

REKAYASA NILAI DAN ANALISIS DAUR HIDUP PADA MODEL ALAT POTONG KUKU DENGAN LIMBAH KAYU DI CV. PIRANTI WORKS

Haryo Santoso, Ronald

Program Studi Teknik Industri, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang - Semarang

Telp. 024 7460052, Fax 024 7460055

haryokrmt@gmail.com, ronald.766hi@gmail.com

Abstrak

Produk-produk yang menggunakan bahan polystyrene dengan jenis extruded polystyrene (PS) merupakan salah satu sumber pencemaran bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu kandungan yang terdapat pada *polystyrene* adalah karsinogen yang dapat menyebabkan kanker. Kandungan karsinogen akan terurai selama 100 tahun pada tanah dan 7 tahun pada tubuh manusia. Penelaahan kembali desain dan melakukan substitusi material menggunakan pendekatan rekayasa nilai (*value engineering*) dan analisis daur hidup dapat menghasilkan produk dengan nilai atau value yang lebih baik. Rekayasa nilai merupakan suatu metoda yang didasarkan pada pemahaman bahwa fungsi yang disandang oleh sebuah produk merupakan kunci untuk mencapai nilai yang lebih baik, sedangkan analisis daur hidup bertujuan mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk dan menurunkan pertanggung jawaban terhadap lingkungan. Pemanfaatan limbah di CV. Piranti Works pada model alat potong kuku dengan mengintegrasikan rekayasa nilai dan analisis daur hidup bertujuan untuk memberikan nilai atau value yang lebih baik dari segi lingkungan, serta sebagai langkah awal mengurangi penggunaan *polystyrene*. Hasil dari penelitian ini akan menunjukkan bahwa limbah kayu pada CV. Piranti Works dapat dioptimalkan serta memberikan nilai tambah dan layak untuk menggantikan bahan *polystyrene* secara lingkungan, sekaligus visi perusahaan yang menuju arah sustainability dapat tercapai.

Kata Kunci : rekayasa nilai, analisa daur hidup, polystyrene, alat potong kuku.

Abstract

Products that use materials polystyrene with the type of extruded polystyrene (PS) is one source of pollutant to the environment and human health. One of the content contained on polystyrene is a carcinogens that can cause cancer. The content of carcinogens will decompose over 100 years on land and 7 years in human body. Review of re-design and material substitution using value engineering approach and life cycle analysis can produce products with a value or a better value. Value engineering is a method that is based on the understanding that the functions carried by a product is key to achieving better value, while life cycle analysis to evaluate the environmental impacts of a product and reduce the coverage of the environment. Utilization of waste in the CV. Piranti Works nail on the model of cutting tools by integrating value engineering and life cycle analysis aimed to provide value or a better value in terms of environment, as well as an initial step to reduce the use of polystyrene. The results of this study will show that the waste timber in CV. Piranti Works can be optimized as well as providing added value and worth to replace polystyrene materials in the environment, an the company's vision toward sustainability can be achieved. Analysis of the eco-efficiency in CV. Piranti Works where this is a green industry, is based of life cycle analysis of the production. LCA analysis is used to evaluate the environmental impacts of wooden radio product also improve of resource usage efficiency and reduce coverage on the environment. In addition to LCA as environmental parameters are also contained an analysis of economic parameters by using cost benefit analysis and market analysis. In addition this research is to integrating economic and environmental parameters that form the eco-efficiency also integrate social parameters, where the integration of these three parameters lead to the sustainability analysis of wooden radio product. The results of this study will proof that the eco-efficiency of production can show the feasibility of an economically and environmentally, and implementation of eco-efficiency strategies can add value both economically, socially, and environmentally.

Keyword : value engineering, life cycle analysis, polystyrene, nails cutting tools

PENDAHULUAN

CV. Piranti Works merupakan industri kecil yang berkembang di wilayah pedesaan Temanggung, bergerak di sektor kerajinan kayu. Produk yang dihasilkan terdiri dari empat jenis yaitu produk Wooden radio, Toys For Soul, Stasionary dan Small Function. Industri ini dalam membuat produknya menggunakan teknologi konvensional dengan material utamanya berupa kayu. Sebanyak 95% produksi dari CV. Piranti Works dipasarkan ke luar negeri melalui distributor Areaware dan sisanya ke pasar domestik. Pada proses produksi di CV. Piranti Works dihasilkan keluaran berupa produk dan bukan produk. Keluaran bukan produk terbagi menjadi dua jenis yaitu komponen reject dan limbah buang produksi (scrab, pulp dan chips). Untuk komponen reject sejauh ini hanya di simpan dan belum dimanfaatkan secara optimal. Jumlah komponen reject pada tahun 2009-2010 sebanyak 4538 komponen dengan jumlah terbesar pada bulan Januari-Februari 2010 sebesar 1442 komponen.

