

Analisis penilaian daur hidup produk *screen printing* (*Life cycle assessment analysis of screen printing products*)

Ade Astuti Widi Rahayu^{1#)}, Annisa Indah Pratiwi²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Karawang

^{#)}Corresponding author: ade.widiastuti@ubpkarawang.ac.id

Received 18 October 2020, Revised 11 November 2020, Accepted 19 November 2020

Abstrak. Meningkatnya kepedulian konsumen akan kelestarian lingkungan semakin besar, dengan isu pemasaran hijau yang mulai bergeser dari hanya sebagai nilai tambah menjadi hal yang diutamakan. Munculnya *green consumer* dan upaya perlindungan lingkungan yang semakin berkembang, mendorong industri untuk mempertimbangkan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh setiap aktivitasnya. Industri *screen printing* adalah salah satu perusahaan manufaktur terletak di sebuah kawasan industri Surya Cipta yang memproduksi produk *Screen Printing*. Pada proses pembuatan *Screen Printing* dengan salah satu item yang di hasilkan yaitu bernama *sheet panel* tidak bisa lepas dari bahan baku utama dan penunjang yang memiliki unsur kimia yang berpotensi membahayakan bagi lingkungan. Untuk itu perlunya dilakukan evaluasi dan analisa guna mengetahui nilai dampak lingkungan yang dihasilkan dengan menggunakan penilaian metode *life cycle assessment* dan *life cycle cost* dengan dukungan dari software Simapro sehingga dapat diketahui nilai *eco efficiency index (EEI)* yang dihasilkan dari produk *sheet panel*. Dari hasil penelitian ini diketahui nilai masing-masing *score life cycle assessment* dan *score life cycle cost* sebesar 58.1768704pt dengan biaya sebesar USD 9389,1355 dan nilai *eco efficiency index (EEI) produk sheet panel* sebesar 0.3245 yang berarti bahwa *eco efficiency sheet panel* terjangkau secara finansial (*affordable*) namun tidak ramah lingkungan (*not sustainable*).

Kata kunci: life cycle cost, simaPro, eco efficiency, life cycle assessment

Abstract. Increasing consumer concern for environmental sustainability is getting bigger, with the issue of green marketing starting to shift from just as added value to being a priority. The emergence of the green consumer and the growing efforts to protect the environment, encourage the industry to consider the environmental impact caused by each of its activities. Industri *screen printing* is one of the manufacturing companies located in the Surya Cipta industrial area that produces *Screen Printing* products. In the process of making *Screen Printing* with one of the items produced, namely named *sheet panel* can not be separated from the main raw material and support that has chemical elements that have the potential to harm the environment. For this reason, it is necessary to do an evaluation and analysis to determine the value of the environmental impact produced by using the *life cycle assessment* and *life cycle cost* method with the support of *simaPro* software so that the value of *eco efficiency index (EEI)* can be identified from *sheet panel* products. From this research, it is known that the value of each *life cycle assessment* and *life cycle score* is 58.1768704pt at a cost of USD USD 9389,1355 and the value of the *eco efficiency index (EEI) sheet panel* product is 0.3245, which means that the *eco efficiency sheet* is affordable but not environmentally friendly (*not sustainable*).

