



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

—Dalam 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 (Kadek, 2012). *Screen Printing* adalah jenis produk yang dihasilkan oleh PT. Chiyoda Integere 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). Dalam prosesnya produk *Screen Printing* menggunakan zat-zat kimia dan bahan berbahaya mulai dari proses produksi hingga pemusnahan produk, dibawah ini

adalah Gambar 1.1 Grafik Penilaian Dampak Aspek Lingkungan tahun 2018 milik PT. Chiyoda Integer Indonesia dengan berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh pemerintah



Gambar 1. 1 Grafik Penilaian Dampak Aspek Lingkungan
(Sumber: Dampak Lingkungan F169, F170. 2018)

Grafik diatas adalah nilai Identifikasi Aspek dan Evaluasi Dampak Lingkungan pada *work center* (stasiun kerja), dengan 7 kategori 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, 7. Berbalik atau tidak berbaliknya dampak (Bapedal 1994). Berdasarkan grafik diatas terlihat kategori nomor 2 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. Perlu dilakukan 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 perlunya dilakukan penilaian dengan metode *Life Cycle Assessment* dan *Life Cycle Cost*, yaitu merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat *Eco Efficiency* suatu produk. Sedangkan *Eco Efficiency* merupakan prinsip penggabungan antara konsep efisiensi ekonomi dan efisiensi sumber data lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka hasil perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar tingkat indeks dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi *Screen Printing* item sheet panel
2. Biaya yang dihasilkan untuk siklus hidup *Screen Printing*, dan
3. Indeks tingkat *Eco Efficiency* yang dihasilkan dari produk *Screen Printing* item sheet panel yang diproses oleh PT. Chiyoda Integere Indonesia

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 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*).
3. Mengukur tingkat *Eco Efficiency Screen Printing* untuk item sheet panel yang di produksi untuk customer xyz.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil penelitian ini memberikan sejumlah manfaat antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan
 - A. Menjadi dasar objektif dalam pengambilan sebuah keputusan serta sebagai pedoman untuk menentukan langkah yang akan dilakukan oleh perusahaan di masa yang akan datang.
 - B. Merancang produk *Screen Printing* untuk item sheet panel yang ramah lingkungan.
2. Bagi Peneliti
 - A. Untuk memperdalam pengetahuan pada bidang green product.
 - B. Sebagai implementasi atas teori yang telah didapat pada perkuliahan dan menambah wawasan akan kasus nyata dalam dunia perindustrian.
3. Bagi akademisi
 - A. Menjadikan sarana dan media untuk mengembangkan ilmu pengetahuan
 - B. Menjadikan bahan referensi untuk menambah wacana baru bagi dunia akademisi
 - C. Memperkaya khasanah penelitian yang ada serta dapat digunakan sebagai penelitian berikutnya

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang didapat penulis adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah produk *Screen Printing* dengan item Sheet Panel periode produksi Oktober 2018-Desember 2018.
2. Identifikasi dan penilaian dampak lingkungan menggunakan *software* SimaPro 7.1.

1.6 Asumsi

Adapun asumsi yang di dapat dari penulis adalah produk *Screen Printing* khususnya item *sheet panel* yang dihasilkan pada PT. Chiyoda Integere Indonesia menghasilkan produk yang tidak ramah dengan lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Bahan untuk dijadikan referensi dan pertimbangan untuk penelitian tugas akhir, diambil dari penelitian terdahulu yang sejenis dan sudah dilakukan. Adapun hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Life Cycle Cost menjadi metode yang digunakan oleh Susilo (2018) untuk menganalisa tarif sewa yang layak pada sebuah proyek apartemen yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan didasarkan pada besarnya biaya pengelolaan rumah susun terutama pada biaya pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala yang kurang mendapat perhatian, maka dari itu tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui *Life Cycle Cost* pada rumah sewa jongke, sleman, yogyakarta serta mengevaluasi kelayakan investasi bangunan terhadap harga sewa. Dari hasil penelitian didapatkan empat komponen yang menyusun *Life Cycle Cost* adalah biaya awal atau biaya pembangun sebesar Rp 67,442,269,546 (60,20%), biaya operasional Rp 36,136,099,432 (30,80%), biaya perawatan dan penggantian Rp9.797.552.532 (8,48%), dan biaya perobohan Rp 603.514.329 (0,52%). Serta Analisis investasi Rumah susun terhadap biaya sewa yang ditetapkan pengelola dinyatakan tidak layak dengan nilai NPV<1, tidak terjadi BEP, nilai IRR<1%, dan dinyatakan layak jika biaya sewa di naikan sebanyak 200% dari harga awal dengan nilai NPV>1 Rp 3.063.496.489, terjadi BEP pada 45.9 tahun, IRR = 5,04% > MARR 4,85%.

Dalam industri batik cabut terdapat penelitian yang dilakukan oleh Vidityo (2014) terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolah batik dengan menggunakan analisis *cradle to grave*. Untuk dapat mengetahui nilai dampak lingkungan yang dihasilkan perlu adanya penilaian menggunakan metode *Life Cycle Assessment* dan *Life Cycle Cost*, yaitu suatu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai tingkat *Eco Efficiency* yang didapat dari sebuah produk, sedangkan *Eco Efficiency* merupakan konsep prinsip penggabungan dari konsep efisiensi ekonomi dan efisiensi sumber daya lingkungan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa universitas surakarta ini didapat 3 alternatif skenario dimana alternatif skenario ke-1 mengalami penurunan dampak lingkungan sebesar

0.25% dibandingkan *Life Cycle* sebelumnya, dengan mengganti Zat Pewarna Sintetis (ZPS) menjadi Zat Pewarna Alam sehingga menurunkan dampak lingkungan sebesar 0.25%, kemudian alternatif skenario ke-2 menghasilkan penurunan dampak lingkungan sebesar 6.49% dibandingkan dengan *Life Cycle* sebelumnya, hal ini menunjukkan bahwa dengan mengganti kayu menjadi liquefied petroleum gas (LPG) menurunkan dampak lingkungan 6.49%, terakhir adalah alternatif skenario ke-3 penurunan dampak lingkungan yang dihasilkan sebesar 6.65% lebih besar dibandingkan dengan *Life Cycle* sebelumnya, dengan mengganti zat pewarna sintetis (ZPS) menjadi zat pewarna alam (ZPA) serta penggantian penggunaan kayu menjadi liquefied petroleum gas (LPG), maka skenario ke-3 yang di pilih karena memiliki nilai penurunan dampak yang paling besar.

2.2 Tabel Penelitian Terdahulu

Bahan untuk dijadikan referensi dan pertimbangan untuk penelitian tugas akhir, diambil dari penelitian terdahulu yang sejenis dan sudah dilakukan. Adapun hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini dibuatkan tabel 2.1 penelitian terdahulu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Susilo, Eko (2018)	Analisis <i>Life Cycle Cost</i> Pada Bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa di Daerah Istimewa Yogyakarta	Menghitung biaya siklus hidup (<i>Life Cycle Cost</i>) bangunan, mulai dari perencanaan hingga umur ekonomis bangunan yang di tetapkan.	Hasil analisis kelayakan investasi terhadap biaya siklus hidup yang terjadi dengan menggunakan metode NPV, BEP, IRR, didapatkan peningkatan tarif sewa sebesar 200% dari tarif sewa awal dengan nilai NPV sebesar Rp 3.063.496.489, BEP terjadi pada waktu 45.9 tahun dan IRR sebesar 5,04% > MARR 4,85%

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Viditwo (2014)	Analisis Cradle-To-Grave Produk Batik Cabut	Mengetahui nilai dampak lingkungan pada batik cabut dengan menggunakan metode <i>Life Cycle Assessment</i> dan <i>Life Cycle Cost</i> , sehingga dapat diketahui nilai <i>Eco Efficiency</i> suatu produk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternatif 1 mengalami penurunan dampak lingkungan sebesar 0.25% dibandingkan Life Cycle batik cabut sebelumnya, dengan mengganti zat pewarna sintetis (ZPS) menjadi zat pewarna alam (ZPA) 2. Alternatif 2 dampak lingkungan mengalami penurunan sebesar 6.49% dibandingkan Life Cycle batik cabut sebelumnya bahwa dengan mengganti kayu menjadi Liquefied Petroleum Gas (LPG) 3. Alternatif 3 menghasilkan penurunan dampak sebesar 6.65% dibandingkan Life Cycle batik cabut sebelumnya,
Aditya et al. (2012)	Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> dan pendekatan <i>Analytical Network Process</i> untuk mengembangkan produk Heteric lamp yang ramah lingkungan	Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> dan pendekatan <i>Analytical Network Process</i> untuk mengembangkan produk Heteric lamp yang ramah lingkungan mengidentifikasi produk heteric lamp menggunakan pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA). Dan Mengurangi dampak lingkungan pada proses produksi dengan metode <i>Analytical Network Process</i> (ANP)	Dari hasil uji alternatif, didapatkan pengurangan pada proses produksi yaitu sebesar 21.4pt atau 64% dibandingkan kondisi sebelumnya dimana kondisi awal sebesar 61.2 pt menjadi 38.8 pt

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Galuh et al.(2015)	Analisis dampak lingkungan pada aktivitas supply chain produk kulit menggunakan metode LCA dan ANP	Mengetahui aktivitas supply chain yang mempunyai dampak terbesar terhadap lingkungan	Nilai dampak lingkungan pada kategori ecotoxicity water acute pada proses deliming, fatliquoring, liming, pickling, retanning, soakin, dan tanning masing-masing adalah sebesar 0.0389, 0.000368, 0.00569, 0.00805, 0.88, 0.00161, dan 1.58 dari nilai dampak tersebut dapat dilihat bahwa proses tanning memiliki nilai dampak lingkungan terbesar dalam kategori ecotoxicity water acute dengan nilai sebesar 1.58 yaitu 68% dari total keseluruhan nilai dampak lingkungan.
Hamira (2017)	<i>Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Metode Analytical Hierarchy Process</i>	Mengidentifikasi dampak emisi yang dihasilkan dari proses produksi bensin menggunakan <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> , Siklus hidup dengan pemilihan alternatif menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisi yang dikeluarkan ke lingkungan pada sektor eksplorasi dan produksi adalah berupa emisi CO₂ dan CH₄ sebesar 1,95-ton CO₂/ton produk dan 0,725-ton CH₄/ton produk 2. Di sektor pengolahan mengeluarkan beban emisi sebesar 1,009-ton CO₂/ton produk; 4 × 10⁻⁵-ton CH₄/ton produk; 1,3 × 10⁻⁴-ton SO₂/ton produk; dan 2 × 10⁻⁴-ton NO₂/ton produk 3. Sektor pemasaran memiliki beban emisi sebesar 11,04-ton CO₂/ton produk; 3,5 × 10⁻⁵-ton CH₄/ton produk serta sektor pengguna berdampak memiliki beban emisi sebesar 2,4-ton CO₂/ton produk; 0,001-ton CH₄/ton produk.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Chooi et al. (2017)	<i>Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing Toward Eco-Efficiency Concrete Waste Management in Malaysia</i>	Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini untuk mengidentifikasi skenario yang paling berpengaruh terhadap <i>Eco Efficiency</i> di Management concrete waste. Dengan metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) sebagai penilaian dampak lingkungan	Penelitian ini menghasilkan, 4 skenario dimana S1 menggambarkan pembuangan, S2, S3, S4 mendaur ulang CW menjadi concrete aggregate (RCA) untuk menggantikan natural aggregate (NA) dalam pembuatan jalan. S3 menghasilkan nilai eco-efficiency terbesar 1.72 sementara penimbunan sampah memiliki nilai terendah 1.15. nilai efisiensi lingkungan yang lebih tinggi menghasilkan dampak lingkungan yang lebih rendah, selain itu s3 memungkinkan dapat mengurangi 50.8% emisi GHG dan 68.1% biaya penghematan dibandingkan S1
Nuri (2019)	<i>Eco Efficiency of Electric Vehicles in The United States A Life Cycle Assessment Based Principal Component Analysis</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyajikan kerangka penilaian keberlanjutan terintegrasi yang di terapkan pada kendaraan listrik di amerika serikat	Skenario dengan menggunakan 100% tenaga matahari memiliki dampak lingkungan paling ramah dalam hal air, energi dan jejak karbon, di bandingkan menggunakan energi fosil

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Huang et al. (2016)	<i>Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost of university dormitories in the Southeast China case study of the university town of Fuzhou</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak lingkungan dari asrama universitas di cina tenggara.	Satu meter persegi ruang asrama universitas di kota Fuzhou setidaknya mengeluarkan 4,8-ton GWP dan biaya 6100-yuan selama 50 tahun siklus hidup. Listrik, jendela, beton, baja, dan semen adalah penyumbang utama dampak siklus lingkungan, perlunya ada renovasi mendalam menggunakan bahan bangunan dengan dampak lingkungan rendah. menstandarkan pembuatan asrama baru yang memiliki dampak lingkungan rendah, mengenalkan struktur kayu untuk bangunan multi lantai
Amirhosain (2019)	<i>Simulation-Based Multi-Objective Optimization of institutional building renovation considering energy consumption, Life Cycle Cost and Life Cycle Assessment</i>	Menemukan skenario yang optimal untuk renovasi bangunan dengan mempertimbangkan konsumsi energi dan Life Cycle Assessment	Hasil penelitian dengan menggunakan metode SBMO mampu mengoptimalkan skenario renovasi gedung untuk meminimalkan TEC (<i>Total Energy Consumption</i>), LCC dan dampak lingkungan. Penghematan energi yang didapat dari skenario A ke B sebanyak 24,325 kW h/year

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

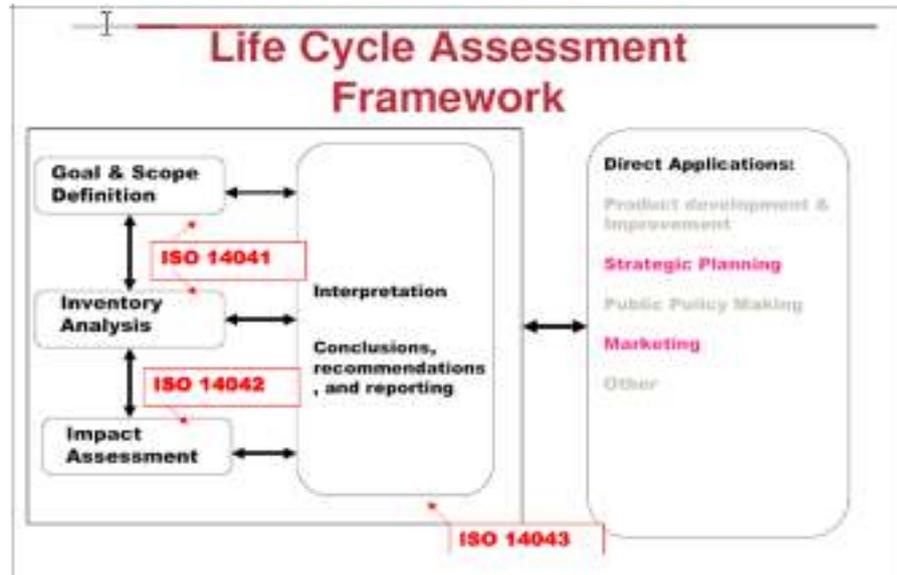
Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
L. Joana Rodríguez et al. (2018)	<i>Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost study of Banana (Musa sapientum) fiber Biocomposite materials</i>	Mengevaluasi empat alternatif menggunakan bio komposit berbasis polyester resin sebagai matrix	Hasil evaluasi global menunjukkan polyester memiliki nilai keseluruhan yang lebih baik dari pada alternatif bio composite. Diantara alternatif biocomposit alternatif dengan 15% BF, kaolinite tanpa chemical treatment adalah pilihan yang lebih baik karena mengurangi biaya produksi dan memiliki dampak lingkungan yang rendah di banding alternatif yang lain.

