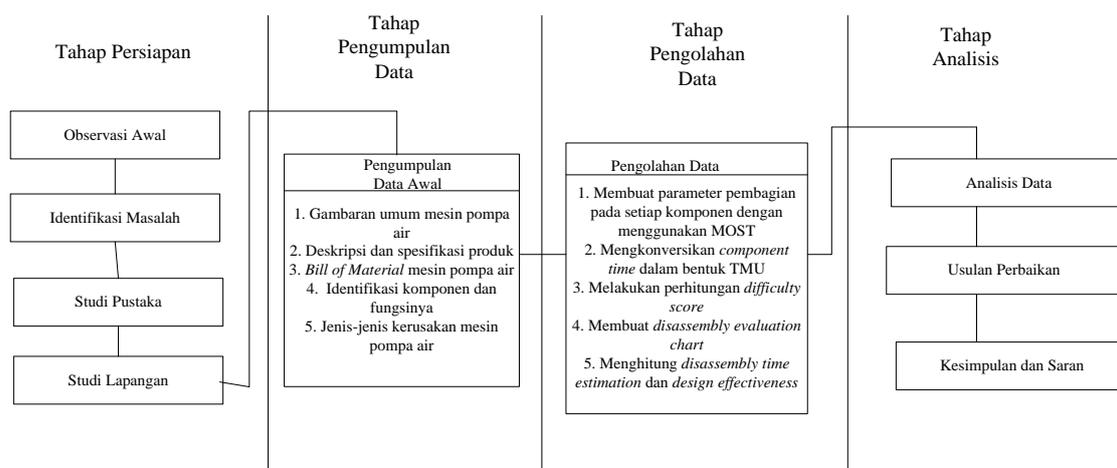
Salah satu kendala dalam melakukan penanganan lanjutan dari sebuah limbah elektronik adalah kesulitan dalam memisahkan bagian atau komponen dari produk tersebut. Hal ini bisa dikarenakan desain dari produk tersebut hanya dibuat untuk memudahkan dalam perakitan awal pembuatan tanpa memperhatikan kemudahan dalam pembongkarnya di akhir siklus hidupnya. Salah satu aspek pengembangan produk yang dipusatkan pada akhir hidup produk adalah *Design for Disassembly* (DFD). DFD harus menyatu pada tingkat awal pembuatan desain produknya, dengan

kata lain seorang *designer* selain mempertimbangkan DFA juga harus mempertimbangkan DFD dalam pembuatan desain untuk sebuah produk. DFD dibuat untuk mempertimbangkan penanganan produk di akhir siklus hidupnya, bisa karena dibongkar guna perbaikan (*repair*) untuk digunakan kembali (*reuse*), dibongkar untuk proses daur ulang (*recycle*) atau dibongkar untuk proses produksi kembali (*remanufacture*).

Salah satu pembongkaran yang dilakukan untuk kepentingan perbaikan (*repair*) agar memperpanjang masa hidup dari produk elektronik dilakukan oleh pelaku reparasi barang elektronik seperti kulkas, televisi, mesin pompa air, komputer, radio dan beberapa barang elektronik lainnya. Didalam proses pembongkaran para pelaku jasa reparasi juga mengalami kesulitan, bisa dikarenakan kesulitan dalam menempatkan *tools* yang digunakan atau karena posisi dari komponen yang sulit diakses atau dijangkau. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemudahan dalam pembongkaran produk dan menghitung keefektifan desain dari produk elektronik. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui keefektifan desain dari sebuah produk dan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk membongkar sebuah produk sehingga diharapkan dapat meminimalkan waktu kerja bagi pelaku jasa reparasi selain itu juga mampu meningkatkan masa hidup (*end of life*) dari sebuah produk agar mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh barang bekas.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemudahan pembongkaran dari mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit dengan menggunakan metode MOST dan *Disassembly Evaluation Chart* (DEC) yang dilakukan dengan beberapa tahap seperti pada gambar 1. kerangka pemecahan masalah