Keywords: life cycle cost, simaPro, eco efficiency, life cycle assessment

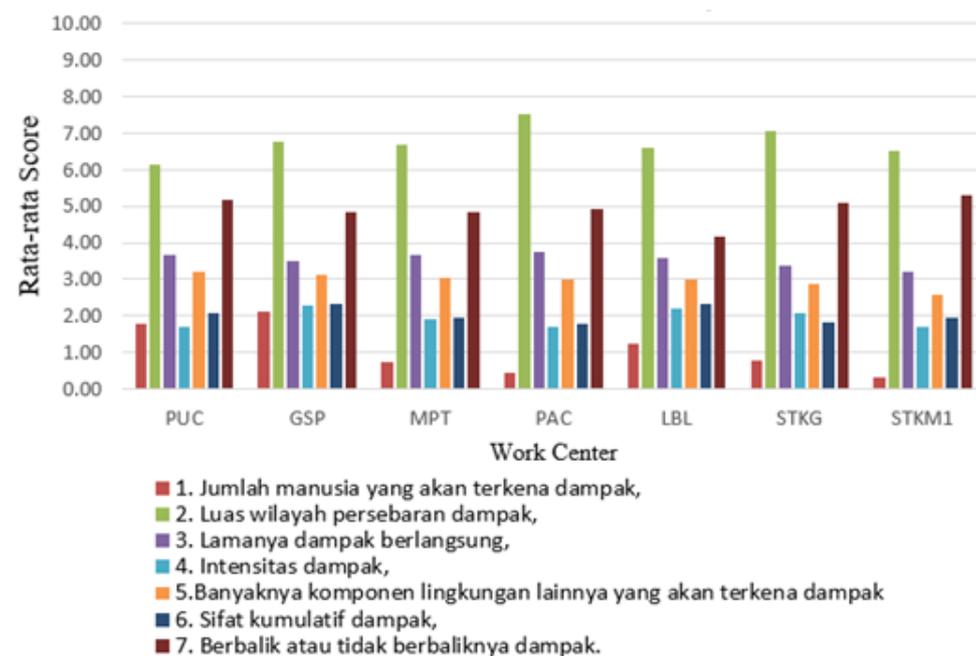
1 Pendahuluan

Pada dekade terakhir ini, peningkatan kepedulian konsumen terhadap lingkungan semakin besar dan isu pemasaran hijau mulai bergeser dari sekadar nilai tambah menjadi hal yang utama. Selain itu, upaya perlindungan lingkungan semakin lama semakin berkembang dengan pesat. Munculnya *green consumer* pada akhir-akhir ini, mendorong industri untuk mempertimbangkan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh setiap aktivitasnya. Walaupun usaha untuk mengurangi dampak lingkungan yang

diakibatkan oleh industri berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan, namun ada keuntungannya dalam hal mengoptimalkan konsumsi energi dan material. Alasan inilah yang menyebabkan semakin pesatnya *green industry*. Untuk mendukung permasalahan lingkungan ini, ditentukan standar internasional kebijakan lingkungan melalui sertifikasi ISO 14000. Dengan berkembang pesatnya *green industry* belakangan ini, diperlukan suatu upaya peningkatan keunggulan perusahaan untuk dapat bersaing di pasar dengan melibatkan isu-isu lingkungan, salah satu upayanya adalah pengembangan produk ramah lingkungan (Pringgajaya & Ciptomulyono, 2012; Purnama et al., 2020).

Screen printing adalah jenis produk yang dihasilkan oleh industri *screen printing* Indonesia. Salah satu fungsi utama dari produk ini ialah sebagai *cosmetic part* atau hiasan utama, produk *screen printing* pada perusahaan ini bersifat OEM. Yang dimaksud OEM (*original equipment manufacturer*) adalah suatu perusahaan yang merancang dan memproduksi produk (komponen atau barang jadi) sesuai dengan spesifikasi yang ditentukannya dan dijual ke perusahaan pembeli. Perusahaan pembeli tersebut lalu mendistribusikan produk tersebut. Spesifikasi yang dimaksud OEM, yaitu spesifikasi produk yang ditentukan oleh perusahaan OEM. Jadi, perusahaan OEM memproduksi produk nama perusahaan lain, lalu perusahaan pembeli memasarkan produk tersebut di bawah merek mereka sendiri (Kidder, 1997).

Bahan baku *screen printing* menggunakan zat-zat kimia dan bahan berbahaya mulai dari proses produksi hingga pemusnahan produk. Pada Gambar 1 dapat dilihat grafik penilaian dampak aspek lingkungan tahun 2020 milik industri *screen printing* Indonesia berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah. Terdapat 7 (tujuh) kategori penilaian aspek dan evaluasi dampak lingkungan pada *work center* (stasiun kerja), yaitu: 1) jumlah manusia yang akan terkena dampak, 2) luas wilayah persebaran dampak, 3) lamanya dampak berlangsung, 4) intensitas dampak, 5) banyaknya komponen lingkungan lainnya yang akan terkena dampak, 6) sifat kumulatif dampak, dan 7) berbalik atau tidak berbaliknya dampak (Bapedal, 1994).