2.3 Metodologi Life Cycle Assessment

Dalam pelaksanaan metodologi *Life Cycle Assessment* dibagi menjadi 4 fase seperti yang di tunjukan pada gambar 2.1 Framework LCA adalah hasil pada setiap fase saling bergantung dan akan menginformasikan bagaimana tahapan lain selesai, berikut 4 fase *Life Cycle Assessment*:

1. *Goal and Scope Definition*
2. *Life Cycle Inventory (LCI)*
3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*
4. *Interpretation*

Gambar 2.1 dibawah ini menjelaskan rancangan atau frame work *Life Cycle Assessment* berdasarkan ISO14040 :



Gambar 2. 1 Framework LCA berdasarkan ISO 140140
(ISO 14040:1997)

2.3.1 Goal and Scope Definition

Hal pertama yang harus dilakukan dalam melakukan *Life Cycle Assessment* adalah pendefinisian dari tujuan *Life Cycle Assessment*. —tujuan dari analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) antara lain, adalah membandingkan suatu produk atau proses baru dengan kompetitif nya, memilih alternatif produk atau proses yang lebih ramah lingkungan, dan menganalisis dampak lingkungan dan ekonomi dari suatu proses kerja (Curran, M.A., 1996). Ruang lingkup dan pendefinisian tujuan merupakan fase untuk menentukan sebuah rencana kerja dari sebuah keseluruhan *Life Cycle Assessment*, fase ini menjadi 3 tahap:

1. Pendefinisian tujuan
2. Pendefinisian lingkup
3. Pendefinisian fungsi, unit fungsional, alternatif, aliran referensi

Tahap pendefinisian fungsi tujuan terdiri atas penancangan dan penyesuaian tujuan dari studi *Life Cycle Assessment* (LCA), penjelasan tujuan dari studi dan penentuan penggunaan hasil oleh inisiator, praktisi, stake holder serta penentuan target dari hasil studi, pada tahap pendefinisian lingkup, ditetapkan karakteristik utama dari studi *Life Cycle Assessment* (LCA) yang mencakup masalah seperti batasan temporal, geografi, dan teknologi, jenis analisis dan level keseluruhan dari

kecanggihan studi ini. Tahap terakhir dari fase ini adalah pendefinisian fungsi, unit fungsional, alternatif dan aliran referensi.

Unit fungsional mendeskripsikan fungsi utama dari sebuah sistem produk. Contoh sebuah fungsi adalah pengecatan dinding. Contoh dari unit fungsional untuk sebuah pengecatan dinding dapat didefinisikan dalam bentuk sebagai berikut:

1. Luas area yang harus dicat
2. Tipe dari dinding
3. Kualitas hasil pengecatan

Dalam dunia nyata, unit fungsional dari sebuah pengecatan dinding dapat berupa pengecatan dinding seluas 20m²/W, dengan kualitas warna permukaan 98% dan tidak membutuhkan pengecatan untuk lima tahun ke depan. Dengan mendasar dari unit fungsional tersebut, dapat disusun beberapa alternatif dari sistem produk yang ekuivalen. Alternatif ini dapat berupa berbagai pilihan cara atau bahan yang digunakan untuk dapat memenuhi fungsi dan unit fungsional yang telah ditetapkan. Setelah disusun alternatif, kemudian disusun aliran referensi untuk sistem ini. Aliran referensi merupakan sebuah ukuran dari output yang dihasilkan oleh proses dalam setiap alternatif sistem produk, yang dibutuhkan untuk memenuhi fungsi yang ditunjukkan oleh unit fungsional.

2.3.2 Life Cycle Inventory

Analisis persediaan adalah fase penilaian siklus hidup yang melibatkan kompilasi dan kuantifikasi input dan output untuk produk sepanjang siklus hidupnya di dalam batasan (sistem produk) yang ditentukan dari tujuan penelitian. Pertama, praktisi analisis persediaan butuh untuk mengumpulkan data yang terkait dengan manufaktur, penggunaan, dan pembuangan akhir dari produk yang ditargetkan. Data ini umumnya disebut "*data foreground*" dan data tersebut harus dikumpulkan oleh praktisi *Life Cycle Assessment (LCA)*.

Data berikutnya yang harus dikumpulkan adalah data input-output untuk produksi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk (termasuk bahan primer atau sekunder). Data ini umumnya disebut "*Data Latar Belakang*".

Sulit bagi praktisi *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengumpulkan data latar belakang, dan biasanya data latar belakang dikutip dari makalah penelitian atau studi kasus *Life Cycle Assessment* (LCA) masa lalu. —Ketika praktisi *Life Cycle Assessment* (LCA) mengacu pada beberapa data, perlu untuk memeriksa konsistensi karena emisi untuk pembakaran minyak berat atau pembangkit listrik mungkin berbeda dari literatur satu dengan literature lainnya. Dalam sebuah analisis persediaan, dua item berikut mungkin kontroversial: "Batasan Sistem" dan "Alokasi". Batasan sistem menentukan unit proses mana yang akan dimasukkan dalam *Life Cycle Assessment* (LCA). Pemilihan batas sistem harus konsisten dengan tujuan dari studi dan proses yang penting tidak boleh dikecualikan dalam batasan sistem. Ketika salah satu dari dua atau lebih produk berasal dari unit proses yang sama, "alokasi" diperlukan. Alokasi berarti membagi arus input atau output dari suatu proses atau sistem produk antara produk studi dan produk sampingan lainnya. Secara umum, impitan output dialokasikan berdasarkan rasio berat produk. Namun, ketika nilai pasar dari suatu produk cukup berbeda, input dan output mungkin dialokasikan dalam proporsi yang mencerminkan nilai ekonominya (Nirwanto, 2012).

2.3.3 Life Cycle Impact Assessment

Pada tahapan ini Akan 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 berjudul ISO 14042, *Life Cycle Assessment* (LCA) ISO 1998, yang menyatakan bahwa ada tiga langkah yaitu pertama kategorial dampak seleksi, klasifikasi, dan karakterisasi merupakan langkah-langkah wajib untuk *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Kecuali untuk evaluasi data, langkah-langkah lain adalah opsional tergantung pada tujuan dan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. *Select and Define Impact Categories*

Langkah pertama dalam *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) adalah memilih kategori dampak yang akan dianggap sebagai bagian dari keseluruhan *Life Cycle Assessment* (LCA). Langkah ini harus diselesaikan sebagai bagian dari

tujuan awal dan fase definisi lingkup untuk memandu proses pengumpulan data *Life Cycle Inventory* (LCI) dan membutuhkan peninjauan kembali mengikuti tahap pengumpulan data. Item yang diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) memiliki kesehatan manusia yang potensial dan dampak lingkungan. Sebagai contoh, sebuah riles lingkungan diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) dapat membahayakan kesehatan manusia dengan menyebabkan kanker atau kemandulan, atau mempengaruhi keselamatan kerja. Demikian juga, sebuah riles yang diidentifikasi dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) juga bisa mempengaruhi lingkungan dengan menyebabkan hujan asam, pemanasan global, atau spesies yang membahayakan hewan. Untuk *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), dampak didefinisikan sebagai konsekuensi yang dapat disebabkan oleh input dan output aliran sistem pada kesehatan manusia, tanaman, dan hewan, atau masa depan ketersediaan sumber daya alam.

2. *Classification*

Tujuan klasifikasi adalah untuk mengatur dan mungkin menggabungkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) ke dalam kategori dampak. Untuk *Life Cycle Inventory* (LCI) item yang berkontribusi terhadap hanya satu kategori dampak, prosedur ini merupakan tugas yang sederhana. Sebagai contoh, emisi karbon dioksida dapat diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global. Untuk *Life Cycle Inventory* (LCI) produk yang berkontribusi terhadap dua atau lebih kategori dampak yang berbeda, aturan harus ditetapkan untuk klasifikasi. Ada dua cara untuk menetapkan *Life Cycle Inventory* (LCI) hasil ke beberapa kategori dampak (ISO 1998):

- A. Partisi sebagian wakil dari hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) ke kategori dampak dimana mereka berkontribusi. Hal ini biasanya diperbolehkan dalam kasus-kasus ketika efek tergantung pada satu sama lain.
- B. Tugaskan semua hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) semua kategori dampak yang mereka berkontribusi. Hal ini biasanya diperbolehkan ketika efek yang terpisah satu sama lain.

3. *Characterization*

Karakterisasi Dampak menggunakan faktor konversi berbasis ilmu pengetahuan, yang disebut faktor karakterisasi, mengonversi dan

menggabungkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) menjadi indikator perwakilan dampak terhadap kesehatan manusia dan ekologi. Faktor karakterisasi juga sering disebut sebagai faktor kesetaraan. Karakterisasi menyediakan cara untuk langsung membandingkan hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) dalam setiap kategori dampak. Dengan kata lain, faktor-faktor karakterisasi menerjemahkan input persediaan yang berbeda ke dalam Indikator dampak langsung dibandingkan. Misalnya, karakterisasi Akan memberikan perkiraan toksisitas terrestrial relatif antara timbal, kromium, dan seng.

4. *Normalization*

Normalisasi adalah alat *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) digunakan untuk menyatakan data indikator dampak dengan Cara yang dapat dibandingkan antara kategori dampak. Prosedur ini menormalkan hasil indikator dengan membagi dengan nilai referensi yang dipilih. Tujuan dan lingkup *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat mempengaruhi pilihan dari nilai referensi yang sesuai. Perhatikan bahwa data di normalisasi hanya dapat dibandingkan dalam kategori dampak. Misalnya, efek dari pengasaman tidak bisa langsung dibandingkan dengan toksisitas air karena faktor karakterisasi dihitung dengan menggunakan metode ilmiah yang berbeda.

5. *Grouping*

Pengelompokan memberikan kategori dampak ke dalam satu atau lebih set untuk lebih memudahkan interpretasi hasil ke wilayah tertentu yang menjadi perhatian. Biasanya, pengelompokan melibatkan menyortir atau peringkat di indikator. Berikut adalah dua cara yang mungkin untuk kelompok *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) data (ISO 1998):

- A. Urutkan berdasarkan indikator karakteristik seperti emisi (emisi misalnya, udara dan air) atau lokasi (misalnya, lokal, regional, atau global).
- B. Urutkan indikator berdasarkan sistem peringkat, seperti prioritas tinggi, rendah, atau menengah. Peringkat didasarkan pada pilihan nilai.

6. *Weighting*

Bobot langkah (juga disebut sebagai penilaian) dari *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) memberikan bobot atau nilai relatif terhadap kategori

dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan yang mereka pahami atau relevansi. pembobotan ini penting karena kategori dampak juga harus mencerminkan tujuan belajar dan nilai-nilai stakeholder. Sebelumnya, emisi udara berbahaya seperti yang dinyatakan bisa menjadi perhatian relatif lebih tinggi di zona non-pencapaian udara dari tingkat emisi yang sama di daerah dengan kualitas udara yang lebih baik. Karena bobot bukanlah proses ilmiah, sangat penting bahwa metodologi pembobotan jelas. Meskipun pembobotan secara luas digunakan dalam *Life Cycle Assessment* (LCA), tahapan bobot sedikit berkembang dari langkah-langkah penilaian dampak dan juga yang paling mungkin untuk ditantang dalam hal integritas. Selain itu, pertimbangan nilai dapat berubah dengan lokasi atau waktu dalam tahun. Isu kedua berasal dari yang pertama: bagaimana seharusnya pengguna adil dan konsisten membuat keputusan berdasarkan preferensi lingkungan, mengingat sifat subjektif dari pembobotan benar-benar objektif ditetapkan bobot atau metode pembobotan layak.

7. *Evaluate and Document the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Results*

Potensi dampak untuk setiap kategori dipilih telah dihitung, keakuratan hasilnya harus di verifikasi. Akurasi harus cukup untuk mendukung tujuan untuk melakukan *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagaimana didefinisikan dalam tujuan dan ruang lingkup. Seperti semua alat penilaian lainnya, *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) memiliki keterbatasan. Meskipun proses *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) mengikuti prosedur yang sistematis, dan banyak asumsi dan penyederhanaan, serta pilihan nilai subjektif tergantung pada metodologi *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dipilih.