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah

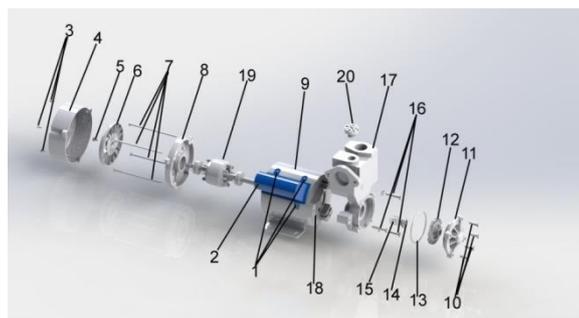
Metode MOST digunakan untuk menilai kesulitan (*difficulty rating*) pembongkaran produk. Setiap tugas pembongkaran dievaluasi berdasarkan pelaksanaannya dan juga pertimbangan khusus yang berarti tugas pembongkaran *special* dapat diberikan skor yang tinggi. Skor dihasilkan dengan analisis setiap tugas pembongkaran menggunakan sistem MOST kemudian dibandingkan dengan waktu pelaksanaannya. Setelah skor kesulitan didapatkan kemudian menggunakan metode DEC. Metode ini merupakan sebuah *worksheet* yang dikembangkan untuk memenuhi dua kebutuhan yaitu untuk membantu mengatur data pembongkaran yang dihasilkan selama percobaan dan mengembangkan matrik untuk menaksir kemudahan dalam proses pembongkaran. DEC berisi catatan tugas yang secara runtut dan menaksir baris yang terpisah pada *chart* selama proses pembongkaran yang sebenarnya atau simulasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini gambaran dari produk yang dijadikan obyek penelitian yaitu mesin pompa air merk Shimizu tipe PS-126 Bit. Pada gambar 2. menjelaskan tentang *exploded view* dari komponen Shimizu tipe PS-126 Bit. Sedangkan tabel 1 merupakan *bill of material* dari komponen.

Tabel 1. Bill Of Material Shimizu PS-126 Bit

Part No.	Quantity	Part Name	Material
1	3	sekrup penutup kapasitor	steel
2	1	penutup kapasitor	plastic
3	3	sekrup penutup kipas	steel
4	1	penutup kipas	plastic
5	1	sekrup kipas	steel
6	1	kipas	plastic
7	4	sekrup penutup rotor	steel
8	1	penutup rotor	steel
9	1	pump body	steel
10	4	sekrup pump lover	steel
11	1	pump lover	plastic
12	1	impeler	steel
13	1	O-ring	rubber
14	1	mechanical seal 1	Mixed
15	1	mechanical seal 2	rubber
16	3	sekrup penampung air	steel
17	1	penampung air	steel
18	1	pump body samping	steel
19	1	rotor bearing	stainless steel
20	1	Tutup penampung air	plastic



Gambar 2. Exploded View Shimizu PS-126 Bit

3.1 Menilai Kesulitan (*Difficulty Rating*)

Difficulty Rating ditentukan untuk mengukur tingkat kesulitan dari lima kategori kesulitan saat melakukan pembongkaran. Kategori ini meliputi *Accessibility*, *Potitioning*, *Force*, *Base time* dan *Special*. Skor kesulitan diturunkan dari perkiraan waktu saat melakukan pembongkaran dengan menggunakan MOST. Setiap tugas pembongkaran dievaluasi berdasarkan pelaksanaannya dan juga pertimbangan khusus yang berarti tugas pembongkaran *special* dapat diberikan skor yang tinggi. Skor dihasilkan dengan analisis setiap tugas pembongkaran menggunakan sistem MOST kemudian dibandingkan dengan waktu pelaksanaannya. Pemberian skor kesulitan ini diberikan antara skala 1(*easy*)- 10(*difficult*).

3.2 Membuat *Disassembly Evaluation Chart*

Disassembly Evaluation Chart (DEC) diimplementasikan sebagai metode untuk mengevaluasi pembongkaran. DEC berisi informasi tentang pembongkaran sebuah produk termasuk nomor komponen (*part no*), nama komponen (*part name*), jumlah (*quantity*), secara teoritis dibutuhkan keberadaannya sebagai komponen (*min. no of parts*), jenis tipe pembongkaran (*task type*), jumlah pengulangan tugas (*no.of task repetitions*), alat yang digunakan membongkar (*required tool*), skor kesulitan (*difficulty rating*), jumlah skor kesulitan (*sub total*), perkalian antara pengulangan tugas dengan jumlah skor kesulitan (*total*), catatan khusus (*comments*), nomor menggunakan alat saat

membongkar (*no. of tool manipulation*), nomor penggunaan tangan saat membongkar (*no. of hand manipulation*) dan perkiraan waktu membongkar (*estimation time*).