Gambar 1 Penilaian Aspek dan Dampak Lingkungan Work Centre Screen Printing.
 Sumber: Laporan Dampak Lingkungan Perusahaan (Data diolah, 2020)

Dari Gambar 1 tersebut terlihat kategori 2 (luas wilayah persebaran dampak) memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada aspek lainnya, “dimana rencana usaha atau kegiatan mengakibatkan adanya wilayah yang mengalami perubahan mendasar dari segi intensitas dampak, atau tidak berbaliknya dampak, atau segi kumulatif dampak”(Bapedal 1994). Konsep dari *green product*, tidak dilihat hanya dari sisi produk jadi, tetapi dilihat dari keseluruhan siklus hidup produk yang juga dilihat dari sisi penggunaan energi,

resource, emisi, proses manufaktur, transportasi, konsumen, dan sampai pada tahap pembuangan atau disposal. Perusahaan perlu melakukan analisa material penyusun produk atau siklus hidup pembuatan produk, perpindahan material serta pemusnahan produk untuk mengukur sejauh mana dampak yang dihasilkan dari proses produksi produk tersebut. Untuk dapat mengetahui nilai dampak lingkungan yang dihasilkan perlu dilakukan penilaian dengan metode *life cycle assessment* dan *life cycle cost*, yaitu merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat *eco efficiency* suatu produk. *Eco efficiency* merupakan prinsip penggabungan antara konsep efisiensi ekonomi dan efisiensi sumber data lingkungan.

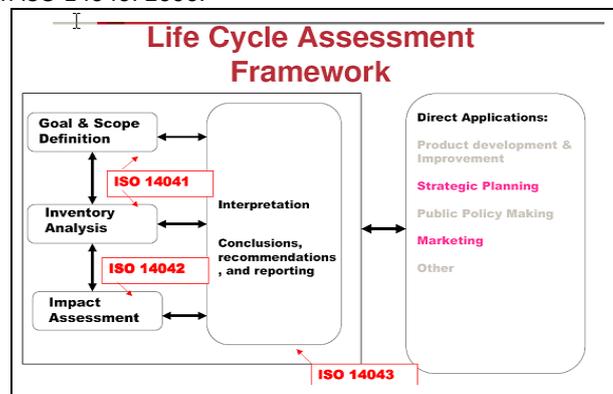
Penelitian ini memiliki tiga tujuan yaitu 1) untuk mengetahui seberapa besar indeks dampak lingkungan yang dihasilkan mulai dari bahan baku hingga akhir produk *sheet panel* hingga menjadi sampah (*cradle to grave*); 2) mengetahui berapa biaya siklus *screen printing* hingga menjadi sampah (*cradle to grave*); dan 3) mengukur tingkat *eco efficiency screen printing* untuk item *sheet panel* yang diproduksi untuk customer XYZ.

Beberapa penelitian analisis *cradle to grave* mampu mengetahui dan mengurangi nilai dampak lingkungan, seperti pada penelitian batik cabut. Alternatif 1 mengalami penurunan dampak lingkungan sebesar 0,25 persen dibandingkan *life cycle* batik cabut sebelumnya, dengan mengganti zat pewarna sintetis (ZPS) menjadi zat pewarna alami (ZPA) (Suryadarmawan et al., 2014). Implementasi *life cycle assessment* mampu mengembangkan produk *Heteric lamp* yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi dampak lingkungan pada proses produksi (Pringgajaya & Ciptomulyono, 2012). Sedangkan Sharif & Hammad (2019) dapat mengidentifikasi skenario yang paling berpengaruh terhadap *Eco efficiency* di *management concrete waste*, dengan adanya nilai efisiensi lingkungan yang lebih tinggi menghasilkan dampak lingkungan yang lebih rendah. *Life cycle cost* dari hasil evaluasi global menunjukkan *polyester* memiliki nilai keseluruhan yang lebih baik dari pada alternatif *biocomposite*. Diantara alternatif *biocomposite* alternatif dengan 15 persen BF, *kaolinite* tanpa *chemical treatment* adalah pilihan yang lebih baik karena mengurangi biaya produksi dan memiliki dampak lingkungan yang rendah dibanding alternatif yang lain (Rodríguez et al., 2018).

2 Kajian Teori

Life Cycle Impact Assessment

Pada tahapan ini dilakukan pengelompokan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang diperoleh pada tahapan *life cycle inventory* (LCI). ISO mengembangkan standar untuk melakukan penilaian dampak berdasarkan ISO 14042: 2000, *life cycle assessment* (LCA), yang menyatakan bahwa ada tiga langkah yaitu pertama kategorial dampak seleksi, klasifikasi, dan karakterisasi merupakan langkah-langkah wajib untuk *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) (Guinée, 2001; Huang et al., 2018). Gambar 2 menjelaskan rancangan atau *framework life cycle assessment* berdasarkan ISO 14040: 2006.



Gambar 2 Framework LCA berdasarkan ISO 14040: 2006.

Sumber: ISO 14040, 2006.