2.3.4 Interpretation

Dalam metode *Life Cycle Assessment* (LCA), praktisi dapat mencapai hasil yang berbeda tergantung pada ruang lingkup studi, batasan sistem dan prosedur alokasi yang diambil dalam *Life Cycle Inventory* (LCI) serta pilihan faktor-faktor karakterisasi di *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Pengaruh prosedur ini pada hasil harus dibahas dalam fase "interpretasi". Dalam banyak kasus *Life Cycle Inventory* (LCI) saat ini, hasil emisi dan konsumsi sumber daya dinyatakan oleh

nilai numerik tunggal. Elemen utama dari fase ini adalah evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari studi ini. Fase ini terdiri dari beberapa tahap:

1. Pengecekan mengenai konsistensi dengan tujuan untuk menentukan apakah asumsi, metode, model dan data konsisten terhadap tujuan dan lingkup studi mengenai siklus hidup produk dan opsi lainnya.
2. Pengecekan mengenai kelengkapan dengan tujuan untuk memastikan semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk fase interpretasi sudah tersedia lengkap.
3. Analisis kontribusi dimana terjadi perhitungan kontribusi keseluruhan pada hasil dari berbagai faktor. Analisis ini menjawab pertanyaan tentang kontribusi dari aliran lingkungan, proses, dan dampak yang spesifik terhadap nilai akhir.
4. Analisis gangguan yang mempelajari efek dari perubahan kecil di dalam sistem dari hasil *Life Cycle Assessment (LCA)*.
5. Analisis sensitivitas dan ketidakpastian Elemen ini menilai pengaruh dari hasil variasi dalam data proses, pemilihan model, dan variabel lainnya. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi dilakukan berdasarkan hasil.

2.4 Software SimaPro

SimaPro adalah *software* generasi dari interpretasi penggunaan metode *Life Cycle Assessment*, dimana memiliki tujuan untuk menganalisa dan membandingkan lingkungan dari suatu produk. Hasilnya akan mengalkulasi inputan seperti kuantitas dan kualitas bahan baku dan menghasilkan outputan suatu nilai grafik. Terdapat beberapa tahapan pada SimaPro yakni:

1. Menentukan tujuan dan ruang lingkup - Text field, untuk menginput data dan tujuan melakukan penelitian LCA - Pemilihan libraries, untuk memilih metode

Inputs						
Name	Substance name	Amount	Unit	Distribution	Allocation %	Units type
Fuel Expenses		1	kg	100%	100%	kg
Name						
Outputs						
Name	Substance name	Amount	Unit	Distribution	Allocation %	Units type
				100%	100%	kg
Name						
Emissions						
Name	Substance name	Amount	Unit	Distribution	Allocation %	Units type
				100%	100%	kg
Name						

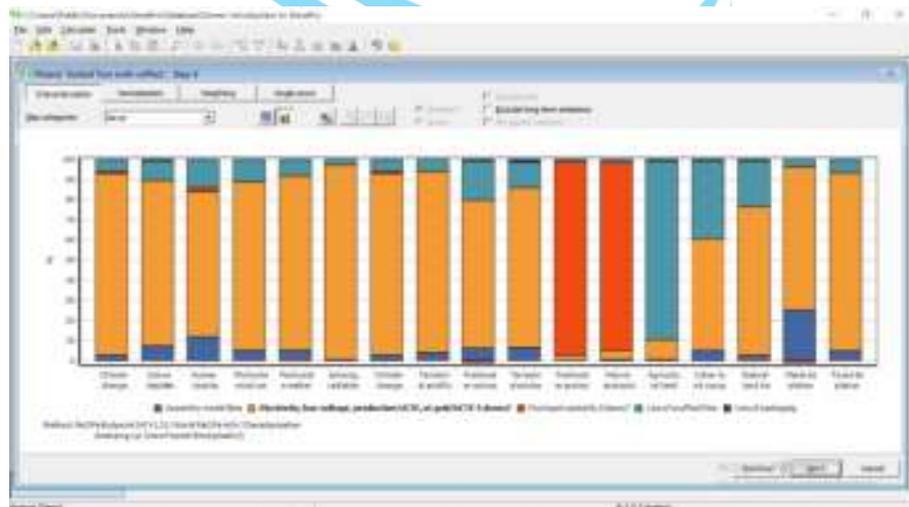
Gambar 2.4 Data *Inventory Process* pada *Software SimaPro*

(Sumber: SimaPro Tutorial)

Pada tahap ini di input data, seperti proses pada produksi bensin yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukkan beban emisi yang dihasilkan, dimana data ini dalam jumlah per tahun.

3. Penilaian terhadap cemaran

- A. *Characterization*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 *impact category* yang terdapat pada LCA.

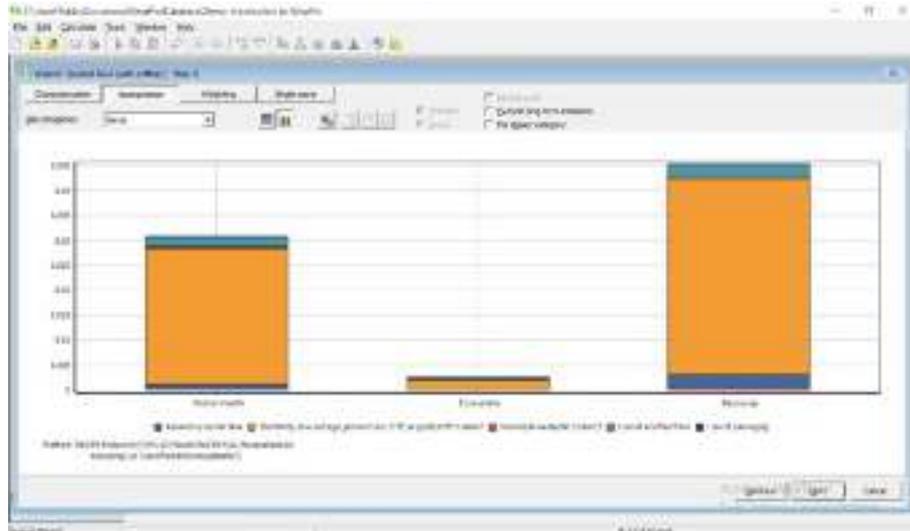


Gambar 2.5 Kriteria *Impact Assessment Characterization* pada *Software*

SimaPro

(Sumber: SimaPro Tutorial)

- B. Normalization, merupakan penilaian dengan membandingkan hasil dari *impact category* indikator dengan buku acuan atau nilai normal. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan satuan dari segala *impact categories* dan juga untuk menunjukkan kontribusi dari *impact categories*



Gambar 2.6 Kriteria *Impact Assessment Normalization* pada Software

SimaPro

(Sumber: SimaPro Tutorial)

KARAWANG

- C. *Weighting*, proses mengalikan *impact category indicator* dengan *weighting score* dan di akumulasikan sebagai *total score*. Tahap ini memberikan bobot terhadap kategori dampak yang berbeda.



Gambar 2.7 Kriteria *Impact Assessment Weighting* pada Software SimaPro

(Sumber: SimaPro Tutorial)

D. *Single score*, proses yang memperlihatkan produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.



Gambar 2.8 Kriteria *Impact Assessment Single Score* pada *Software*

SimaPro

(SimaPro Tutorial)

2.5 Life Cycle Cost

Ada beberapa pendapat menurut beberapa ahli mengenai pengertian *Life Cycle Cost*, diantaranya sebagai berikut:

1. —Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*) bangunan atau struktur mencakup biaya total yang berkaitan mulai dari tahap permulaan hingga tahap pembongkaran akhir, (Asworth, 1994).
2. —*Life Cycle Cost* merupakan semua biaya yang dikeluarkan sepanjang masa pakai yang meliputi persiapan, desain, akuisisi dan biaya lainnya yang langsung berhubungan dengan kepemilikan atau penggunaan aset, (New South Wales Treasury, 2004),.
3. —Suatu metode ekonomi dalam mengevaluasi proyek atas semua biaya yang terjadi mulai dari tahap pengelolaan, pengoperasian, pemeliharaan, dan pembuangan suatu komponen dari sebuah konstruksi, dimana hal ini di jadikan pertimbangan yang begitu penting untuk mengambil keputusan (Fuller, 1995).
4. —Merupakan suatu konsep pemodelan perhitungan biaya dari tahap permulaan sampai pembongkaran suatu asset dari sebuah proyek sebagai alat untuk

mengambil keputusan atas sebuah studi analisis dan perhitungan dari total biaya yang ada selama siklus hidup produk (Barringer, 1996). Karena itu, *Life Cycle Cost* dapat dirumuskan seperti di bawah ini:

$LCC = \text{biaya awal} + \text{operasional} + \text{Biaya Pemeliharaan dan perawatan} + \text{biaya Demolisih}$

2.6 Eco Efficiency

—*Eco Efficiency* merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. *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 (Diana, 2012).

Tujuan *Eco Efficiency* adalah —untuk mengurangi dampak lingkungan per unit yang diproduksi dan dikonsumsi. Bisnis dapat mencapai keuntungan karena mempunyai daya saing dengan cara mengurangi sumber daya yang diperlukan bagi terbentuknya produk serta pelayanan yang lebih baik. Konsep *Eco Efficiency* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1992 oleh *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). WBCSD telah mengidentifikasi adanya tujuh faktor kunci dalam *Eco Efficiency* yaitu: mengurangi jumlah penggunaan bahan, mengurangi jumlah penggunaan energi, mengurangi pencemaran, memperbesar daur ulang bahan, memaksimalkan penggunaan sumber daya alam (SDA) yang dapat diperbarui, memperpanjang umur pakai produk dan meningkatkan intensitas pelayanan (Diana, 2012).

2.6.1 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 (TU Delft, 2015).

2.6.2 Cost Benefit Analysis

Cost Benefit Analysis digunakan untuk menghitung *net value* dari suatu produk. Nilai *net value* diperoleh dengan mengurangi harga jual dengan harga pokok produksi (HPP), sehingga besarnya nilai dari *net value* ini dipengaruhi oleh biaya=biaya yang dibutuhkan dalam produksi suatu produk dan nilai penjualan dari produk tersebut

2.6.3 Eco Efficiency Index

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* input EEI berupa besar *Eco cost* yang dihasilkan dan besar *net value* produk dengan input nilai rasio kelayakan keuntungan (*benefit cost*).

Menurut Tak Hur et al. (2003), perhitungan —*Eco Efficiency Index* (EEI) berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi (Tak hur, 2003). Persamaan 2.1 berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai EEI.

Tabel 2.2 Kriteria *Eco Efficiency Index*

<i>Eco-efficiency</i> > 1	<i>affordable,</i>	<i>sustainable</i>
<i>Eco-efficiency</i> = 0-1	<i>affordable,</i>	<i>not sustainable</i>
<i>Eco-efficiency</i> < 0	<i>not affordable,</i>	<i>not sustainable</i>

2.6.4 Eco costs Value Ratio

“*Eco costs value ratio* (EVR) digunakan untuk menghitung nilai dari tingkat *Eco Efficiency Ratio* (EER), sehingga dari perhitungan ini dapat diketahui hasil tingkat efisiensi dari suatu proses pembuatan suatu produk. Nilai dari EVR ini diperoleh dari membagi *Eco-costs* dengan *net value*, dari sini hasil kalkulasi antara *net value* yang diperoleh dari interpretasi analisis LCA, sehingga akan dihasilkan suatu nilai yang disebut *Eco Efficiency Ratio* (EER) (Vogtlander et al, 2010). Persamaan 2.2 berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai EVR.

2.6.5 Eco Efficiency Ratio

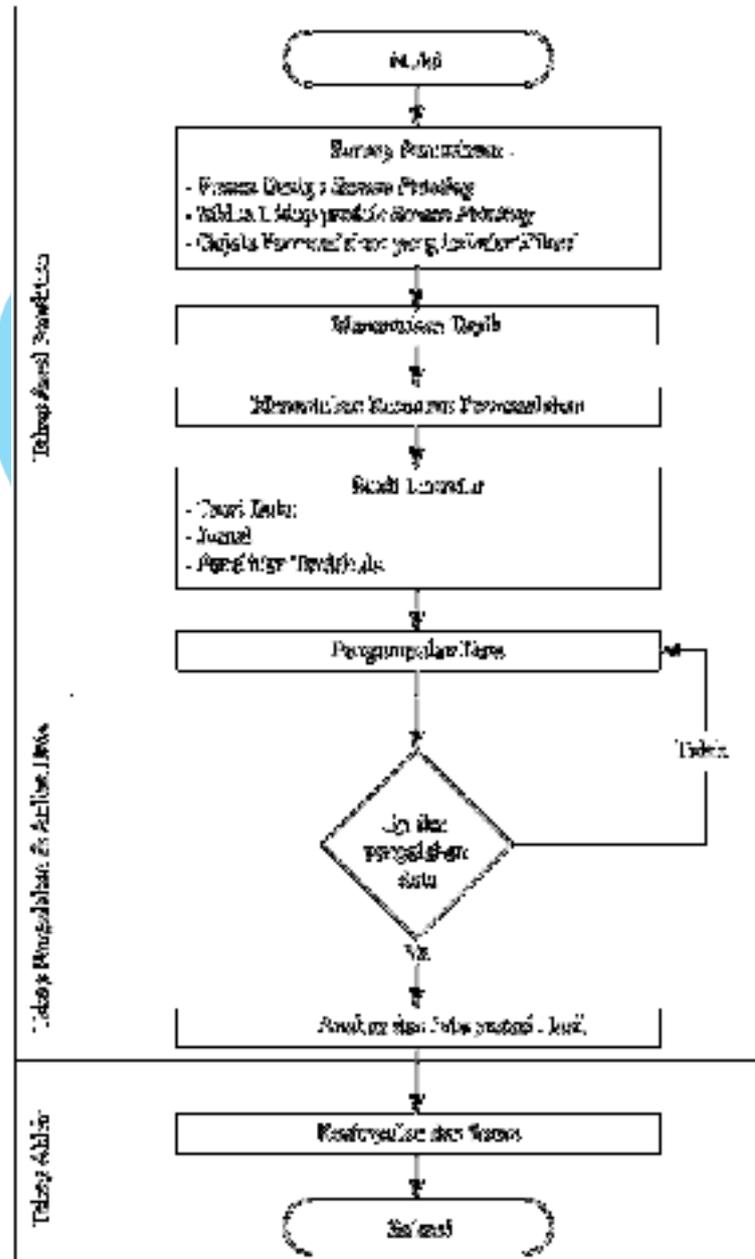
Menurut Vogtlander et al. (2010) — hasil perhitungan *EER Rate* diperoleh dengan cara membagi nilai *Eco cost* yang dihasilkan dengan nilai *net value* yang diperoleh sehingga diketahui rasio *Eco costs* dengan *net value* kemudian hasilnya dikurangkan dengan 1 dan dikalikan 100%. Adapun data yang digunakan untuk menghitung nilai *EER* antara lain biaya dari hasil representasi nilai atau output *Eco costs* dan besar *net value* produk. Persamaan 2.3 berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai *EER Rate*.

$$\text{EER Rate} = (1 - \text{EVR}) \times 100\%$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam bab ini akan di jelaskan tahapan proses penelitian yang telah dilakukan digambarkan kedalam diagram alir penelitian pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan suatu kerangka pemecahan masalah yang menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah secara singkat beserta penjelasannya. Secara umum metodologi penelitian disusun untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka keseluruhan kegiatan penelitian dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti yang ditunjukkan gambar 3.1.