Didalam upaya perusahaan untuk memanfaatkan limbah menjadi suatu produk yang bernilai tambah, maka di arahkan kepada pembuatan variasi produk dari *Small Function* ataupun *Stasionary* yang sudah dimiliki perusahaan. Kriteria produk yang diinginkan perusahaan yaitu dapat digantikan dengan limbah kayu, menghasilkan jumlah yang banyak dengan tingkat kesulitan rendah, serta tidak menambah mesin dan lini produksi. Sehingga produk yang terpilih berdasarkan checklist perusahaan yaitu alat potong kuku, yang selanjutnya akan dilakukan *benchmarking* yang merupakan kegiatan untuk melakukan perbandingan dan analisa terhadap produk yang telah ada untuk mengetahui informasi fungsi secara umum, kelebihan dan kelemahannya.

Perancangan produk alat potong kuku dengan mengintegrasikan pendekatan rekayasa nilai (*value engineering*) dan analisis daur hidup (*Life Cycle Assessment*). Integrasi ini dilakukan untuk memproses limbah kayu tersebut sekaligus sebagai model untuk mengurangi penggunaan material PS. Dimana *value engineering*

(VE) yang digunakan untuk mencari suatu alternatif atau ide yang bertujuan untuk memberikan nilai tambah dari suatu limbah, sedangkan *Life Cycle Assessment (LCA)* bertujuan mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk dan menurunkan pertanggung jawaban (*liabilities*) terhadap lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Value Engineering (VE)

Rekayasa nilai atau *value engineering (VE)*, yang sering juga disebut dengan *value analysis*, *value management (VM)*, atau *value planning*, adalah suatu metode yang didasarkan pada metodologi nilai atau *value methodology*. Metode ini pertama kali digunakan di Amerika Serikat pada tahun 1940-an oleh perusahaan General Electric pada saat dihadapkan kepada tantangan pengambilan keputusan mengenai alternatif bahan di dalam kondisi ketersediaan sumberdaya yang terbatas. Ketika itu disadari bahwa penelaahan kembali desain dan melakukan substitusi material ternyata sering menghasilkan produk yang lebih baik dengan harga yang lebih rendah dan dengan demikian mencapai nilai atau *value* yang lebih baik.

Society Of American Value Engineer (SAVE) menyebutkan *Value engineering (VE)* sebagai teknik aplikasi pendekatan untuk mengidentifikasi fungsi suatu produk atau jasa dan untuk mengembangkan fungsi tersebut pada biaya yang murah. Carlos Fallon mendefinisikan *Value engineering* sebagai metode untuk meningkatkan nilai produk dengan meningkatkan hubungan antara fungsi produk dan biayanya.

Proses *Value engineering* dibagi atas 7 fase utama yang berurutan tahapannya yaitu:

1. Tahap Informasi (*Information Phase*)
Pada tahap ini didefinisikan dan menguraikan komponen – komponen dari produk tersebut. Tujuan dari pendefinisian produk adalah untuk memudahkan dalam melakukan proses VE selanjutnya baik dari segi desain, manufaktur maupun finansialnya.
2. Tahap Analisis (*Analysis Phase*)
Tahap definisi dan Analisis terhadap fungsi ini merupakan tahap yang paling

penting dan sangat menentukan kesuksesan dalam pengembangan produk. Pada tahap ini sasaran utama yang ingin dicapai adalah untuk mengembangkan/menentukan daerah yang menguntungkan untuk dilakukan analisis lebih lanjut

3. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)
Merupakan tahapan dalam *Value engineering* yang bersifat kreatifitas dan merupakan tahapan yang vital dalam rangka proses rekayasa. Aktivitas yang dilakukan pada tahapan ini berhubungan dengan membuat alternatif – alternatif ide/konsep desain untuk menyelesaikan proses rekayasa yang dilakukan
4. Tahap Evaluasi (*Evaluation Phase*)
Tahap evaluasi berkaitan dengan proses pemilihan alternatif konsep/ide yang dibuat pada tahap inovasi melalui analisis tertentu dan sejumlah kecil alternatif ide dipilih.
5. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)
Pada tahap ini kegiatan mengorganisasi berbagai ide dan konsep yang terpilih dimulai. Tahap pengembangan dibutuhkan untuk mempertimbangkan efek dari rekomendasi dari sebuah produk. Tahap ini dibutuhkan untuk menentukan biaya peralatan, bahan, dan segala sesuatu yang dibutuhkan untuk mewujudkan produk.
6. Tahap Presesntasi (*Presentation Phase*)
7. Tahap Implementasi (*Implementation Phase*)

LCA (*Life Cycle Assessment*)

Life Cycle Assessment atau biasa disebut atau juga dikenal sebagai *life cycle analysis*, *ecobalance*, atau analisis *cradle-to-grave* adalah penyelidikan dan evaluasi dampak lingkungan dari suatu produk atau jasa yang disebabkan oleh keberadaan produk atau jasa itu sendiri serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya dan menurunkan pertanggunganan (*liabilities*) terhadap lingkungan. LCA merupakan evaluasi dari dampak teknologi, ekonomi dan lingkungan yang relevan dari proses, produk atau sektor perekonomian sepanjang siklus hidup (Schempf, 1999 dan Curran, 1996).

Fase LCA sesuai dengan ISO 14040 (Marriot, 2007):

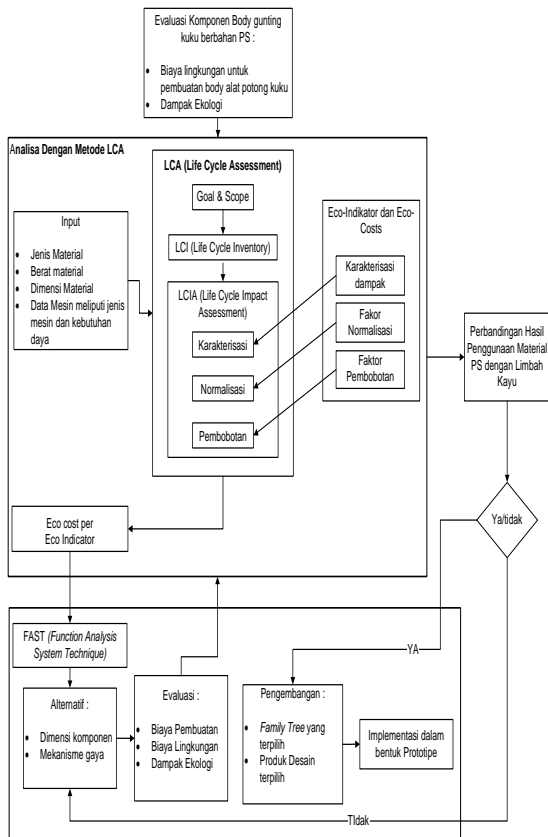
1. *Goal and Scope*
Bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan, dan asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang dievaluasi.
2. *LCI (*Life Cycle Inventory*)*
Merupakan ekstraksi inventori dan emisi, mencakup pengumpulan data dan perhitungan input dan output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fase ini menginventarisasi penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang dievaluasi.
3. *LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*)*
Merupakan penanganan dari dampak terhadap lingkungan, semua dampak penggunaan dari sumberdaya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi kedalam jumlah tertentu kategori dampak yang kemudian diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya.
 - *Classification and Characterization*
 - *Normalization*
 - *Weighting*
 - *Single Score*
4. *Interpretation*
Merupakan integrasi dari hasil *life-cycle inventory* dan *life-cycle impact assessment* yang kemudian digunakan untuk mengkaji, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten dengan tujuan dan lingkup yang telah diformulasikan.