Eco Efficiency

Eco efficiency merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam (Hur et al., 2003). *Eco efficiency* menurut Kamus Lingkungan Hidup dan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia didefinisikan sebagai suatu konsep efisiensi yang memasukkan aspek sumber daya alam dan energi atau suatu proses produksi yang meminimalkan penggunaan bahan baku, air, energi serta dampak lingkungan per unit produk. *Eco efficiency* dapat diartikan sebagai suatu strategi yang menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit energi dan sumber daya alam. Dalam bisnis, *eco efficiency* dapat dikatakan sebagai strategi bisnis yang mempunyai nilai lebih karena sedikit menggunakan sumber daya alam serta mengurangi jumlah limbah dan pencemaran lingkungan (Sari et al., 2012).

Eco Cost

Eco costs adalah ukuran untuk menyatakan jumlah dampak lingkungan dari suatu produk atas dasar pencegahan dampak itu sendiri. Biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi polusi dan berkurangnya bahan material yang ada di bumi. Konsep dari *eco costs* merupakan “konsep biaya bayangan” atau *shadow prices*. Biaya bayangan merupakan suatu poin dimana biaya-biaya pencegahan bertemu dengan biaya-biaya kerusakan yang dihasilkan di dalam suatu sistem perdagangan bebas. Bagaimanapun, kalkulasi perhitungan di dalam *eco costs* memberikan hasil sebagai kalkulasi di dalam biaya kerusakan (Vogtländer et al. 2000; New South Wales Treasury, 2004; TU Delft, 2015).

Eco Efficiency Index (EEI)

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* input EEI berupa besar *eco costs* yang dihasilkan dan besar *net value* produk dengan input nilai rasio kelayakan keuntungan (*benefit cost*). Menurut Hur et al. (2003), perhitungan *Eco Efficiency Index* (EEI) berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi.

3 Metode

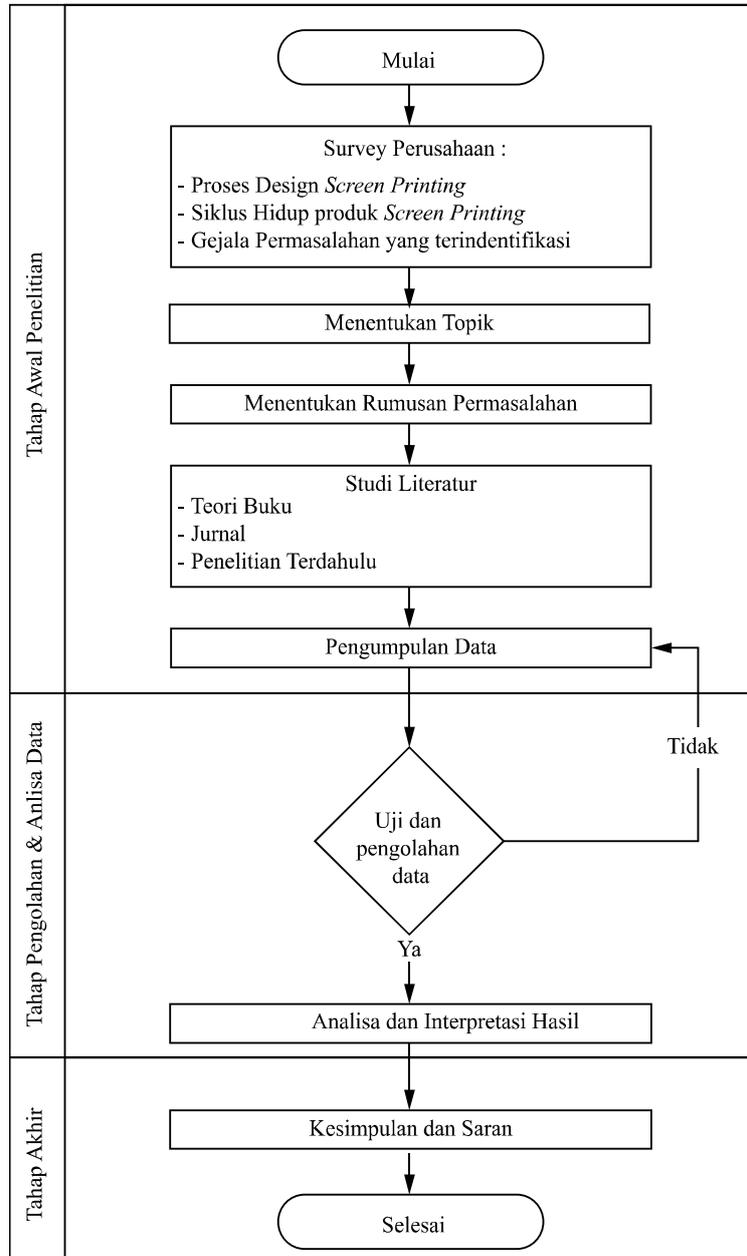
Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap awal penelitian, tahap pengolahan dan analisa data, dan tahap akhir. Tahapan proses penelitian yang dilakukan digambarkan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 3.