3.3 Tahap awal Penelitian

Tahap Awal Penelitian ini adalah tahap identifikasi yang merupakan suatu kegiatan permulaan dalam mengenali masalah dalam suatu objek dan kondisi tertentu. Pada tahap ini juga dilakukan diskusi dengan pembimbingan skripsi, dan pihak perusahaan. Berikut merupakan tahapan dalam identifikasi:

3.3.1 Survey Penelitian

Pada tahap ini dilakukan survey dan studi di dalam perusahaan mulai dari tahap design awal hingga selesai dengan melihat dan menganalisa siklus produk *Screen Printing* yang sedang berlangsung. Adapun dalam pelaksanaannya yang dilakukan antara lain:

1. Proses Design *Screen Printing*, yaitu kegiatan pengamatan secara langsung pada tahap mendesain produk tersebut sebelum dilakukannya proses produksi
2. Siklus hidup produk *Screen Printing*, dimana dari peneliti melakukan pengamatan terhadap siklus hidup produk *Screen Printing* dari pembuatan hingga tahap disposal
3. Gejala Permasalahan yang teridentifikasi, dari hasil survey pada tahap sebelumnya peneliti mengidentifikasi masalah apa saja yang bersangkutan terhadap lingkungan dari hasil pengamatan diatas, untuk dijadikan topik dan rumusan masalah yang di dapat dari hasil survey pada perusahaan tersebut.

3.3.2 Menentukan Topik

Tahap ini adalah menentukan topik apa yang akan diambil berdasarkan hasil survey perusahaan yang dilakukan tahap. Dari hasil permasalahan yang teridentifikasi kemudian diangkat menjadi topik permasalahan

3.3.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil kegiatan studi lapangan, studi literatur dan konsultasi dengan dosen pembimbing skripsi yang telah dilakukan oleh peneliti, maka dilakukan perumusan masalah sesuai dengan permasalahan yang ada di perusahaan.

3.3.4 Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai landasan teori dalam penyelesaian masalah secara ilmiah. Setelah topik ditentukan pada tahap ini dilakukan studi literatur yang dapat **menunjang** pengerjaan penelitian sebagai berikut:

1. Teori Buku

Dilakukan studi literatur melalui teori-teori yang di jelaskan ke dalam buku text atau e-book tentang permasalahan yang diambil.

2. Jurnal

Sebagai acuan dan perkembangan informasi yang berhubungan dengan perumusan masalah untuk menganalisa permasalahan dan metode yang diambil

3. Penelitian Terdahulu

Perlunya ada penelitian terdahulu sebagai acuan penelitian yang memiliki topik yang sama dengan penelitian yang diambil

3.3.5 Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan tahap yang dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian. Data diperoleh melalui proses wawancara dengan bagian yang ahli di bidang *Screen Printing* dan data sekunder yang sudah tersedia pada perusahaan, serta data-data dari sumber yang lain. Ada pun yang di jadikan sebagai penelitian dibagi menjadi data primer dan data sekunder, dibawah ini penjelasannya:

1. Data Primer

—Data Primer adalah data yang berasal dari sumber asli atau pertama. Data ini harus dicari melalui narasumber atau dalam istilah teknisnya responden, yaitu

orang yang kita jadikan objek penelitian atau orang yang kita jadikan sebagai sarana mendapatkan informasi ataupun data (Sarwano, 2006).

2. Data Sekunder

—Data sekunder merupakan data yang sudah tersedia sehingga peneliti tinggal mencari dan mengumpulkan. Metode pengumpulan data sekunder tersebut dilakukan dengan melihat dan mencatat data yang ada di perusahaan (Sarwano, 2006).

3.4 Tahap Analisa dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan analisa serta pengujian dari hasil pengumpulan data yang telah di dapatkan dari hasil observasi menggunakan Analisis *Cradle to Grave* dan metode *Life Cycle Assessment*.

3.4.1 Uji dan Pengolahan Data

Tahap ini menguji kecukupan data yang telah di kumpulkan baik data primer maupun sekunder, apabila data yang didapat tidak cukup maka akan dikembalikan ke tahap pengumpulan data. apabila data mencukupi dan layak maka akan dilakukan analisa dan pengolahan data, dengan metode analisa berikut:

1. Analisa *Life Cycle* (LCA)

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi konsumsi energi dan bahan mentah, emisi yang dikeluarkan ke lingkungan, dan limbah lainnya yang berkaitan dengan siklus hidup suatu produk atau sistem, siklus hidup suatu produk atau sistem adalah siklus dari mulai produk itu tidak ada atau masih berupa *raw material* yang ada di alam, kemudian diproses menjadi produk jadi, sampai produk itu tidak bisa digunakan lagi dan menjadi limbah padat yang dibuang ke alam. Menurut Guinne (2001) ada 4 fase dalam menggunakan metode *Life Cycle Assessment*, sebagai berikut:

A. *Goal and scope definition*

Fase awal dimana menentukan tujuan dan working plan yang akan di buat dalam keseluruhan LCA. Mendefinisikan ruang lingkup penelitian dalam hal cakupan temporal, geografis dan teknologi serta

tingkat kecanggihan penelitian dalam kaitannya dengan tujuan penelitian

B. *Life Cycle Inventory*

Tahapan dimana menjelaskan tentang sistem produk dan alternatifnya, dalam konteks ini, mendefinisikan pengaturan batasan sistem antara ekonomi dan lingkungan dengan sistem produk hingga akhir. Merancang flow diagram unit proses, mengumpulkan data untuk masing-masing proses, Hasil utama dalam fase ini yaitu list tabel inventory yang mencantumkan input dan output terhadap lingkungan yang terkait dengan unit fungsional, dalam hal Kg Carbon dioksida, Mg fenol, Kg biji besi, Meter kubik gas alam dll.

C. *Life Cycle Impact Assessment*

Fase ini adalah himpunan dari hasil inventory analysis main inventory table yang di proses lebih lanjut dan di interpretasikan dalam hal dampak lingkungan dan tanggapan masyarakat. Dalam hal ini tujuan dari list dampak kategori didefinisikan dan dibuat model untuk menghubungkan kaitannya dengan lingkungan sesuai indikator dan kategori dampak lingkungan yang dipilih. Hasil pemodelan yang sebenarnya dihitung kedalam *characterization* step dan *normalization* untuk mengindikasikan hasil dalam cakupan regional dan dunia

D. *Interpretation*

Fase dimana hasil dan semua pilihan serta asumsi yang dibuat selama analisis dievaluasi dari segi *soundness*, and *robustness* serta keseluruhan kesimpulan. Unsur utama dari interpretasi adalah hasil evaluasi berupa *terms of consistency* and *completeness* misalnya dari *terms of robustness* dan formulasi kesimpulan dan rekomendasi penelitian

2. Analisa *Life Cycle Cost*

Life Cycle Cost (LCC) suatu aset didefinisikan sebagai —Total biaya selama umur aktual dari suatu aset, termasuk biaya perencanaan, desain, perolehan dan biaya tambahan, serta biaya-biaya lain yang secara langsung timbul sebagai akibat pemilikan atau penggunaan aset tersebut. Untuk itu

perlu nya menganalisa apakah bermanfaat bagi perusahaan dan layak di jadikan sebuah aset bagi perusahaan.

3. Analisa *Eco Efficiency*

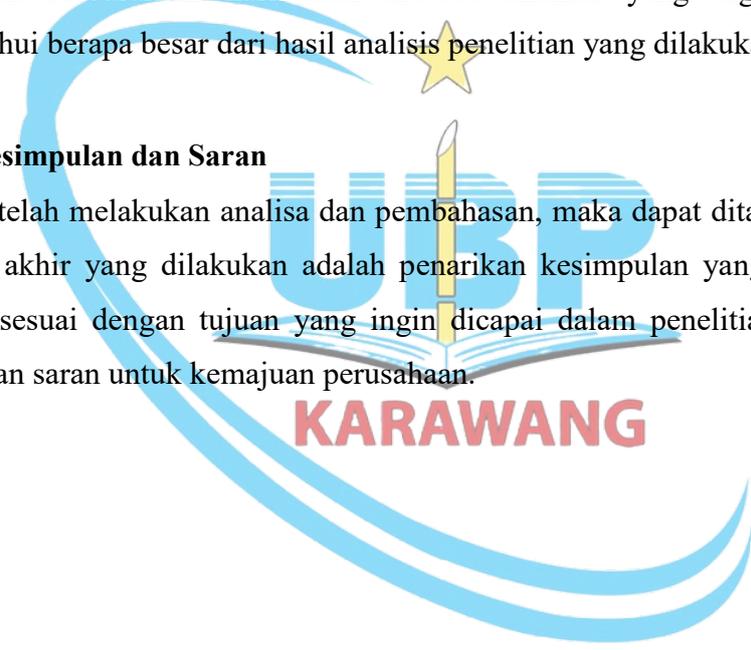
Pada tahap ini dilakukan analisa tingkat *Eco Efficiency* yang di hasilkan dari *Life Cycle Sheet Panel* dan *Life Cycle Cost* dengan menghitung nilai *Eco cost*, *Cost Benefit Analysis*. *Eco cost Value* sehingga di ketahui nilai *Eco Efficiency Index* dan *Eco Efficiency Ratio*.

3.4.2 Analisa dan Interpretasi Hasil

Tahap ini, dilakukan analisis terhadap nilai dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan hasil dari metode analisis yang digunakan, untuk mengetahui berapa besar dari hasil analisis penelitian yang dilakukan sebelumnya

3.5 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisa dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan langkah akhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan yang berisi hal-hal penting sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tersebut dan pemberian saran untuk kemajuan perusahaan.



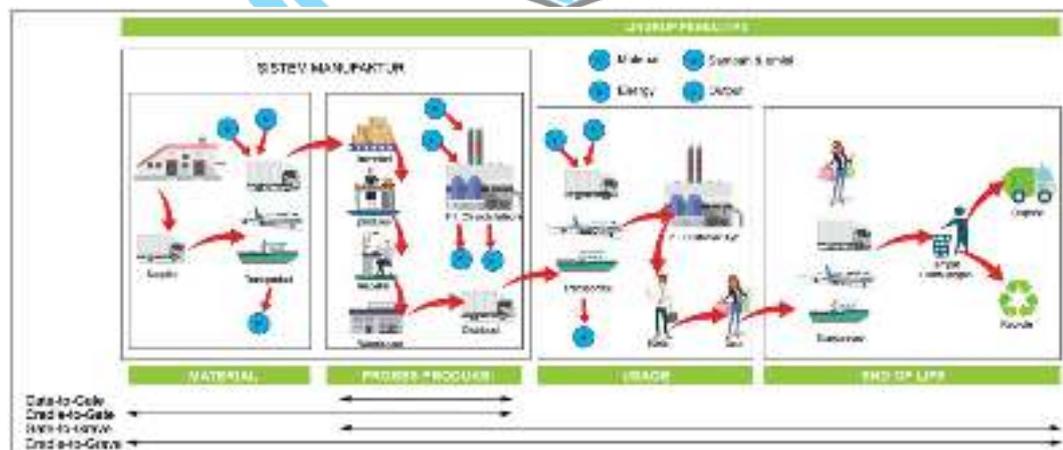
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Chiyoda Integere Indonesia adalah perusahaan manufaktur dengan *Screen Printing* dan *die cutting* sebagai produk utamanya, salah satu item yang di hasilkan adalah bernama *Sheet Panel*, dengan data yang diambil adalah data hasil proses produksi selama bulan oktober s/d desember 2018 dengan processing lot/month 25.000pcs maka, dalam bab ini akan dibahas hasil dari data yang sudah diolah oleh penulis.