METODE PENELITIAN

Model Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *field research* diawali dengan *intervasi* dari peneliti untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada CV. Piranti Works yang mengerucut pada tujuan penelitian yaitu memanfaatkan limbah kayu sebagai salah satu langkah dalam mengurangi bahan *polystyrene* pada suatu produk sekaligus memberi nilai tambah pada limbah yang ada pada CV. Piranti Works yang

selanjutnya menentukan langkah dalam perancangan produk dan membandingkan serta menganalisa dengan menggunakan metode rekayasa nilai dan LCA. Pada gambar 1 berikut menunjukkan model struktur pengolahan data pada penelitian ini, dimana pengolahan menggunakan beberapa metode dan data primer dari hasil observasi langsung.



Gambar 1 Struktur Model Pengolahan

SimaPro

SimaPro merupakan sebuah software yang digunakan untuk menghitung atau melakukan analisis LCA. SimaPro merupakan suatu alat yang profesional yang dapat membantu di dalam suatu proses untuk menganalisa aspek-aspek yang berkaitan dengan lingkungan dari suatu produk yang diproduksi atau jasa.

Software SimaPro yang digunakan di dalam analisis LCA ini adalah SimaPro versi 7.1.8. Software SimaPro dengan versi terbaru ini memiliki update dari database-database dari standar-standar di dalam analisis ekologi, dan pada versi terbaru ini memiliki database LCA atau database eko-

inventori yang terbaru. Pada penelitian ini digunakan database dari eko-costs 2007 di dalam analisis LCA.

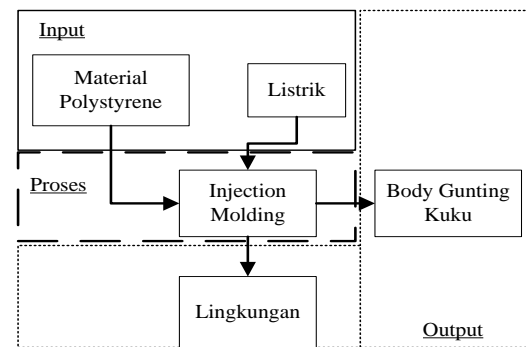
HASIL PENELITIAN

LCA (Life Cycle Assessment)

Pada pengolahan LCA diketahui LCI (*Life Cycle Inventory*) produksi body alat potong kuku pada tabel 1 berikut, dan dijelaskan dengan alur pada gambar 2.

Tabel 1 Kebutuhan Bahan Baku Plastik Per Unit Produk Alat potong kuku

Kebutuhan	Komponen	
	Handle Atas	Handle Bawah
Bahan Baku Polystyrene (gr)	1.03	5.15
Waktu Proses (S)	5	5
Energi Listrik (KWh)	0.147	0.147



Gambar 2 Flow Diagram Proses Body Alat potong kuku

Fase selanjutnya penghitungan nilai dampak atau LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*), fase ini terdapat 4 tahapan yaitu karakterisasi, normalisasi, pembobotan, dan single score. Hasil pembobotan LCIA menggunakan eco-costs yang merupakan biaya virtual dari besarnya dampak lingkungan yang ditimbulkan dari bahan polystyrene pada produksi body alat potong kuku. Tabel 2 berikut adalah hasil perhitungan LCIA dengan pembobotan eco-costs 07.

Tabel 2 Pembobotan LCIA Radio Kayu

Produk	Eco-Indicator	Eco-Costs (Rp)
Alat potong kuku	0,0395	1721,2

Kemudian pada fase LCIA, tahapan yang terakhir adalah single score eco-costs dari besarnya dampak lingkungan yang ditunjukkan pada gambar 3 dan 4 berikut ini.

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

1. Fase Informasi

Pada fase ini diperoleh parameter fungsi yang diperoleh dari perhitungan LCA dan mekanisme dari alat potong kuku pada tabel 3 berikut, serta pada gambar 5 menunjukkan fungsi-fungsi yang telah diidentifikasi dengan menggunakan diagram Fast.

