

ANALYSIS OF SUSTAINABLE MANAGEMENT IN IMPLEMENTATION IN RUBBER COMPANIES USING THE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) METHOD

[ANALISIS PENERAPAN MANAJEMEN BERKELANJUTAN DI PERUSAHAAN RUBBER DENGAN MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)]

Ahsanu Amal¹⁾, Atikha Sidhi Cahyana^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Korespondensi:atikhasidhi@umsida.ac.id

Abstrac. CV. ABC is a manufacturing company that produces rubber-based goods. The rubber production process has an impact on the environment around the company. This impact is found in the combustion process, which produces hydrocarbon smoke, and the soaking process, which produces liquid waste in the form of residual water from the chiller machine. Smoke and soaking water can be seen in the rubber processing process, which certainly has an impact on the environment around the company if not properly monitored. This impact may also have the potential to affect environmental life in both the short and long term. Results of the study using the Life Cycle Assessment method indicate that the impacts generated during the outsole and sandal manufacturing process can be controlled by adding more economical types of fuel, utilizing leftover rubber pieces for recycling, and using the soaking water from the cooling as an environmentally friendly energy reserve.

Keywords – Rubber, Life Cycle Assessment, Sustainable Management.

Abstrak. CV. ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dengan memproduksi barang berbahan dasar dari *rubber*. Dalam proses produksi *rubber*, terdapat dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan di sekitar perusahaan. Dampak tersebut terdapat pada proses pembakaran yang menghasilkan asap hidrokarbon, serta proses perendaman yang menghasilkan limbah cair berupa air sisa rendaman di mesin *chiller*. Asap serta air rendaman tersebut dapat dilihat pada proses pengolahan *rubber*, yang tentu berdampak pada lingkungan sekitar perusahaan apabila tidak diperhatikan dengan baik. Dampak tersebut mungkin juga berpotensi untuk mempengaruhi kehidupan lingkungan baik dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang. Hasil penelitian menggunakan metode *Life Cycle Assessment* menunjukkan bahwa dampak yang dihasilkan selama proses pembuatan *outsole* dan sandal dapat dikendalikan dengan cara menambahkan jenis bahan bakar yang lebih ekonomis serta memanfaatkan sisa-sisa potongan *rubber* untuk didaur ulang kembali dan menggunakan air rendaman pendinginan sebagai cadangan energi yang ramah lingkungan.

Kata Kunci – Rubber, Life Cycle Assessment, Manajemen Berkelanjutan.

I. PENDAHULUAN

Manajemen perusahaan yang baik dan benar merupakan hal wajib yang perlu diperhatikan selama perusahaan tersebut masih beroperasi. Keseimbangan antara kelangsungan hidup perusahaan dan keadaan lingkungan sekitarnya harus tetap dijaga, agar tidak menimbulkan suatu kerugian di salah satu sisi. Dalam proses pengolahan produk di suatu perusahaan, tentu terdapat berbagai dampak yang akan dihasilkan. Adanya dampak tersebut menjadi tolak ukur suatu kelangsungan hidup perusahaan maupun lingkungan sekitarnya, agar dapat bertahan sampai masa yang akan datang. Dalam proses pengolahan produk yang dilakukan oleh perusahaan, setidaknya ada tolak ukur terhadap dampak-dampak yang dihasilkan saat proses pembuatan produk. Hal tersebut sebagai indikator sejauh mana perusahaan menerapkan keseimbangan hidup antara perusahaan dan lingkungan.

Tanaman karet (*hevea brasiliensis*) adalah salah satu komoditi perkebunan yang menduduki posisi cukup berpengaruh sebagai sumber devisa non migas di Indonesia, serta memiliki prospek yang cerah. Tanaman karet juga memberikan kontribusi yang sangat penting dalam upaya pelestarian lingkungan [1]. *Hevea brasiliensis* (tanaman karet) merupakan tanaman tahunan yang memiliki nilai ekonomis tinggi serta dapat disadap getahnya sebelum umur 5 tahun. Getah tanaman karet (lateks) ini dapat dijadikan lembaran karet (*sheet*), bongkahan (kotak), atau karet remah (*crumb rubber*), yang berfungsi sebagai bahan baku di industri karet. Produk berbahan dasar karet tersebut pada

umumnya akan diekspor. Ekspor yang berhubungan dengan karet di Indonesia dapat berwujud berbagai bentuk, seperti bahan baku industri (*crumb rubber*, *sheet*, dan *SIR*) dan ada pula turunannya seperti ban, komponen, dan lain sebagainya [2]. *Natural rubber* adalah karet non-polar dan banyak digunakan untuk keperluan umum, aplikasi industri dan teknik yang meliputi selang, segel, *sealant*, cincin-O, keselamatan sepatu bot, ban, bushing dan bahan pemasangan. Setiap kali *natural rubber* diepoksidasi, baik sifat kimia atau fisiknya akan berubah sesuai dengan tingkat pengepoksidasiannya [3].