4.1 Goal dan Scope

Mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan produk *Screen Printing* dengan item *sheet panel* yang di hasilkan oleh PT. Chiyoda Integer menjadi goal dalam penelitian ini dengan *scope* diawali dari raw material atau bahan baku kemudian menjadi produk hingga terakhir jadi menjadi sampah. Gambar dibawah ini menjelaskan ruang lingkup penelitian dari produk *Screen Printing* untuk item *sheet panel*, gambar 4.1 di bawah ini menjelaskan lingkup penelitian produksi *Screen Printing*



Gambar 4. 1 Lingkup Penelitian

(Sumber: PT. Chiyoda Integere, 2018)

Dari gambar diatas dijelaskan *gate-to-gate* adalah tahapan proses produksi dan dikirim ke *usage* dari gambar diatas dijelaskan adanya penggunaan material, *energy* yang menghasilkan berupa limbah dan output, *cradle to gate* yaitu tahapan pada material dikirim dari supplier kemudian dilakukan di proses produksi dalam

tahapan ini disebut juga sistem manufaktur, *gate to grave* yaitu tahapan proses produksi kemudian di lanjutan *usage* yang artinya ada pihak ke-3 dimana produk dipakai oleh *customer* yang kemudian di pakai oleh *user* hingga produk tersebut di disposal atau di daur ulang, terakhir adalah tahap *cradle to grave* yaitu proses dari awal material hingga produk tersebut musnahkan.

4.2 Pengumpulan Data

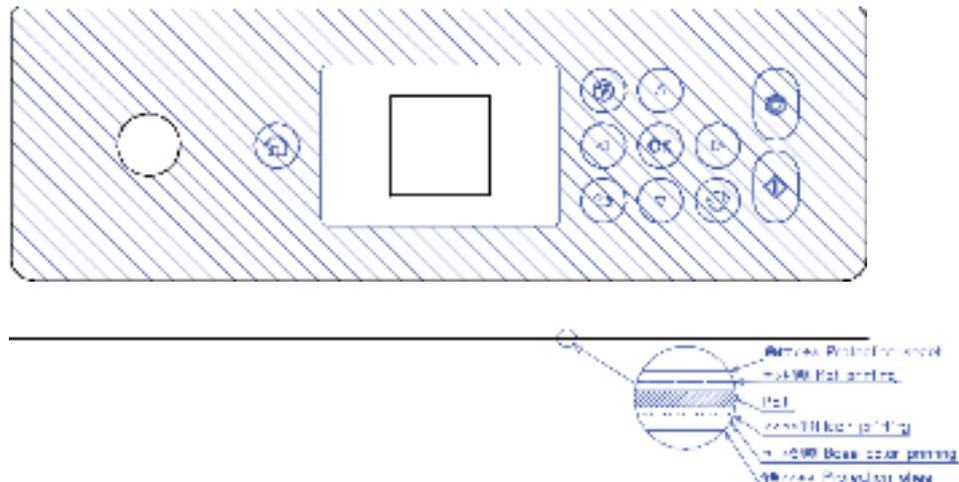
Dalam fase ini bagian pembuat produk didefinisikan di dalam *Life Cycle Assessment* pada setiap *down stream* dan *up stream* produk kemudian diartikan ke dalam indikator-indikator lingkungan, fase ini dinamakan *Life Cycle Inventory*. Data dikumpulkan pada setiap proses dalam siklus hidup item *sheet panel* yaitu proses produksi, dan pembuangan. Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan dari jurnal, hasil penelitian serta buku yang berkaitan terhadap penelitian ini. Berikut ini merupakan data inventori berupa input dan output yang akan dikumpulkan:

1. Spesifikasi Produk
2. *Life Cycle Inventory* proses item *sheet panel*

Down stream dan *up stream* dari setiap skenario diperoleh dengan menggunakan data sekunder 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 akan dilakukan pengolahan untuk didapat inventarisasi setiap unit objek yang diteliti.

4.2.1 Data Spesifikasi Produk

Dibawah ini gambar 4.2 menunjukkan spesifikasi produk berdasarkan drawing 2D yang dimiliki oleh PT. Chiyoda Integere berikut:



Gambar 4. 2 Spesifikasi produk Sheet Panel

(Sumber: 2d drawing *sheet panel* customer xyz)

Pada tabel 4.1 dibawah ini yang diolah berdasarkan data environmental spesifikasi dan jenis material yang digunakan:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Produk *Sheet Panel*

Dimensi (mm)		Material	Jenis Material	Berat (gr)
Panjang	232.1	<i>PET</i>	Polyethylene terephthalate	4.9
Lebar	74.3	<i>Protective Film</i>	PE film	2
		<i>Solvent based Ink</i>	Synthetic resin	1

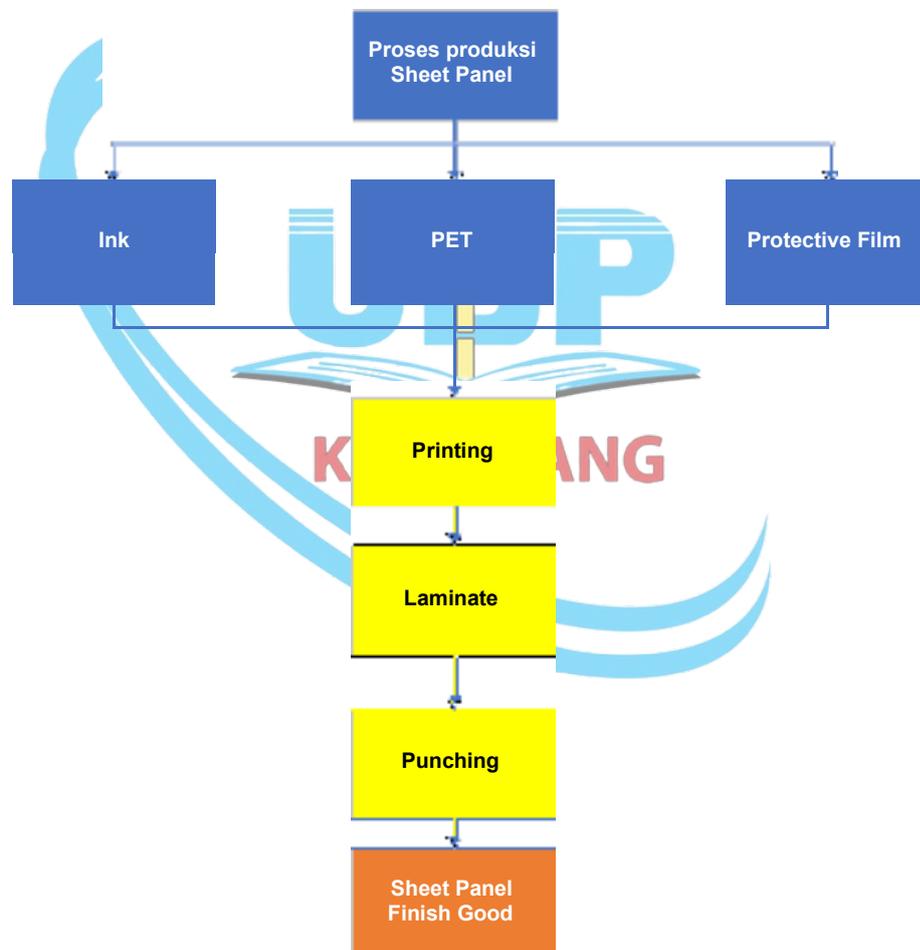
4.2.2 Life Cycle Inventory

Siklus hidup item sheet panel dimulai dari proses printing, kemudian produk yang telah dilakukan proses produksi dikirim kepada pihak *customer*. Produk tersebut akan di *assembly* dengan part yang lain sesuai dengan kebutuhan customer ke konsumen setelah produk tersebut dirakit oleh *customer* kemudian disalurkan melalui distributor untuk sampai ke konsumen produk akan di manfaatkan konsumen sehingga menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan, item sheet panel tidak dapat di daur ulang sepenuhnya oleh lingkungan sehingga menimbulkan dampak pencemaran. Pada proses produksi sheet panel yang meliputi bahan baku dan energi dilakukan proses analisa *inventory* sehingga dapat diketahui kebutuhan proses produksi serta output

yang dihasilkan dari proses produksi *Screen Printing* serta cemaran lingkungan dari limbah material terhadap lingkungan.

1. Tahapan Produksi Sheet Panel

Kegiatan proses produksi dilakukan dengan tahapan awal yaitu *Receiving* material dimana *raw* material di siapkan sesuai permintaan dan kebutuhan, kemudian material yang sudah di siapkan akan dilakukan proses *printing*, selanjutnya material dilakukan proses pemotongan sesuai dengan *drawing customer*, kemudian material yang sudah di *Punching*, dilakukan proses pengecekan dan *packing*, proses produksi *sheet panel* dapat dilihat dari gambar 4.3 *Process Flow sheet panel* berikut:



Gambar 4. 3 *Process Flow Sheet Panel*

(Sumber: QCPQ, Item Sheet Panel)

Proses produksi sheet panel terdiri dari 3 tahapan sesuai dengan gambar 4.2 yang sebelumnya sudah di jelaskan diatas, yang meliputi proses *printing* hingga *inspection*.

A. *Printing & Oven*

Proses pencetakan yang menggunakan metode cetak saring dengan media *screen mesh*. Dalam proses mencetak ini di bagi menjadi 3 tahapan sebagai berikut:

1. Proses *printing*

Dimana material cari seperti ink diletakkan diatas screen mesh yang kemudian di tekan oleh squeegee sehingga *ink* keluar melalui lubang-lubang kain.

2. Proses Oven

Proses dimana mengeringkan material yang sudah dilakukan proses *printing* supaya material ink yang sudah menempel dapat kering dan tahan lama

B. *Laminate*

Laminate adalah proses melapisi bagian permukaan sheet panel dengan protective film.

C. *Punching & Inspection*

Proses akhir produk yaitu pembentukan part menggunakan teknik *press die* dengan *die cutting* dalam operasionalnya.

2. Komponen yang di gunakan dalam *Software SimaPro*

Proses produksi manufaktur untuk setiap komponen diidentifikasi dengan menggunakan perangkat lunak yaitu SimaPro. Secara otomatis perangkat lunak ini mengidentifikasi emisi, energi yang digunakan dan dampak lingkungan yang terkait dengan material dan proses pembuatan komponen yang sedang dipilih. Hal ini dilakukan sesuai database yang terkait dengan bahan dan proses dalam industri yang sedang diteliti, adapun komponen data jenis material dalam database SimaPro adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Material Database SimaPro

No	Material	Jenis Material
1	<i>PET</i>	Polyethylene terephthalate
2	<i>Protective Film</i>	PE (HDPE)
3	<i>Ink</i>	Printing Color offset, 47.5% solvent

Selain jenis material yang di pakai dalam database SimaPro, proses produksi dari produk yang diteliti yaitu proses blanking material PET (Polyethylene terephthalate) juga tersaji dalam database SimaPro dan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 Proses Manufaktur Database SimaPro

No	Komponen	Jenis Material	Proses Manufaktur
1	PET	Polyethylene terephthalate	Blanking

3. Skenario Limbah (*Waste Scenario*)

Pada tahap akhir dari penggunaan *Sheet Panel* material PET (Polyethylene terephthalate) tidak ada proses recycle hal ini disebabkan tidak adanya *work center* atau stasiun kerja untuk mendaur ulang jenis plastik Polyethylene dalam perusahaan, maka perusahaan melakukan pembuangan melalui pihak ketiga untuk dilakukan disposal, jadi bisa di asumsikan bahwa persentase pembuangan limbah atau cemaran terhadap lingkungan seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4. 4 Persentase Skenario Limbah

No	Komponen	Jenis Material	Persentase pembuangan Ke TPA	Persentase Daur Ulang
1	PET	Polyethylene terephthalate	100	-
2	Protective Film	PE (HDPE)	100	-
3	Ink	Printing Color offset, 47.5% solvent	100	-

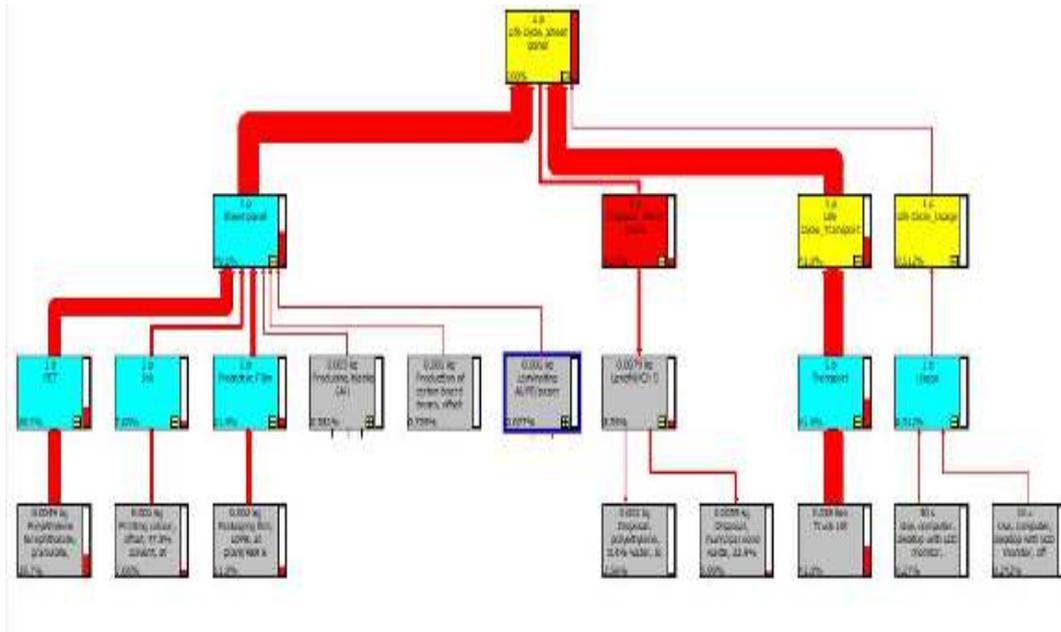
4.3 Life Cycle Impact Assessment

Setelah dilakukan *Life Cycle Inventory* untuk setiap material, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis *Life Cycle Impact Assessment*. Jumlah keseluruhan dari limbah dan emisi, dan material dan energi persyaratan baku harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan potensi efek terhadap lingkungan. Setelah input dan output dari sistem telah diukur oleh *Life Cycle Inventory*, penilaian dampak lingkungan dapat dilakukan. Pada penelitian ini penilaian dampak dilakukan dengan menggunakan *software* SimaPro dan metode yang digunakan untuk menilai dampak adalah eco-Indicator 99, adapun kategori dampak yang dinilai dengan menggunakan eco-Indicator 99 yaitu sebagai berikut:

1. *Climate Change*
2. *Carcinogens*
3. *Respiratory inorganics*
4. *Fossil Fuels*
5. *Respiratory Organic*
6. *Ozone Layer*
7. *Ecotoxicity*
8. *Acidification/Eutrophication*
9. *Land Use*
10. *Minerals*
11. *Radiation*

4.3.1 Life Cycle Flow Chart

Data yang terkumpul dalam *Life Cycle Inventory* kemudian di input ke dalam *software* SimaPro untuk dapat diketahui dampak lingkungan dari produk yang telah diteliti. Pada *software* SimaPro produksi di definisikan dalam bentuk diagram alir dengan data berupa daftar komponen, bahan, proses produksi dan kemudian dihubungkan dengan penggunaan dan skenario pembuangan limbah untuk menghasilkan seluruh hidup siklus produk, adapun *flow chart* siklus *sheet panel* yang dihasilkan dengan menggunakan perangkat lunak SimaPro untuk produk *Screen Printing* dapat dilihat pada gambar 4.3 *flow chart* yang dihasilkan oleh *software* SimaPro menggunakan diagram Singkey.