Tahap awal penelitian bertujuan untuk penetapan tujuan penelitian berdasarkan identifikasi gejala permasalahan yang dihadapi perusahaan pada daur hidup produk *screen printing*. Berdasarkan rumusan permasalahan ditentukan kebutuhan pengumpulan data. Pada tahap kedua, dilakukan pengujian kecukupan data yang telah dikumpulkan baik data primer maupun sekunder. Apabila data yang didapat tidak mencukupi maka kembali lagi ke tahap pengumpulan data. Namun jika data yang dibutuhkan mencukupi dan layak maka dilakukan analisa dan pengolahan data menggunakan analisis daur hidup (Huang, 2018; Kautzar, 2015) dan *eco cost* (Barringer & Weber, 1996; Fuller & Petersen, 1995).

Dalam fase analisis daur hidup ini bagian pembuat produk didefinisikan di dalam *Life Cycle Assessment* pada setiap *down stream* dan *up stream* produk kemudian diartikan ke dalam indikator-indikator lingkungan, fase ini dinamakan *Life Cycle Inventory*. Data dikumpulkan pada setiap proses dalam siklus hidup item *sheet panel* yaitu proses produksi dan pembuangan. Data sekunder dikumpulkan dari jurnal, hasil penelitian serta buku yang relevan dengan kebutuhan penelitian ini.

Downstream dan *upstream* dari setiap skenario diperoleh dengan menggunakan data sekunder yang bersumber dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya, kemudian sebagian datanya diperoleh dengan perhitungan individu dengan beberapa asumsi data primer. Data sekunder maupun data hasil perhitungan kemudian dilakukan pengolahan untuk didapat inventarisasi setiap unit objek yang diteliti. Proses produksi manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak SimaPro versi 8.5.0. Secara otomatis perangkat lunak ini mengidentifikasi emisi, energi

yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan material dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih.



Gambar 3 Tahapan Penelitian

4 Hasil dan Pembahasan

Single Score

Pada tahap terakhir, *software* SimaPro versi 8.5.0 digunakan untuk menjumlahkan semua nilai bobot untuk memberikan skor total dampak tunggal untuk setiap *life cycle*. *Single score* mengklasifikasikan nilai kategori impact (dampak) berdasarkan aktivitas atau proses. Dari nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Output dari *single score* dengan menggunakan *software* SimaPro versi 8.5.0 ditabulasikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Single score sheet panel

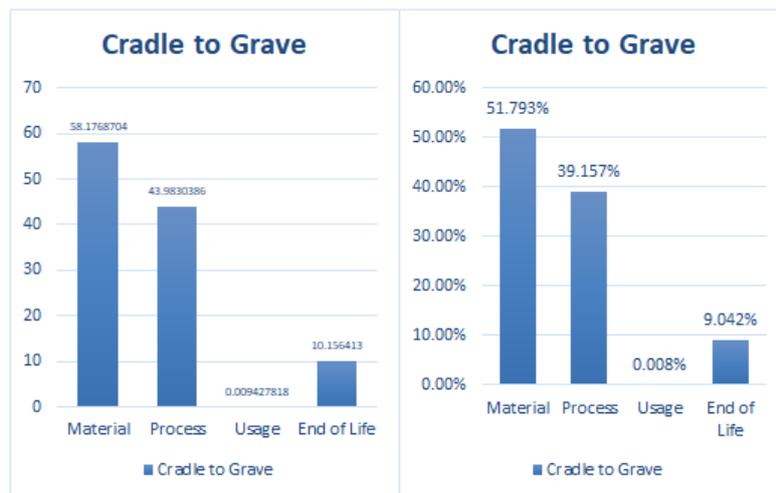
Impact category	Unit	Total	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Total	Pt	104.6625	51.3572	8.949516	43.82012	0.535647
Fossil fuels	Pt	58.25032	38.2574	0.159673	19.63609	0.197158
Minerals	Pt	1.004121	0.635353	0.003861	0.301742	0.063164
Land use	Pt	4.748203	2.443836	0.033683	2.24714	0.023545
Acidification/ Eutrophication	Pt	3.658602	0.676095	0.013629	2.954992	0.013886
Ecotoxicity	Pt	8.297067	1.666894	3.311463	3.263347	0.055363
Ozone layer	Pt	0.01586	0.000648	1.33E-05	0.015186	1.25E-05
Radiation	Pt	0.066236	0.038975	0.000562	0.023812	0.002888
Climate change	Pt	4.724334	2.11222	0.388488	2.190227	0.033399
Respiratory inorganics	Pt	17.69495	4.916808	0.077349	12.59485	0.105937
Respiratory organics	Pt	0.07465	0.019361	0.000952	0.054204	0.000134
Carcinogens	Pt	6.128137	0.589614	4.959844	0.538518	0.040162