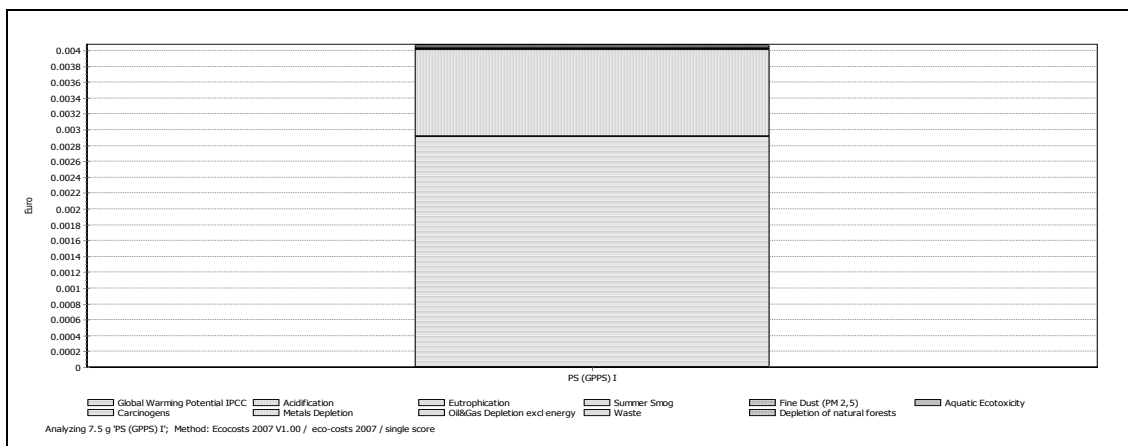
Tabel 3 Parameter fungsi

Parameter Fungsi	Kebutuhan
Gaya	$f: 13,38 \leq f \leq 20,63 \text{ N}$
Dampak Ekologi	Eco-Indikator < 0.039 pt Eco-Costs < Rp 1.721

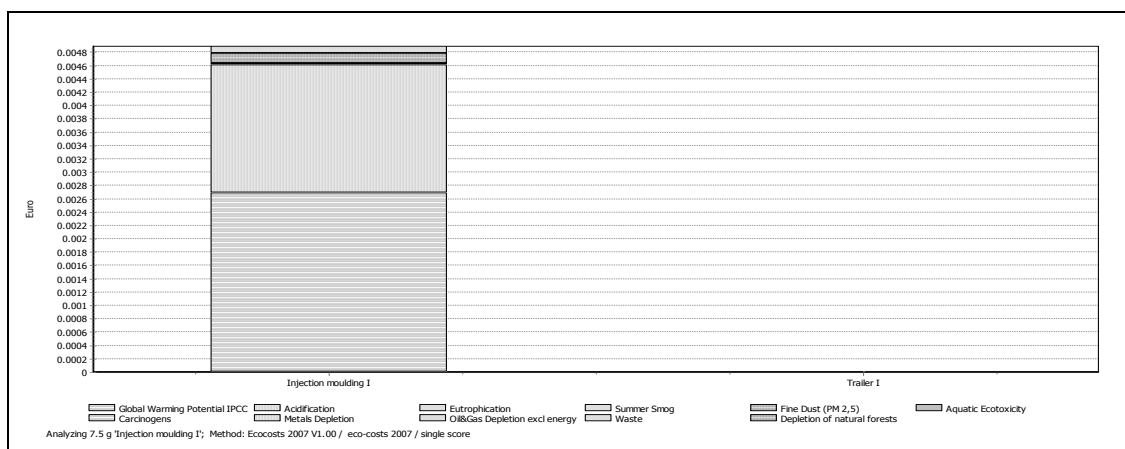
2. Fase Kreatif

Berdasarkan analisis gaya dan kekuatan material diperoleh 3 alternatif bahan dan bentuk yaitu :

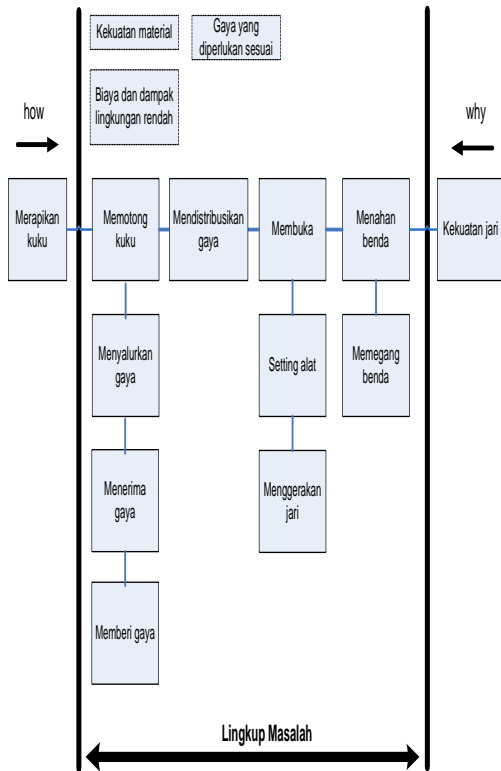
- Alternatif Pertama
Menggunakan satu jenis bahan (mahoni atau sonokeling) dan variasi bentuk pada bagian ujung lengan atas.
- Alternatif Kedua
Menggunakan dua jenis bahan (mahoni atau sonokeling) dengan pinus dan variasi bentuk pada bagian ujung lengan atas serta lengan bawah.
- Alternatif Ketiga
Menggunakan dua jenis bahan (mahoni atau sonokeling) dengan pinus dan tanpa variasi bentuk.