Gambar 4. 4 *Flow Chart Sheet Panel*

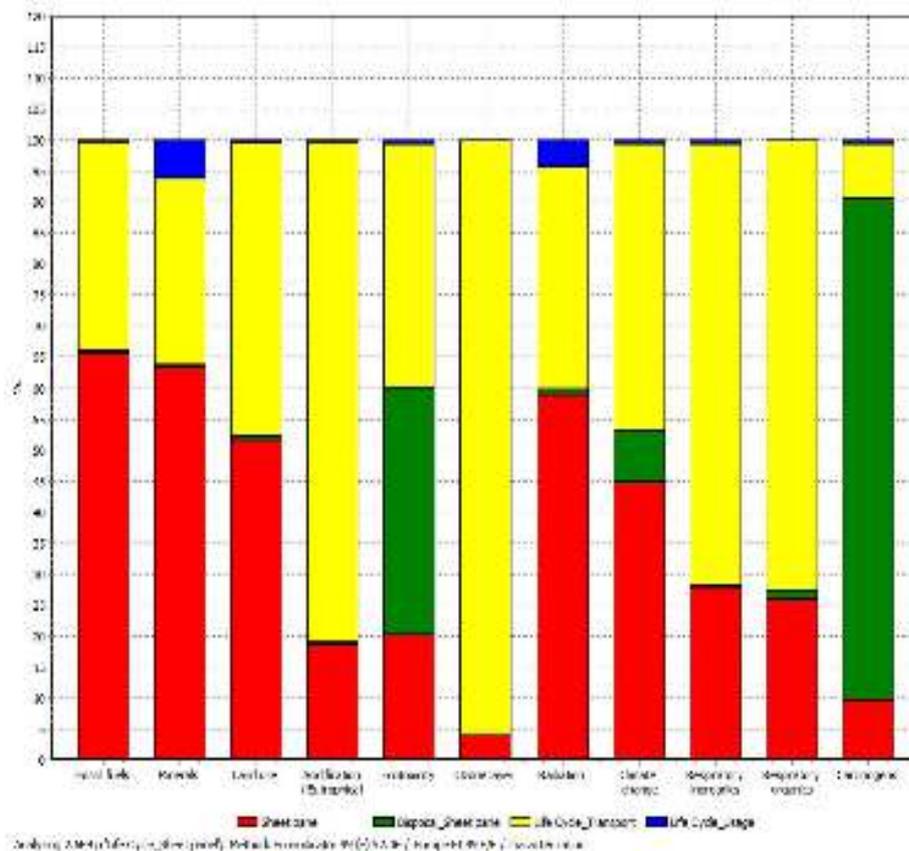
Gambar diatas menunjukan *Life Cycle Flow Chart* dari item *sheet panel* mulai dari *raw* hingga *disposal*, dari gambar diatas dapat di ketahui item PET menyumbang presentasi terbesar yaitu 49.1% dampak terhadap *Life Cycle Sheet Panel*.

4.3.2 Characterization

Dengan menggunakan Eco-Indicator 99, dampak lingkungan yang telah diketahui kemudian dihitung dari hasil inventarisasi dan dikategorikan ke dalam berbagai kelas seperti karsinogen, organik dan anorganik pernapasan, perubahan iklim, radiation, lapisan ozon, ecotoxicity, pengasaman / eutrofikasi, penggunaan lahan, mineral dan bahan bakar fosil. Pada tahap ini dilakukan perhitungan antara setiap hasil *inventory* dengan faktor karakterisasi yang sesuai pada kategori yang telah dijelaskan sebelumnya, dan kemudian diperhitungkan diolah untuk menghasilkan sebuah skor. Seluruh siklus hidup akan diketahui nilai kontribusi (dalam persentase) dimana untuk setiap kategori dampak masing-masing skenario produk bisa dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Tabel *Characterization LCA sheet panel*

Impact category	Unit	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Carcinogens	MJ surplus	1138.613	4.7521716	584.40756	5.8677846
Resp. organics	MJ surplus	18.909326	0.11489916	8.9804227	1.8798955
Resp. inorganics	PDF*m2yr	25.064987	0.34546366	23.047587	0.24148416
Climate change	PDF*m2yr	6.9343077	0.1397854	30.307606	0.14242012
Radiation	PAF*m2yr	170.96346	339.63727	334.70224	5.6782819
Ozone layer	DALY	3.34E-08	6.86E-10	7.82E-07	6.42E-10
Ecotoxicity	DALY	2.01E-06	2.89E-08	1.23E-06	1.49E-07
Acidification/Eutrophication	DALY	0.000108821	2.00E-05	0.00011284	1.72E-06
Land use	DALY	0.000253313	3.99E-06	0.000648885	5.46E-06
Minerals	DALY	9.97E-07	4.91E-08	2.79E-06	6.88E-09
Fossil fuels	DALY	3.04E-05	0.00025553	2.77E-05	2.07E-06



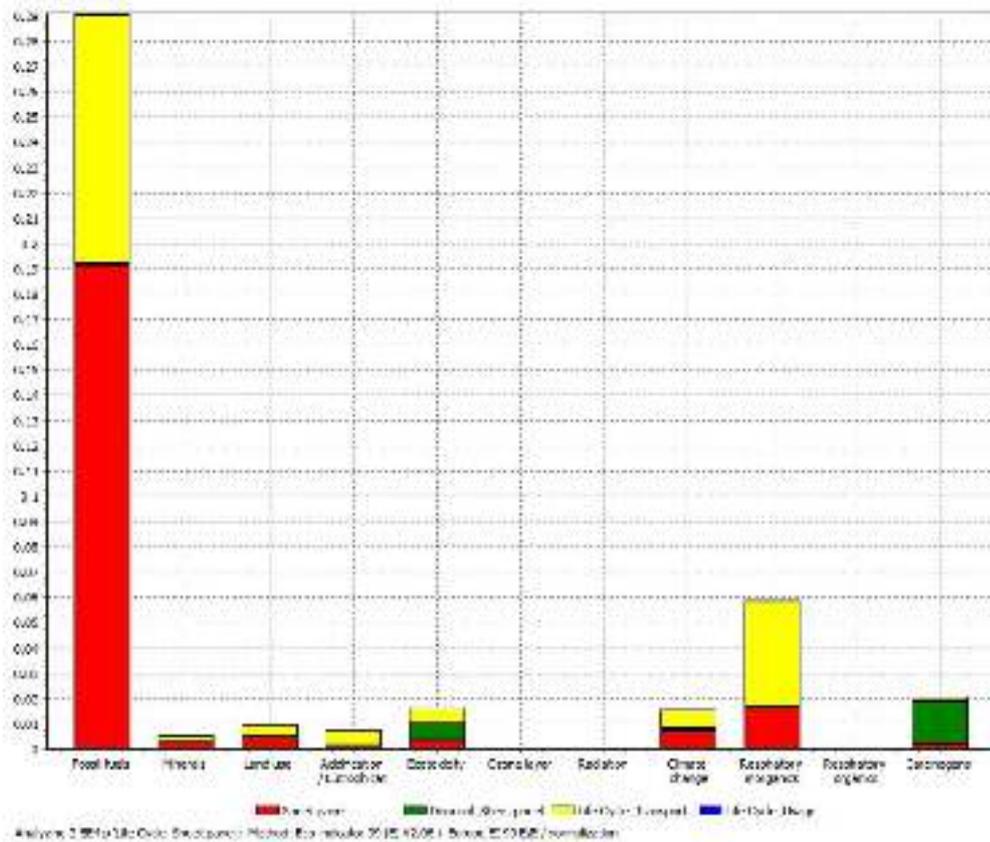
Gambar 4.5 Grafik *Characterization Life Cycle Sheet Panel*

4.3.3 Normalization

Metode eco-indicator 99 normalization mengungkapkan efek yang besar atau kecil secara persentase. Kontribusi relatif dari kerusakan dihitung terhadap total kerusakan yang disebabkan melalui normalisasi data yang telah didapat akan di normalisasi dan kemudian di bobot dengan menggunakan faktor pembobotan dari metodologi yang digunakan. Setelah tahap normalisasi, kemudian semua hasil dari *impact category indicator* akan dihasilkan satuan yang sama (per tahun), yang memudahkan dalam membandingkannya. Efek normalisasi skor adalah persentase tahunan suatu produk tertentu untuk efek yang di daerah tertentu, normalisasi dapat diaplikasikan pada hasil dari tahap *characterization*. Gambar 4.6 diperoleh hasil normalisasi dan digambarkan dengan grafik pada setiap *impact category* kemudian dijelaskan pada tabel 4.6 dibawah berikut :

Tabel 4.6 Normalization *Life Cycle Sheet Panel*

Impact category	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Fossil fuels	0.191287	0.000798	0.09818	0.000986
Minerals	0.003177	1.93E-05	0.001509	0.000316
Land use	0.004888	6.74E-05	0.004494	4.71E-05
Acidification/ Eutrophication	0.001352	2.73E-05	0.00591	2.78E-05
Ecotoxicity	0.003334	0.006623	0.006527	0.000111
Ozone layer	2.16E-06	4.44E-08	5.06E-05	4.16E-08
Radiation	0.00013	1.87E-06	7.94E-05	9.63E-06
Climate change	0.007041	0.001295	0.007301	0.000111
Respiratory inorganics	0.016389	0.000258	0.041983	0.000353
Respiratory organics	6.45E-05	3.17E-06	0.000181	4.45E-07
Carcinogens	0.001965	0.016533	0.001795	0.000134



Gambar 4. 6 Grafik *Normalization Sheet Panel*

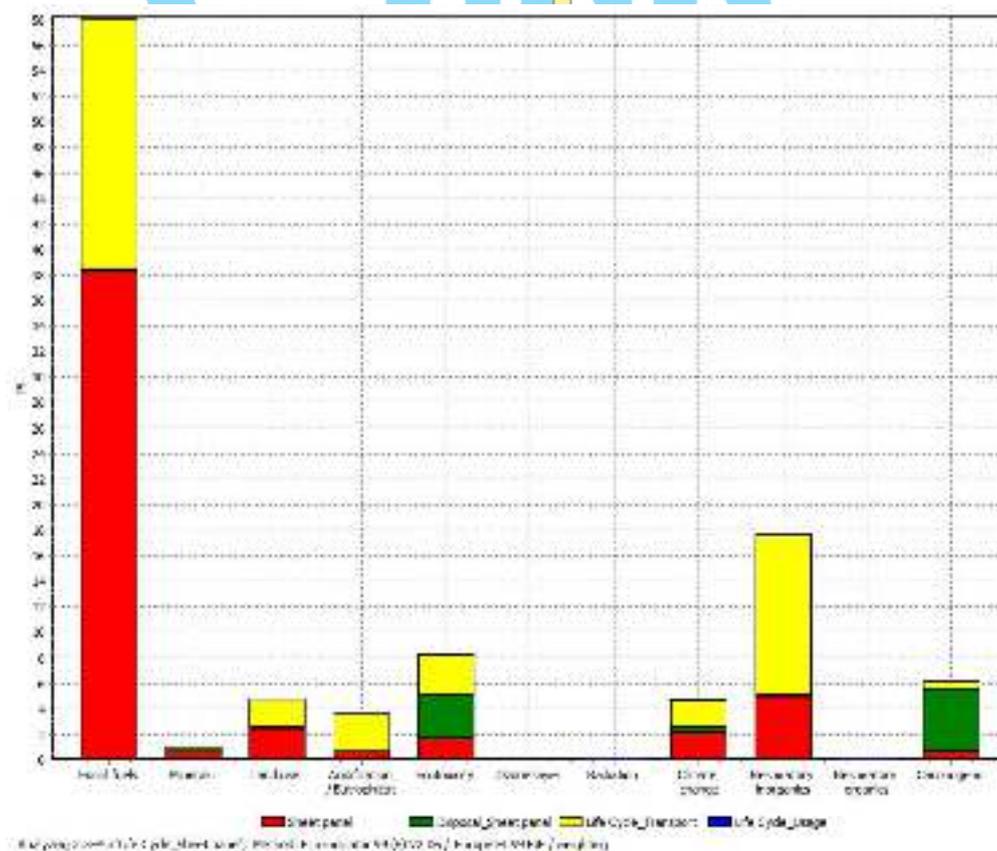
Dari gambar diatas terlihat bahwa dampak atau pengaruh yang paling besar yang dihasilkan dari *Life Cycle sheet panel* dengan menggunakan *software* SimaPro adalah *fossil fuels* dengan nilai total 0.29125161 pt.