Sumber: Data sekunder diolah, 2020.

Nilai total bobot yang diberikan oleh software SimaPro versi 8.5.0 untuk *sheet panel* 51.3572pt, nilai *disposal sheet panel* 8.949516pt, nilai *life cycle transport* 43.82012pt dan nilai *life cycle usage* 0.535647pt yang terbesar adalah nilai dari *sheet panel* dengan total 51.3572pt. Dari hasil di atas dapat diketahui bahwa *sheet panel* memiliki nilai dampak yang dihasilkan dari *fossil fuel* yang tertinggi.

Interpretasi

Tahapan ini adalah tahap terakhir dari penilaian dampak lingkungan, *software* SimaPro versi 8.5.0 digunakan untuk menjumlahkan semua nilai untuk memberikan skor total dampak tunggal untuk setiap *life cycle sheet panel*. *Single score* mengklasifikasikan nilai *impact* category berdasarkan aktivitas atau proses. Berdasarkan hasil nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Output dari *single score* dihasilkan dengan menggunakan *software* SimaPro versi 8.5.0 kemudian digambarkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4, untuk setiap produk yang diteliti.



Gambar 3 Score life cycle assessment cradle to grave.

Sumber: Data sekunder diolah, 2020.

Dari Gambar 4 di atas diketahui pada *cradle to grave score life cycle assessment* untuk material memiliki nilai 58.1768704pt dengan persentase 51.793%. Selanjutnya adalah *score life cycle assessment* untuk bagian process yaitu 43.9830386 dengan persentase 39.157%, sedangkan *score life cycle assessment* untuk *usage* 0.009427818pt dengan persentase 0.008%, dan terakhir adalah nilai *end of life* yaitu 10.156413pt dengan persentase 9.042%.

Life Cycle Cost

Life Cycle Cost adalah tahapan dimana data proses produksi hingga *disposal* dihitung kembali menggunakan *form costing sheet* milik perusahaan yang sudah diolah, dengan asumsi pembuatan produk lot/month 25000pcs berdasarkan data dari perusahaan dengan menggunakan simbol USD. Perhitungan siklus biaya yang dibutuhkan untuk item *sheet panel* dijelaskan dengan Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan LCA diolah dari *form costing sheet*

Lot/month	25000	Pcs		
Material cost	Parameter	Material cost	Material cost/pcs	Total*lot
<i>PET</i>	83.3333	1.2000	0.1000	2500.0000
<i>Protective Film</i>	81.8260	0.3058	0.0250	625.55977
<i>Ink</i>	0.4721	206.3000	0.0974	2434.85580
	Total		0.2224	5560.4155
MFG cost	Cost/pcs	Total*lot		
<i>Usage</i>	0.0072240	180.6000		
<i>Process</i>	0.1444800	3612.0000		
<i>Disposal</i>	0.0014448	36.1200		
Total	0.1531488	3828.7200		
	(MFG+Material)*lot	9389.1355		

Sumber: Data sekunder diolah, 2020.

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui pada tahap nilai dari *life cycle cost* untuk material adalah sebesar USD 5560.4155, sedangkan *usage* sebesar USD 180.6. Sementara nilai untuk *disposal* USD 36.12 dan nilai total *life cycle cost item sheet panel* sebesar USD 9389.1355.

Perhitungan Eco Cost

Output SimaPro versi 8.5.0 pada Tabel 3 menunjukkan hasil dampak kerusakan *human health* sebesar 0,00675 yang berarti 0,00325 tahun hidup sehat yang hilang atau bisa dikatakan 2 hari 9.6 jam angka hidup sehat yang hilang dari seseorang. *Ecosystem quality* yang ditimbulkan sebesar 83.54813 yang berarti kerusakan spesies atau ekosistem seluas 83.54 m² dalam satu tahun. *Resources* sebesar 1162.41 MJ surplus yang berarti total energi dasar yang dibutuhkan untuk melakukan ekstraksi suatu sumber daya alam sebesar 1162.41 MJ surplus. *Eco cost* merupakan “suatu biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pencegahan terhadap akumulasi dampak lingkungan yang mungkin dihasilkan dari proses dalam *life cycle* produk” (Sari, 2014).