Gambar 3 Single Score Eco-Costs LCIA Proses Pengolahan *Polystyrene*



Gambar 4 Single Score Eco-Costs LCIA Penggunaan Energi Listrik



Gambar 5 Diagram FAST

3. Fase Evaluasi

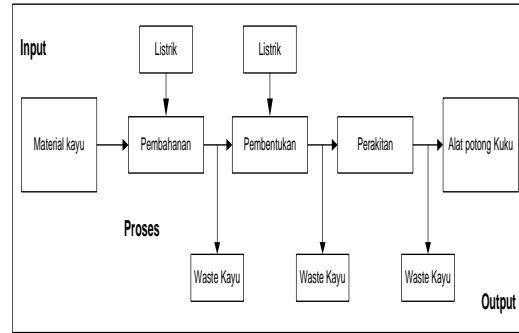
- Aspek biaya dan dampak lingkungan.

Penentuan biaya produksi dari ketiga alternatif didasarkan lama bekerja selama 7 jam/hari, *switching factor* 10% serta toleransi keberhasilan sebesar 85% dan 75%. Berikut ini pada tabel 4 diketahui LCI produksi dan gambar 6 menunjukkan simple flow proses untuk ketiga alternatif.

Tabel 5 berikut ini adalah hasil perhitungan LCIA dengan pembobotan eco-costs 07 dan tabel 6 hasil biaya produksi untuk ketiga alternatif.

Tabel 4 Produksi Ketiga Alternatif

Kebutuhan	Komponen		
	Alternatif pertama	Alternatif kedua	Alternatif ketiga
Bahan Baku sonokeling,	0,05	0,05	0,05
Waktu Proses (S)	0,045	0,061	0,065
Energi Listrik (KWh)	0,024	0,034	0,023
Waste chips, scrap, pulp (kg)	0,04	0,04	0,04



Gambar 6 Simple Flow Proses Body Alat Potong Kuku

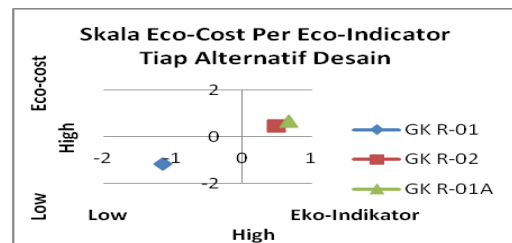
Tabel 5 Pembobotan Ketiga Alternatif

Alternatif	Output SimaPro	
	Eco-Indicator (Pt)	Eco-Cost (Rp)
GK R-01	0,0022	141,61
GK R-02	0,0031	180,5
GK R-01A	0,0032	185,64

Tabel 6 Biaya Produksi Ketiga Alternatif

Item	Biaya (Rp)		
	Alternatif pertama	Alternatif kedua	Alternatif ketiga
Upah Per set	399,28	680,95	567,46
Overhead 25%	99,82	170,24	141,86
Biaya Listrik	62,21	83,99	89,4
Bahan Pembantu	5000	5000	5000
Bahan Finishing	1000	1000	1000
Biaya Total	6561,31	6935,18	6798,72

Untuk mengetahui alternatif terpilih dilakukan perbandingan rasio nilai eco-cost dengan eco-indicator serta biaya produksi. Berikut ini gambar 8 adalah digram kartesius perbandingan nilai eco-cost per eco-indicator.



Gambar 8 Diagram kartesius perbandingan ketiga alternatif

Berdasarkan diagram kartesius dan memiliki biaya produksi terkecil adalah alternatif pertama.