4.3.4 Weighting

Weighting adalah suatu langkah pembobotan yang disebut juga sebagai penilaian dari *Life Cycle Impact Assessment* untuk memberikan bobot atau nilai relatif terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan *impact category*. Pada tabel 4.7 merupakan output dari *weighting* dari setiap *impact category* dan juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Weighting LCA Sheet Panel

Impact category	Unit	Total	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Total	Pt	104.66248	51.357202	8.9495164	43.820115	0.53564733
Fossil fuels	Pt	58.250323	38.257398	0.15967296	19.636094	0.19715756
Minerals	Pt	1.0041207	0.63535336	0.003860612	0.3017422	0.06316449
Land use	Pt	4.7482034	2.4438362	0.033682707	2.2471397	0.023544705
Acidification/ Eutrophication	Pt	3.6586016	0.676095	0.013629077	2.9549916	0.013885962
Ecotoxicity	Pt	8.2970672	1.6668937	3.3114634	3.2633468	0.055363249
Ozone layer	Pt	0.015860171	0.0006482	1.33E-05	0.015186188	1.25E-05
Radiation	Pt	0.066236407	0.038974919	0.000561662	0.023812031	0.002887795
Climate change	Pt	4.7243339	2.1122204	0.3884879	2.1902266	0.033398977
Respiratory inorganics	Pt	17.694948	4.9168077	0.077349145	12.594854	0.1059367
Respiratory organics	Pt	0.074650264	0.019360741	0.000952112	0.054203785	0.000133626
Carcinogens	Pt	6.128137	0.58961377	4.9598435	0.53851789	0.040161798



Gambar 4.7 Grafik Weighting Sheet Panel

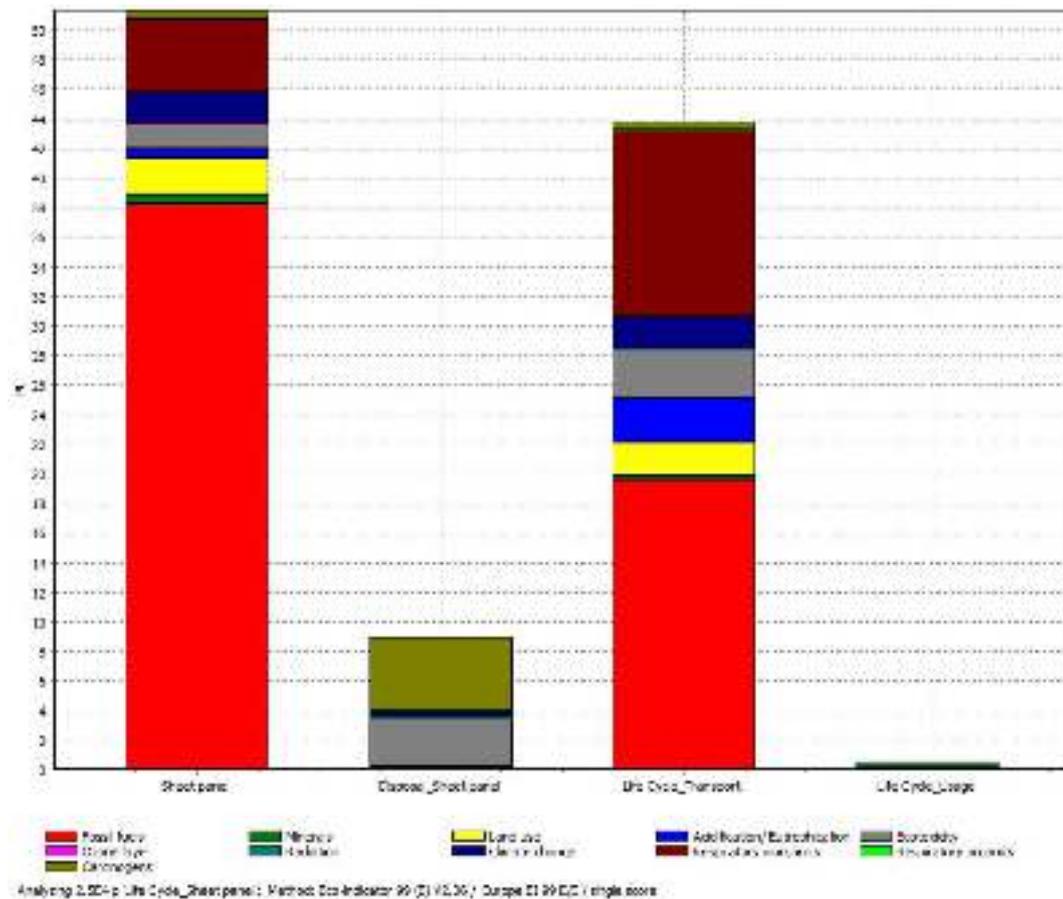
Berdasarkan grafik diatas *fossil fuels* memiliki nilai pembobotan yang paling besar dari produk *sheet panel* yaitu sebesar 58.250323pt.

4.3.5 Single Score

Tahapan ini adalah tahap terakhir dari penilaian dampak lingkungan, *software* ini 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. Dari nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Output dari *single score* dihasilkan dengan menggunakan software SimaPro kemudian akan dijelaskan pada tabel 4.8 dan di gambarkan dalam bentuk grafik untuk setiap produk yang diteliti pada gambar 4.8 dibawah ini.

Tabel 4. 8 *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
Eco toxicity	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

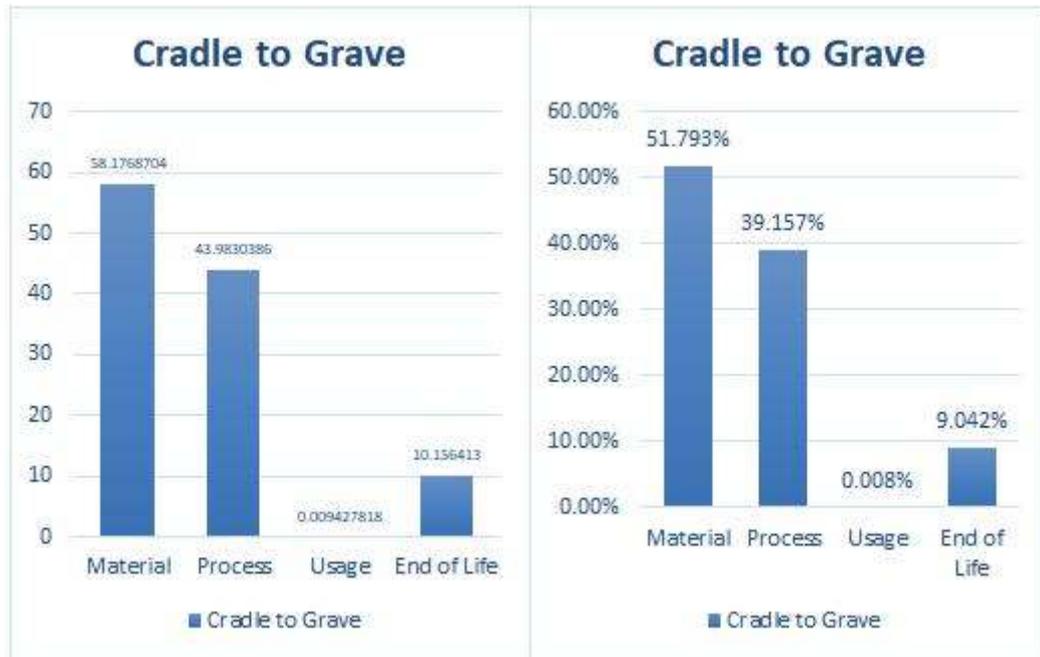


Gambar 4. 8 Grafik *Single Score* dari Setiap Skenario

Nilai total yang di berikan oleh *software* SimaPro untuk sheet panel adalah sebesar 51.3572pt, nilai disposal sheet panel 8.949516pt, and 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 diketahui *fossil fuel* pada *sheet panel* memiliki nilai dampak yang tertinggi dibanding *impact category* lainnya.

4.3.6 Interpretation

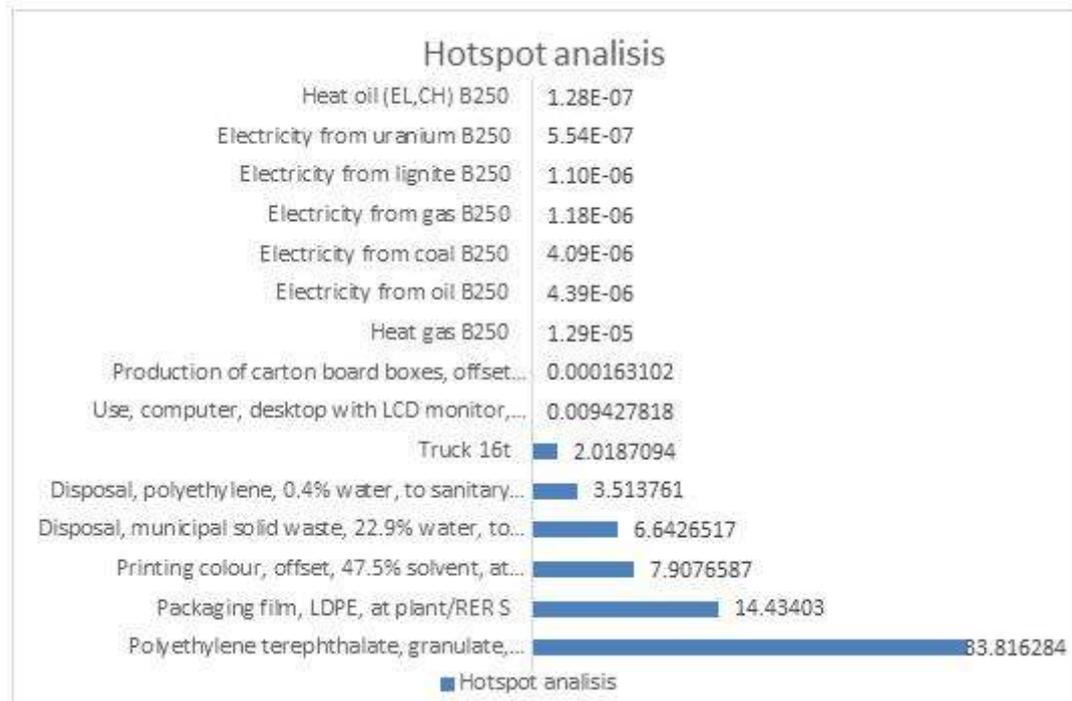
Dari hasil *Life Cycle Impact Assessment* diketahui perbandingan *score Life Cycle Assessment* dengan *anilisa cradle to grave* yang ditunjukkan oleh gambar 4.9 berikut:



Gambar 4. 9 Score *Life Cycle Assessment* Cradle to Grave

Gambar 4.9 diatas menjelaskan analisa *cradle to grave* menghasilkan *Score Life Cycle Assessment* dengan nilai material sebesar 58.1768704pt dengan persentase 51.793% kemudian, *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%.

Dibawah ini dapat pada gambar 4.10 dilihat *stage* yang berpengaruh pada dampak kerusakan lingkungan. Hotspot menandakan siklus yang berpengaruh besar terhadap dampak lingkungan.



Gambar 4. 10 Hotspot Analisis

Diketahui pada gambar 4.10 nilai *Life Cycle stage* yang memiliki pengaruh besar terhadap lingkungan adalah Polyethylene terephthalate, *Packaging film* LDPE at plant/RER S, kemudian dilanjutkan dengan *Printing color offset* 47.5% solvent, at plant/RER S, Disposal municipal *solid waste* 22.9% water to sanitary landfill/CH S pada proses *Printing*, dan disposal produk *Screen Printing*

4.4 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 4.9 berikut dibawah ini:

Tabel 4. 9 Perhitungan LCA diolah dari *form costing sheet*

Lot/month	25000	Pcs		
Material cost	Parameter	Material cost	Material cost/pcs	Total*lot
PET	83.33333333	1.2	0.1000	2500
Protective Film	81.826	0.3058	0.0250	625.55977
Ink	0.4721	206.3	0.0974	2434.8558
Total			0.2224	5560.4155
MFG cost	Cost/pcs	Total*lot		
Usage	0.007224	180.6		
Process	0.14448	3612		
Disposal	0.0014448	36.12		
Total	0.1531488	3828.72		
(MFG+Material)*lot		9389.1355		

Jadi berdasarkan tabel perhitungan di atas di ketahui pada tahap nilai dari *Life Cycle Cost* untuk material adalah sebesar USD 5560.4155, sedangkan *usage* sebesar USD 180.6, kemudian nilai untuk disposal USD 36.12 dan nilai total *Life Cycle Cost* item *sheet panel* adalah sebesar USD 9389.1355.

4.5 Perhitungan Eco cost

Eco cost selama ini tidak langsung dirasakan oleh pemilik industri mengingat di Indonesia belum adanya standarisasi mengenai dampak lingkungan seperti yang ada di Negara OECD (*Organization for Economic Development and Co-Operation*) atau negara yang sudah memiliki standar lingkungan dengan spesifikasi seperti pada *software* SimaPro. Selama ini dampak lingkungan hanya dirasakan tanpa adanya perhitungan secara matematis dan ekonomis sehingga banyak yang beranggapan pendirian suatu usaha hanya sebatas mengejar keuntungan atau secara ekonomi terjangkau (*affordable*) tanpa adanya tanggung jawab terhadap dampak selama tidak melebihi batas maksimum baku mutu. Dengan adanya perhitungan *eco cost* diharapkan mampu memberikan kesadaran akan pentingnya mempertimbangkan dampak yang akan dihasilkan dari adanya proses suatu usaha. Perhitungan *eco cost* ini yang nantinya diharapkan mampu menyadarkan pentingnya lingkungan untuk keberlanjutan sebuah produk yang sejenis maupun yang baru. *Software* digunakan untuk pengklasifikasian dampak lingkungan dari proses pembuatan *sheet panel* disertai dengan besar nilainya.