DEC dari pembongkaran produk pompa air Shimizu PS-126 Bit dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini.

Tabel 2. Disassembly Evaluation Chart untuk Pompa Air

DISASSEMBLY EVALUATION CHART ORIGINAL																	
PROUDCT: Pompa Air Shimizu PS-126 Bit														DATE: 25 Juni 2018			
PREPARED BY: Rikha Rachmawati														SHEET: 1 OF 1			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Part No	Part Name	Quantity	Min. No. Of Parts	Task Type	No. Of Task Repetitions	Required Tool	Difficulty Rating 1 (Easy) ...10 (Difficult)					Subtotal	Total	Comments	No. Of Tool Manipulation	No. Of Hand Manipulation	Estimation Time (Sec)
							Accessibility	Positioning	Force	Base Time	Special						
1	sekrup penutup kapasitor	3	3	Un	3	PS	1	2	2	3	1	9	27		2		14
	sekrup penutup kipas	3	0	Un	3	PS	1	2	2	3	1	9	27		2		14
2	penutup kapasitor	1	1	Re	1		1	2	1	3	1	8	8			2	5
3	penutup kipas	1	1	Pu	1		1	2	1	3	1	8	8			2	5
4	sekrup kipas	1	1	Un	1	PS	1	2	2	3	1	9	9		2		6
5	kipas	1	1	We	1	PS	1	2	2	3	1	9	9	obeng digunakan untuk mencungkil kipas	2		6
6	sekrup penutup rotor	4	0	Un	4	ND	1	2	4	3	1	11	44		2		27
				Pu	4		1	2	4	3	1	11	44				25
7	penutup rotor	1	1	Ha	1	HM	1	2	2	3	1	9	9		2		6
8	pump body	1	1	Ha	1	HM	1	2	2	3	1	9	9		2		6
9	sekrup penutup impeler	4	3	Un	4	ND	1	2	4	3	1	11	44		2		27
				Pu	4		1	2	4	3	1	11	44				25
10	penutup impeler	1	1	Pu	1		1	2	1	3	1	8	8			2	5
11	impeler	1	1	Pu	1	VS	1	3	2	3	2	11	11	berat/heavy	2		8
						PL									2		2
12	O-ring	1	1	Ho	1		1	3	2	3	1	10	10			2	7
13	mechanical seal 1	1	1	Pu	1	PL	1	2	1	3	1	8	8	berat/heavy	2		5
14	mechanical seal 2	1	1	Pu	1	PL	1	2	1	3	1	8	8	berat/heavy	2		5
15	sekrup rumah pompa	3	3	Un	3	ND	1	2	4	3	1	11	33		2		21
16	rumah pompa	1	1	FL	1		1	2	1	3	1	8	8			2	5
17	pump body samping	1	1	Ha	1	HM	1	2	1	3	1	8	8		2		5
18	rotor bearing	1	1	Ha	1	HM	1	2	2	3	1	9	9		2		6
19	tutup lubang pancingan (hooper cap)	1	1	Un	1	PL			2		1	9	9		2		6
		32	24		40								394	SUM	32	10	240

3.3 Menghitung Disassembly Time Estimation

Disassembly time estimation merupakan angka dari perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk membongkar sebuah produk. Menurut Kroll (1996) *disassembly time estimation* dapat dihitung menggunakan persamaan seperti dibawah ini.

$$\text{Waktu pembongkaran (s)} = (\text{jumlah pada kolom total} - 5 \times \text{jumlah pada kolom no. of task repetition}) \times 1.04 + (\text{tools and hand manipulation}) \times 0.9$$

$$\text{Waktu pembongkaran (s)} = \left(\sum \text{kolom 14} - 5 \times \sum \text{kolom 6} \right) \times 1.04 + (\text{tools and hand manipulation}) \times 0.9$$

$$\text{Waktu pembongkaran (s)} = (394 - 5 \times 40) \times 1.04 + (32+10) \times 0.9$$

$$\text{Waktu pembongkaran (s)} = 240 \text{ detik}$$

Berdasarkan persamaan tersebut didapatkan hasil perkiraan waktu pembongkaran untuk produk pompa air selama 240 detik atau setara dengan 4 menit.