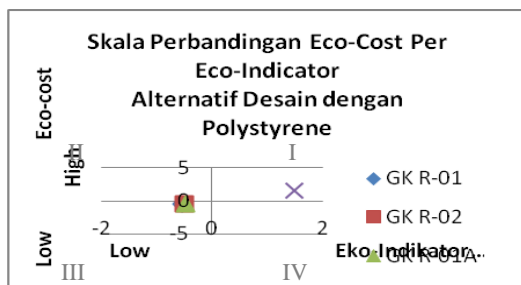
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada analisis ini membahas tentang perbandingan antara alternatif bahan dengan *polystyrene* serta parameter fungsi pada produk dapat terpenuhi ataupun dapat direalisasikan dalam bentuk produk jadi. Pada tabel 7 dan gambar 7 menunjukkan hasil perbandingan antara ketiga alternatif bahan dengan *polystyrene*.

Hasil perbandingan akan menunjukkan bahwa nilai skala eko-indikator lebih besar dari eco-cost, sehingga semakin besar eco-cost yang dihasilkan dalam produksi alat potong kuku dengan material kayu atau *polystyrene* maka semakin besar pula nilai eko-indikator yang dihasilkan. Nilai untuk *polystyrene* lebih besar pada kuadran I dibandingkan dengan ketiga alternatif yang terletak pada kuadran III.

Tabel 7 Skala Perbandingan Eco-cost dan Eco-Indicator Alternatif dengan Polystyrene

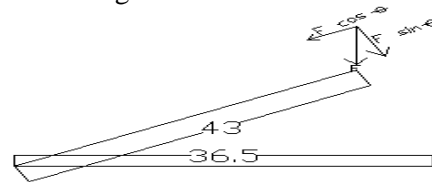
Alternatif	Output SimaPro		Skala	
	Eco-Indicator (Pt)	Eco-Cost (Rp)	Skala Eco-Indicator	Skala Eco-Cost (Rp)
GK R-01	0.0022	141.61	-0.5344	-0.5354
GK R-02	0.0031	180.5	-0.4853	-0.4854
GK R-01A	0.0032	185.64	-0.4799	-0.4787
Polystyrene	0.0395	1721.19	1.49955	1.49952
Rata-rata	0.012	557.235	0	0
Standart deviasi	0.018338848	776.2189311	1	1



Gambar 9 Diagram Kartesius Perbandingan Eco-Cost per Eco-Indicator alternatif bahan dan Polystyrene

Berdasarkan analisis gaya dan kekuatan material untuk ketiga alternatif untuk memenuhi parameter fungsi dan mengoptimalkan limbah kayu yang ada, maka ditambahkan panjang pada bagian lengan sebesar 15 mm dengan acuan

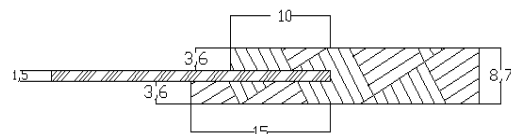
perhitungan gaya yang telah dilakukan oleh Kevin otto dan perhitungan kontruksi kayu SNI pada tahun 2002. Berikut dibawah ini perhitungan untuk material kayu sehingga dapat menahan gaya sesuai dengan parameter fungsi :



$$\begin{aligned} \text{Gaya } f(N) &= F \times \sin \theta \\ &= 20.63 \text{ N} \times \sin 42.025 \\ &= 13,72 \text{ N} \\ \sigma &= M/w, \end{aligned}$$

Dimana σ = Tegangan (N/mm²)
 M = momen yang bekerja pada sambungan (kayu dan besi)
 w = momen lawan yang diberikan oleh kayu
 $M = 13.72 \text{ N} \times 15 \text{ mm} = 205,8 \text{ Nmm}$
 $w = 1/6 b \times h^2$

Dimana b = lebar kayu rencana yaitu 8 mm (lebar besi) + 2 x 1,5 mm (tebal besi)
 $b = 11 \text{ mm.}$
 h = tebal kayu rencana
 maka, $\sigma = M/w$
 $9 \text{ N/mm}^2 = 205,8 \text{ Nmm} / 1,8 h^2$
 $h^2 = 12,703 \text{ mm}^2$
 $h = 3,56 \text{ mm}$ atau sama dengan 3,6 mm



KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh adalah rata-rata nilai eco-indikator dan eco-cost pada proses produksi ketiga alternatif menggunakan material sisa kayu sebesar 0,00283 Pt dan Rp 169,25 per produk menunjukkan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan material *polystyrene* sebesar 0,0394 Pt dan Rp 1.721,18 per produk artinya secara parameter lingkungan menunjukkan material sisa kayu dapat menggantikan material *polystyrene* secara layak. Dilain sisi berdasarkan analisis gaya dan kekuatan material, substitusi material

dapat dilakukan dan memenuhi kriteria parameter fungsi secara optimal.