Tabel 3 Perhitungan *eco cost life cycle sheet panel*

Damage category	Unit	Total Sheet panel	Faktor Konversi	Unit	Konversi (USD)	Total Eco cost (USD)
Human Health	DALY	0.000675	74000	Euro		55.95983010
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	83.548130	1.40000	Euro	1.12	131.00346500
Resources	MJ surplus	1162.414000	0.00411	Euro		5.35082182
		Total Eco cost Life Cycle Sheet Panel (USD)				192.314117

Sumber: Data sekunder diolah, 2020.

Berdasarkan hasil perhitungan kategori dampak yang kemudian dijadikan dalam satuan USD diperoleh nilai *eco cost life cycle sheet panel* sebesar USD 192.314117.

Perhitungan Harga Pokok Produksi

Perhitungan harga pokok produksi merupakan penjumlahan dari semua biaya yang dikeluarkan dalam memproduksi *sheet panel*. Harga Pokok Produksi (HPP) produk *sheet panel* untuk *customer* dapat dilihat pada Tabel 4 yang dihitung berdasarkan *form costing sheet*.

Tabel 4 Perhitungan HPP *sheet panel*

Lot/month	25000	Pcs
Material cost	Material cost/pcs	Total*lot
PET	0.1000	2500
Protective Film	0.0250	625.55977
Ink	0.0974	2434.85580
Total	0.2224	5560.41550
MFG cost	MFG Cost/pcs	Total*lot
Usage	0.0072240	180.60
Process	0.1444800	3612.00
Disposal	0.0014448	36.12
Total	0.1531488	3828.72
(MFG+Material)*lot		9389.1355

Sumber: Data sekunder diolah, 2020.

Berdasarkan tabel perhitungan di atas diketahui HPP produk *sheet panel* untuk yang adalah sebesar USD 9389.1355 untuk produk 25000 pcs dihasilkan dalam 1 bulan produksi proses sehingga harga satuannya USD 0.37556.

Perhitungan Eco Cost

Produksi produk *sheet panel* pada industri *screen printing* memiliki harga USD 0.5000/Pcs. Perhitungan *net value* dapat diketahui dengan hasil sebagai berikut:

$$\text{Net value Sheet Panel xyz} = \text{USD } 0.500 - \text{USD } 0.37556 = 0.12444$$

Jadi, *net value* atau keuntungan bersih industri *screen printing* sebesar USD 0.1244 dalam memproduksi 1 pcs *sheet panel* dan untuk 25000pcs sebesar USD 3110 (dibulatkan).

Eco Efficiency Index (EEI)

Berikut ini adalah perhitungan EEI dengan tujuan untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi *sheet panel*. Perhitungan EEI dapat diketahui dengan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{EEI Sheet Panel} &= \frac{\text{Usd } 12500 - \text{Usd } 9389.1355}{\text{Usd } 9389.1355 + \text{Usd } 195.3117} \\ \text{EEI Sheet Panel} &= \frac{\text{Usd } 3110 \text{ (dibulatkan)}}{\text{Usd } 9584.4472} \\ \text{EEI Sheet Panel} &= 0.3245 \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai EEI Sheet Panel xyz dengan nilai 0.3245. Sehingga dapat dikatakan produk *sheet panel* bersifat *not affordable* dan *not sustainable*.

Eco-costs Value Ratio (EVR)

Berikut ini adalah perhitungan EVR yang diperoleh dengan cara membagi nilai eco-costs dengan nilai *net value*.

$$\begin{aligned} \text{EVR Sheet Panel} &= \frac{\text{Usd } 195.3117}{\text{Usd } 9389.1355} \\ \text{EVR Sheet Panel} &= 0.02 \end{aligned}$$

Perhitungan Eco Efficiency Ratio (EER)

Nilai EER ini menunjukkan tingkat *Eco Efficiency* dari proses produksi *sheet panel* di bawah ini adalah perhitungan nilai EER.

$$\begin{aligned} \text{EER Sheet Panel} &= (1 - 0.02)100\% \\ \text{EER Sheet Panel} &= 98\% \end{aligned}$$

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode *life cycle assessment* produk *screen printing* item *sheet panel* yang diproduksi oleh industri *screen printing* maka dapat disimpulkan berikut ini.