3.4 Menghitung Keefektifan Desain

Berdasarkan DEC yang telah dibuat dapat terlihat bahwa *theoretical minimum number of part* sebanyak 24 *part* dan perkiraan waktu pembongkaran adalah 240 detik. Oleh karena itu efektifitas desain dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Keefektifan desain} &= \frac{5 \text{ detik} \times \sum \text{kolom 4}}{\sum \text{kolom 14}} \times 100 \\ \text{Keefektifan desain} &= \frac{5 \text{ detik} \times 24}{394} \times 100 \\ \text{Keefektifan desain} &= 30.45 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka didapatkan efektifitas dari desain mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit adalah 30.45 %.

Berdasarkan pengolahan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa keefektifan desain dari mesin pompa air masih tergolong rendah maka perlu dilakukan perbaikan. Perbaikan yang dilakukan dapat berupa mengkombinasikan dan *redesign* dari setiap komponen, setelah dilakukan perbaikan diperkirakan keefektifan desain dapat meningkat sekitar 22,78% menjadi 53,24% dan perkiraan waktu menjadi 2,28 menit menunjukkan penghematan sebesar 1,72 menit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa efektifitas desain *original* dari mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit sebesar 30,45% hal ini masih tergolong rendah mengingat keefektifan desain yang ideal adalah 100% dengan perkiraan waktu membongkar mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit selama 4 menit. Maka dari itu perlu dilakukan perbaikan dengan mengkombinasikan *part* atau *redesign part* pada mesin pompa air tersebut. Setelah dilakukan perbaikan pada desain mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit diketahui efektifitas desain perbaikan sebesar 53,24%. Hal ini menunjukkan peningkatan keefektifan sebesar 22,7% dan perkiraan waktu membongkar mesin pompa air Shimizu PS-126 Bit selama 2,28 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pembongkaran pada desain yang baru dapat menghemat waktu sebesar 1,72 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Allsopp, M., Santillo, D dan Johnston, P., 2006, Environmental and Human Health Concerns in the Processing of Electrical and Electronic Waste, *Greenpeace Research Laboratories*, Departement of Biological Science, University of Exeter, UK.
- Andarani, Pertiwi dan Goto, Naohiro., 2012, "Preliminary Assesment of Economic Feasibility for Establishing a Households' E-Waste Treating Facility in Serang, Indonesia", *International Journal of Environment Science and Development*, Vol. 3, No. 6, hh. 562-568.
- Armacost, R.L., Balakrishnan, D dan Pet-Armacost, J., 2002, Design for Remanufacturability using QFD, *Proceedings of the 11 Annual Industrial Engineering Research Conference: IEERC-2002*.
- Boothroyd, G dan Dewhurst, P., 1987, *Product Design for Assembly*. Boothroyd Dewhurst, Wakefield, RI.
- Crowther, Philip. 1999. "Design for Disassembly", *Royal Australian Institute of Architects/BDP*, Enviromental Design Guide.
- Carver, B.S dan Kroll, Ehd., 1999, "Disassembly Analysis Through Time Estimation and Other Metrics", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* Vol. 15, hh. 191-281.
- Castellani, V., Sala, S dan Mirabella, N., 2015, "Beyond the Throwaway Society: a Life Cycle-Based Assesment of the Environmental Benefit of Reuse", *Integrated Environmental Assesment and Management*, Vol. 11 No. 3, hh. 373-382.
- Damanhuri, E dan Sukandar., 2006, E-Waste Disposal and Health and Safety in 5R of E-Waste, *BCRC-SEA workshop on E-Waste*, Siem Reap.
- Desai, A., Mital, A., 2003, "Evaluation Disassemblability to enable design for disassembly in mass production". *Industrial Ergonomics*, Vol. 32, hh. 265-281.
- Echols, A dan Guy B, 2004, Survey of Attendes Building Materials Reuse, *Association Conference*, Oakland CA, September 1-3.