Memanfaatkan limbah hasil produksi dalam suatu perusahaan secara optimal sangatlah penting untuk menuju kearah sustainable, dilain sisi memberikan nilai tambah pada limbah tersebut. Penggunaan metode rekayasa nilai (*value engineering*) dan analisis secara LCA (*Life Cycle Assessment*) sebaiknya digunakan ketika dalam perancangan produk.

Dilihat dari dampak lingkungan dan kesehatan, sebaiknya penggunaan bahan berjenis *polystyrene* dalam perancangan produk dapat dikurangi atau digantikan dengan bahan-bahan yang bersifat ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. BSN (2002). *Tata cara perencanaan konstruksi kayu Indonesia (PKKI NI-5).RSNI-3*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
2. Boresi.P Arthur, Schmidt.J. Richard, dan Sidebottom.M.Omar, (1993). *Advanced Mechanics of Material*. USA.
3. Budisulistiorini, Sri Hapsari. (2009). *Life Cycle Assessment of Paper Towel and Electric Dryer as Hand Drying Method in the University of Melbourne*.
4. Cross, Nigel. (1989). *Engineering Design Methods : Strategies for Product Design*. England : John Willey and sons Ltd.
5. David De Marle,LS. (1995) *Value Engineering, Industrial Engineering Handbook*.
6. Fluxianto,Lontar. (2009). *Perancangan Alat Pelontar Pancing menggunakan Metode Value Emgineering*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
7. J.G, Vogtlander. (2009). *LCA-based Assessment of Sustainability : The Eco-costs/Value Ratio (EVR)*. Delft University of Technology, Belanda.
8. J.G, Vogtlander. (2002). *The Virtual Eco-costs '99 A Single LCA-based Indicator for Sustainability and The eco-costs-value ratio (EVR) Model for Economic Allocation*, Journal of Cleaner Production, pp 57-67.
9. J.G, Vogtlander. (2009). www.ecocostsvalue.com website. Delft University of Technology, Belanda.
10. Karnasudirdja. S., K. Sofyan dan R. Kusumodiwiryo, (1974). *Pedoman Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Kayu*. Publikasi Khusus No.20. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
11. Makarim, CA. (2007) *Value Engineering – learning 2007 module*. Jakarta.
12. Nurwati Hadjib dana Abdurachman. (2009). *Mutu Beberapa Jenis Kayu Tanaman Untuk Bahan Bangunan Berdasarkan Sifat Mekanisnya*, Prosiding PPI Standardisasi. Departemen Kehutanan. Jakarta.
13. Otto Soemarwoto, (2001). *Atur diri sendiri; Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Penerbit: Universitas Gajah Mada.
14. Otto, Kevin dan Kristin Wood. (2001). *Product Design : Techniques and Reserve Engineering and New Product Development*. USA : Prentice Hall.
15. Park, Richard J. (1999). *Value Engineering*. USA. CRC Press LLC.
16. Popov E.P. dan Zainul Astamar. (1989). *Mekanika Teknik Edisi Kedua Versi SI*. Penerbit: Airlangga, Jakarta.
17. PRE. (2006a). *Introduction to LCA with SimaPro 7: Product Ecology Consultants*.
18. PRE. (2006b). *SimaPro 7 Tutorial: Product Ecology Consultants*.
19. SAVE (1999) *International Value Standard*. edition.
20. Setiawan, Radhik. (2007). *Aplikasi Value Engineering Pada Komponen Pelat Dan Pondasi Pada Pembangunan Gedung Gelar Karya Mahasiswa Universitas Negeri Semarang*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik UNNES, Semarang.
21. Ulrich, Karl T. and Steven D. E. (2001). *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknik.
22. Walpole, Ronald and Myers, Raymond, (1995) *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. ITB Bandung. Bandung. 1995.