1. *Score life cycle assessment* terhadap produk *screen printing* menghasilkan nilai terbesar berturut-turut adalah dari material dengan *score* 58.1768704pt (51,793 persen), bagian proses dengan *score* 43.9830386pt (39,157 persen), *end of life* dengan *score* 10.156413pt (9,042 persen), dan *usage* dengan *score* 0.009427818pt (0,008 persen).
2. Dari perhitungan *life cycle cost*, diperoleh *score life cycle cost* pada tahap material adalah USD 5560.4155, untuk *usage* sebesar USD 180.6, untuk *disposal* USD 36.12, dan nilai total *life cycle cost item sheet panel* adalah sebesar USD 9389.1355.
3. Dari perhitungan diperoleh *eco efficiency index* sebesar 0.3245 *sheet panel* diantara 0 hingga 1 sehingga dapat dikatakan produk *sheet panel* terjangkau secara finansial (*affordable*) tetapi tidak ramah terhadap lingkungan (*not sustainable*).

Referensi

- Suryadarmawan, V.A., Djunaidi, M., Nursanti, I. (2014). *Analisis Cradle-To-Grave Produk Batik Cabut (Studi Kasus: Griya Batik Gress Tenan Laweyan)*. Skripsi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bapedal. (1994). Keputusan Kepala Bapedal No. 56 Tahun 1994 Tentang Pedoman Mengenai Dampak Penting
- Barringer, H., Weber, D., (1996). Life Cycle Cost Tutorial. In Fifth International Conference on Process Plant Reliability. Houston, Texas, pp. 1–58.
- Fuller, S.K., Petersen, S.R., (1995). Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program 135, NIST ed., Washington, DC.
- Guinée, J. (2001). Handbook on life cycle assessment—operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 6, No. 5, pp. 255-255.
- Huang, L.Y., Krigsvoll, G., Johansen, F. (2018). Life cycle assessment and life cycle cost of university dormitories in the Southeast China: Case study of the university town of Fuzhou, *Journal of Cleaner Production*, 173, pp. 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.021>
- Hur, T., Lim, S., Lee, H. (2003). A Study on The Eco-efficiencies for Recycling Methods of Plastics Waste. *Journal Dept. of Material Chemistry & Engineering* Konkuk University, <http://www.lcacenter.org/InLCA-LCM03/Hur-presentation.pdf>
- ISO 14040. (2006). Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva: ISO

- Kautzar, G.Z. (2015). Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas *Supply Chain* Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* Vol. 3, No. 1, pp. 200-211.
- Kidder, T. (1997). *The Soul of a New Machine - Chapter One- How to Make a Lot of Money-* 16th paragraph. Random House Inc.
- New South Wales Treasury, (2004). *Life Cycle Costing Guideline. In Total Asset Management.* New South Wales.
- Pringgajaya, K.A., Ciptomulyono, U. (2012), Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP) untuk Pengembangan Produk Hetric Lamp yang Ramah Lingkungan, *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1, No. 1, A-515-A520.
- Purnama, G.N.T., Hasibuan, S., and Ikatrinasari, Z.F. (2020). Developing green manufacturing indicators for the decorative paint industry: A case study of Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2020, 2217, 030133
- Rodrígueza, L.J., Orrego, C., Ines, R., Pecas, P. (2018), Life-Cycle Assessment and Life-Cycle Cost study of Banana (*Musa sapientum*) fiber Biocomposite materials, *Procedia CIRP*, Vol. 69, pp. 585-590. 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April – 2 May 2018, Copenhagen, Denmark, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.145>
- Sari, D.P., Hartini, S., Rinawati, D.I., Wicaksono, T.A. (2012). Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri* 14(2): 137-144.
- Sharif, S.A., Hammad, A. (2019), Simulation-Based Multi-Objective Optimization of institutional building renovation considering energy consumption, Life-Cycle Cost and Life-Cycle Assessment, *Journal of Building Engineering* 21, pp. 429-445. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.11.006>
- TU Delft, (2015), The Model of the Eco-costs/Value Ratio (EVR). Delft University, <http://www.ecocostsvalue.com/>, Diakses 30 Desember 2018.
- Vogtländer, J. G., Brezet, H.C., Hendriks, H.C. (2000), The virtual eco-costs '99 A single LCA-based indicator for sustainability and the eco-costs-value ratio (EVR) model for economic allocation, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 5, No. 6, pp. 157-166.