Dari hasil pengolahan data sebelumnya, sudah diketahui nilai *characterization* dampak yang di hasilkan dari *Life Cycle Sheet Panel*, tabel 4.10 dan tabel 4.11 dibawah ini adalah hasil output *software* SimaPro mengenai dampak yang ditimbulkan.

Tabel 4.10 *Characterization* Dampak *Life Cycle Sheet Panel*

Impact category	Unit	Total	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Fossil fuels	MJ surplus	1733.641	1138.613	4.752172	584.4076	5.867785
Minerals	MJ surplus	29.88454	18.90933	0.114899	8.980423	1.879896
Land use	PDF*m2yr	48.69952	25.06499	0.345464	23.04759	0.241484
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	37.52412	6.934308	0.139785	30.30761	0.14242
Ecotoxicity	PDF*m2yr	85.09813	17.09635	33.96373	33.47022	0.567828
Ozone layer	DALY	8.17E-07	3.34E-08	6.86E-10	7.82E-07	6.42E-10
Radiation	DALY	3.41E-06	2.01E-06	2.89E-08	1.23E-06	1.49E-07
Climate change	DALY	0.000243	0.000109	2.00E-05	0.000113	1.72E-06
Respiratory inorganics	DALY	0.000912	0.000253	3.99E-06	0.000649	5.46E-06
Respiratory organics	DALY	3.85E-06	9.97E-07	4.91E-08	2.79E-06	6.88E-09
Carcinogens	DALY	0.000316	3.04E-05	0.000256	2.77E-05	2.07E-06

Tabel 4. 11 *Damage Assessment* Dampak *Life Cycle Sheet Panel*

Damage category	Unit	Total	Sheet panel	Disposal Sheet panel	Life Cycle Transport	Life Cycle Usage
Human Health	DALY	0.000675	0.000396	0.00028	3.18E-08	3.76E-10
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	83.54813	49.09564	34.44898	0.003473	3.81E-05
Resources	MJ surplus	1162.414	1157.522	4.867071	0.023736	0.00031

Output SimaPro pada table 4.11 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). Dibawah ini adalah tabel 4.11 tabel perhitungan *eco cost* menunjukkan hasil perhitungan *eco cost* dalam satuan euro yang di konversi ke USD dengan kurs terhitung sejak tanggal 5-4-2019.

Tabel 4. 12 Tabel Perhitungan *Eco cost Life Cycle Sheet Panel*

Damage category	Unit	Total Sheet panel	Faktor Konversi	Unit	Konversi (USD)	Total <i>Eco cost</i> (USD)
Human Health	DALY	0.000675	74000	Euro	1.12	55.9598301
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	83.54813	1.4	Euro		131.003465
Resources	MJ surplus	1162.414	0.00411	Euro		5.35082182
Total <i>Eco cost</i> Life Cycle Sheet Panel (USD)						192.314117

Berdasarkan hasil perhitungan kategori dampak yang kemudian dijadikan dalam satuan USD diperoleh nilai *Eco cost Life Cycle Sheet Panel* sebesar USD. 192.314117.

4.5.1 Cost Benefit Analysis

Berikut ini adalah tahapan untuk *Cost Benefit Analysis* (CBA) digunakan untuk menghitung net value dari suatu produk.

A.1 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 4.12 berikut ini berdasarkan perhitungan *form costing sheet*.

Tabel 4. 13 Tabel 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	2434.8558
Total	0.2224	5560.4155

Tabel 4. 14 Tabel Perhitungan HPP *Sheet Panel* (lanjutan)

MFG cost	MFG Cost/pcs	Total*lot
Usage	0.007224	180.6
Process	0.14448	3612
Disposal	0.0014448	36.12
Total	0.1531488	3828.72
(MFG+Material)*lot		9389.1355

Jadi berdasarkan tabel perhitungan di atas diketahui di ketahui 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*.

A.2 Perhitungan Net Value

Produksi produk *sheet panel* pada PT. Chiyoda Integer memiliki harga *USD. 0.5000/Pcs*. Perhitungan net value dapat diketahui dengan hasil sebagai berikut:

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

4.5.2 Perhitungan Eco Efficiency Index (EEI), Eco-costs Value Rate (EVR, dan Eco Efficiency Ratio (EER)

Dibawah ini adalah penjelasan untuk perhitungan *Eco Efficiency Index (EEI)*, *Eco-costs Value Rate (EVR)*, dan *Eco Efficiency Ratio (EER)* :

A.1 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.

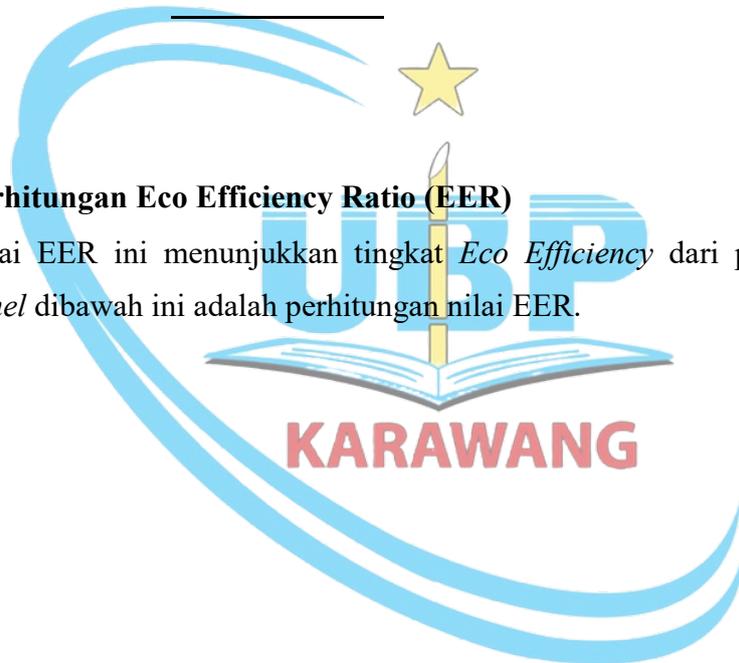
Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai EEI Sheet Panel xyz dengan nilai 0.3245. Sehingga dapat dikatakan produk sheet panel *bersifat not affordable* dan *not sustainable*.

A.2 Eco-costs Value Ratio (EVR)

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

A.3 Perhitungan Eco Efficiency Ratio (EER)

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



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) produk *Screen Printing* item *sheet panel* yang di produksi oleh PT. Chiyoda Integere maka dapat disimpulkan antara lain:

1. Score *Life Cycle Assessment* untuk material memiliki nilai 58.1768704pt dengan persentase 51.793% kemudian, score *Life Cycle Assessment* untuk bagian process yaitu 43.9830386pt 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%
2. Dari perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC), diketahui Score *Life Cycle Cost* pada tahap material adalah dari material adalah USD 5560.4155, untuk usage sebesar USD 180.6, kemudian nilai untuk disposal USD 36.12 dan nilai total *Life Cycle Cost* item *sheet panel* adalah sebesar USD 9389.1355.
3. Dari perhitungan tingkat diperoleh *Eco Efficiency index* (EEI) 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).

5.2 Saran

Setelah penelitian ini selesai maka penulis memberikan saran kepada PT. Chiyoda Integere dan peneliti selanjutnya yaitu perlunya diteliti alternatif skenario dari proses produksi dimana mengganti material PET dengan material yang memiliki karakter yang sama tetapi menghasilkan nilai dampak yang *fossil fuel* yang lebih rendah, sehingga dapat menaikkan nilai *Eco Efficiency index* (EEI) menjadi ramah terhadap lingkungan (*sustainable*).

DAFTAR PUSTAKA

- Asahari, Veditwo et al. | ANALISIS CRADLE-TO-GRAVE PRODUK BATIK CABUT (Studi Kasus: Griya Batik Gress Tenan Laweyan), Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014
- Asworth, A., 1994. Perencanaan Biaya Bangunan, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- 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, Jeroen. Handbook on life cycle assessment—operational guide to the ISO standards. The international journal of life cycle assessment, 2001, 6.5: 255-255.
- Hendriks, C. F. et al. 2011. The Eco-Costs/Value Ratio: a Tool to Determine the Long-Term Strategy for Delinking Economy and Environmental Ecology. WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering (WIT Press), ISSN 1755-8336 (on-line).
- Honsono, Nurwanto, —Analisis Life Cycle Biotaol Berbasis Singkong dan Tandan Kosong Kelapa Sawit di Indonesia, Skripsi Teknik Bioproses UI. 2012,
- Huang, Lizhen et al. 2017 —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 2017, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.021>

- Hur, Tak et al. 2003. A Study on The Eco-efficiencies for Recycling Methods of Plastics Waste. Jurnal 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
- Jonathan, Sarwono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Yogyakarta :Graha Ilmu 2013.
- Kautzar, Galuh Zuhria et al. —Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANPI, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol. 3 No. 1 Teknik Industri Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia
- Mah, Chooi Mei et al. 2017 —Life cycle assessment and life cycle costing toward eco-efficiency concrete waste management in Malaysia, Journal of Cleaner Production 2017, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.200>
- New South Wales Treasury, 2004. Life Cycle Costing Guideline. In Total Asset Management. New South Wales.
- Onat, Nuri C. et al. 2018 —Eco-efficiency of electric vehicles in the United States: A life cycle assessment based principal component analysis, Journal of Cleaner Production 212 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.058>
- Pringgajaya, Kadek Aditya et al. —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(Sept. 2012) ISSN: 2301-9271
- Putri , Harmira Primanda. —Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) DEPARTEMEN TEKNIK

LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017

Rodrígueza , L. Joana, et al. 2018, — Life-Cycle Assessment and Life-Cycle Cost study of Banana (*Musa sapientum*) fiber Biocomposite materials| 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, Diana. P., et al. 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.

Sharifa, Seyed Amirhosain et al. 2018, —Simulation-Based Multi-Objective Optimization of institutional building renovation considering energy consumption, Life-Cycle Cost and Life-Cycle Assessment|, *Journal of Building Engineering* 21 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.11.006>

Susilo, Eko et al. —Analisis Life Cycle Cost Pada Bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa Di Daerah Istimewa Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia, 2018

Tracy Kidder ((C)1997). "The Soul of a New Machine - CHAPTER ONE- How to Make a Lot of Money- 16th paragraph". Random House Inc. ISBN 0-679-60261-5.

TU Delft, 2015, The Model of the Eco-costs / Value Ratio (EVR). Delft University, <http://www.eco-costsvalue.com/>, Diakses 30 Desember 2018.

Vogtländer, J. G.,et al. 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*, 5(6): 157–166

LAMPIRAN

Lampiran 1 Biodata Penulis



Diky Taupik Hidayat

Engineering Research and Development Staff

Professional Engineering Research and Development with more than five year experience in PT. Chiyoda Integre Indonesia. Involved in calculating new product, product testing, design product and development New product.

taupik_hidayat09@yahoo.com

0852-8342-8439

Puri Kostambi blok C No 22,
Karawang, Indonesia

17 December, 1995

facebook.com/diky.hidayat

SKILLS

Public Speaking

Negotiation

Teamwork

Decision Making

Research & Strategy

Google Analytics

Artwork Design

Drafting

LANGUAGE

English



Japanese



INTERESTS

Gaming

Body Builder

Manga

WORK EXPERIENCE

Staff Engineering PT. Chiyoda Integre Indonesia

10/2017 - Present

Kawasan Industri/ Survei Cipta Bani 829 & 830,
Kudusafas, Ciampok, Tulu Jember, Kabupaten Ciampok,
Kabupaten Karawang, Jawa Barat 47387

Manufacture and sale of the structural and functional parts for various products, such as office & factory
automation, audio & music

Achievements/Goals

- Successfully increase cavity screen printing process for label supervisor item and increase profit up to 10%
- Part cipate Brain storming between work center in purpose to decrease waste and increase profit.

contact: Diky Taupik Hidayat - Profidim09@gmail.com

ORGANIZATIONS

UKM Japanese Culture Student (10/2017 - Present)

Chief of UKM Japanese Culture Student

CERTIFICATES

Workshop & Training AutoCad(Basic Level) (08/2016)

Autocad Application Course

Microsoft Office Training (Word, Excel & Power Point) (03/2017 - 05/2017)

Training and workshop

EDUCATION

Industrial Engineering Universitas Buana Perjuangan

10/2015 - Present

Jalan HS. Rongga Waluya, Teluklamba Teras,
Punung Jaya, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang,
Jawa Barat 47387

Software Engineering SMKN 1 Karawang

04/2013 - 06/2013

Jalan Pangket Perjuangan RT. 05 / RW. 04, Tegalrejo,
Karawang Barat, Tanggungrejo, Karawang Barat,
Kabupaten Karawang, Jawa Barat 47116

Lampiran 2 Surat Persetujuan Penelitian Tugas Akhir



Nomor : 258 / CI-ID / XII / 2018
 Lampiran : -
 Perihal : Persetujuan Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer
 Universitas Buana Perjuangan Karawang
 Jl. H.S. Ronggowaluyo Telukjambe Timur Karawang 41361
 Telp./Fax : (0267) 8403140

Dengan hormat,

Sehubungan dengan pengajuan Permohonan Ijin Penelitian mahasiswa FTIK – UBP Karawang di PT. Chiyoda Integre Indonesia dengan No. 407/D/KM/2018 atas nama mahasiswa dengan data identitas sebagai berikut :

Nama : Diky Taupik Hidayat
 NIM : 15416226201126
 Program Studi : Teknik Industri
 Semester : VII (Tujuh) / S1

Maka kami mewakili Manajemen PT. Chiyoda Integre Indonesia , menyetujui permohonan tersebut. Kami mengharapkan selama melakukan penelitian dalam rangka Tugas Akhir, saudara Diky mematuhi segala peraturan dan tata tertib yang berlaku di Perusahaan kami

Demikian pemberitahuan ini, untuk diketahui sebagaimana mestinya.

Karawang, 20 Desember 2018
 PT. Chiyoda Integre Indonesia


Abbas Alibasyah
 PGA Manager