- Fatmawati, Wiwiek., 2007, Analysis of Product Disassemblability Using The Disassembly Evaluation Chart Methodology, Universitas Teknologi Malaysia.
- G. Gaidajis, K., Angelakoglou, D dan Aktsoylou, D., 2010, "E-Waste: Environmental Problems and Current Management", *Journal of Engineering Science and Technology Review*, Vol. 3, No. 1, hh. 193-199.
- King, A.M., Burgess, S.C., Ijomah, W dan McMahon, C.A., 2006, "Reducing Waste: Repair, Recondition, Remanufacture or Recycle?", *Sustainable Development*, Vol. 14, hh. 257-267.
- Kroll, Ehud., Brent Beardsley dan Parulian, Antony, 1996, "a Methodology to Evaluate Ease of Disassembly for Product Recycling", *IEE Transactions*, Vol. 28, No. 10, hh. 837-846.
- Kroll, Ehud. 1996. "Application of Work-Measurement Analysis to Product Disassembly for Recycling". *Concurrent Engineering*, Vol. 4, No. 2.
- Kroll, Ehud dan Hanft, Thomas A., 1998, "Quantitative Evaluation of Product Disassembly for Recycling", *Research un Engineering Design*, Vol. 10, hh. 1-14.
- Lesmono, Ipong, 2013, Tugas Akhir: Aplikasi Metode MOST (Maynard Operation Sequence Technique) untuk Menentukan Waktu Baku Kerja dalam Upaya Meningkatkan Jumlah Produksi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- C Lu., H Z Huang., J Y H Fuh., dan Y S Wong, 2008, "A Multy-Objective Disassembly Planing Approach With Ant Colony Optimization Algorithm", *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineering Part B: Journal Of Engineering Manufacture*, November 24.
- Robinson, B., 2009, "E-waste: an Assesment of Global Production and Environmental Impact", *Science of the Total Environmental*, Vol. 408, No. 2, hh. 183-191.
- Rios, Pedro., Blyler, Leslie., Tieman, Lisa., Stuart, Julie Ann., Duplaga, Leslie., Meyer, Natalie dan Grant, Ed, 2003, "a Symbolic Methodology to Improve Manual Disassembly Economics", *International Symposium on Electronics and Environment*, hh. 341-346.
- Safrudin, A dan Sitorus, A, 2010, E-waste Separate, Discharge and Collection, Regional Technical Training Workshop on Environmentally Sound Collection, Separation and Management of E-wastes, Ministry of Environmental of Indonesia-Secretariat of the Basel Convention- Basel Convention Regional Centre for South – East Asia, Jakarta, July 13-15.
- Suharso dan Retnoningsih, Ana, 2005, *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Lux*, Widya Karya, Semarang.
- Sutanto, Agus., Yuliandra, Berry dan Pratama, Willy, 2017, "Manufaktur Berkelanjutan pada Limbah Elektronik: Kasus Limbah Kulkas". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Vol. 16 No.1, hh. 25-33.
- Takeyama, H., Sekiguchi, H., Kojima, T., Inoue, K dan Honda T., 1983, "Study on Automatic Determination of Assembly Sequence", *CIRP Annals*, Vol. 32, No. 1, hh. 371-374.
- Wahyono, Sri, 2012, Kebijakan Pengelolaan Limbah Elektronik dalam Lingkup Global dan Lokal, Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Xing, G.H., Chan, J.K., Leung, A.O., Wu, S.C dan Wong, M.H., 2009, "Environmental Impact and Human Exposure to PCBs in Guiyu, an Electronic waste recycling site in China", *Environmental international*, Vol. 35, hh.76-82.
- Yusof, Yusri, 2003, "Disassembly Evaluation Method (DEM) for Green Product", Fakultas Teknik Mesin Universitas Teknologi Malaysia.
- Yi, Hwa-Cho., Park, Young-Chan dan Lee, Kun-Sang, 2003, "a Studi on the Method of Disassembly Time Evaluation of a Product Using Work Factor Method". *International Conference on System, Man adn Cybernetic*, Vol. 2, hh. 1753-1759.
- Zandin, K.B., 2003, *MOST Work Measure System*, Marcel Dekker. Inc., New York