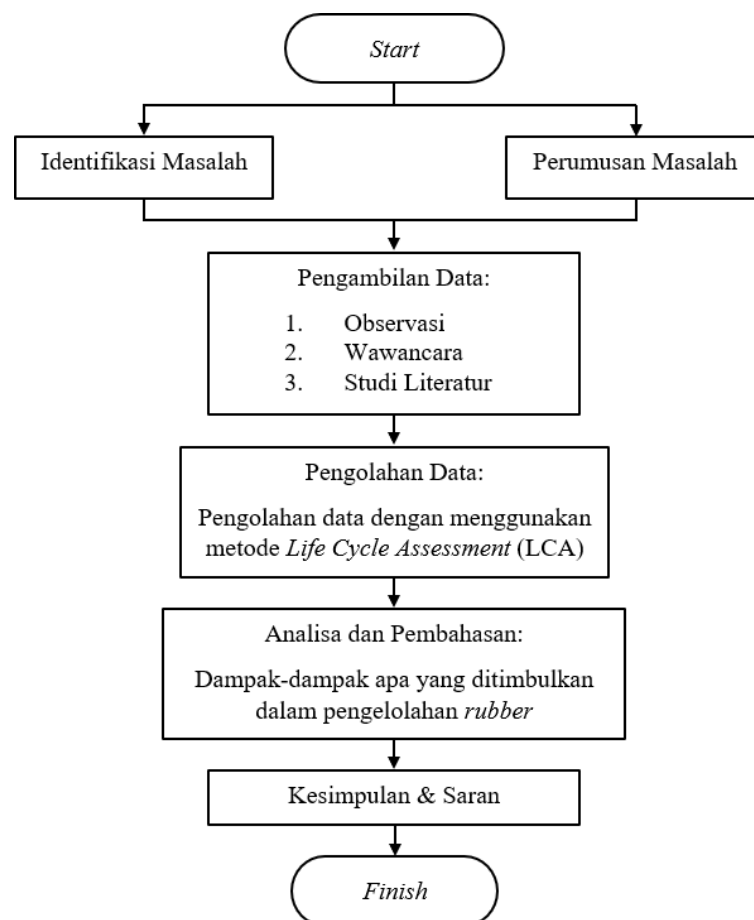
CV. ABC merupakan salah satu perusahaan berkembang, yang bergerak di bidang manufaktur. Perusahaan ini memproduksi barang yang berbahan dasar dari karet (*rubber*), lalu dikelola menjadi berbagai macam produk seperti *sole* sepatu, sandal, karpet dan lain-lain. Dalam proses pengolahan bahan baku mentah sampai menjadi suatu produk, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh perusahaan. Salah satunya adalah pengelolaan dampak yang ditimbulkan dari aktivitas produksi terhadap lingkungan sekitar. *Rubber* merupakan salah satu bahan alami yang berasal dari getah tumbuhan, dan sifatnya tidak terlalu berbahaya bagi manusia. Namun pada proses pengolahan *rubber* untuk dijadikan suatu produk, terdapat bahan-bahan kimia lain yang tentu akan sangat mempengaruhi lingkungan di sekitarnya, baik lingkungan dalam maupun luar perusahaan. Untuk itu, pengolahan secara tepat dan benar akan sangat diperlukan demi menjaga aktivitas produksi serta lingkungan di sekitar perusahaan. Dampak yang dihasilkan dari pengolahan *rubber* tersebut bermacam-macam. Mulai dari limbah berupa gas sisa pembakaran kayu (hidrokarbon) pada mesin *boiler*, limbah padat berupa potongan-potongan karet hasil dari pembentukan *sole* serta limbah cair yang berasal dari proses perendaman di mesin *chiller*. Pada dasarnya, perusahaan memiliki berbagai macam indikator untuk melakukan tolak ukur terhadap dampak-dampak yang dihasilkan selama proses pengolahan produk berlangsung. Untuk meminimalisir hal tersebut maka digunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagai bentuk penilaian terhadap potensi dampak lingkungan selama proses produksi berlangsung. Sebagai metode yang sudah terstandarisasi, pendekatan ini memuat cara untuk menilai potensi dampak lingkungan berkaitan dengan proses produksi LCA dan dapat dijadikan sebagai alat untuk mengevaluasi sistem produksi pada perusahaan [4]. Pendekatan LCA juga bisa digunakan untuk mengidentifikasi pemanfaatan energi, berbagai macam sumber daya, serta limbah-limbah pembuangan sampai pada proses terakhir pembuatan produk [5]. Konsep LCA pada dasarnya menghitung beban lingkungan dalam analisis inventori dari kegiatan ekstraksi mentah, proses produksi, transportasi, operasi, hingga proses daur ulang [6]. Metodologi ini memiliki prinsip dengan menargetkan analisis potensi lingkungan yang ditimbulkan oleh *input* dan *output* dalam siklus lengkap produk hingga akhir pembuangan [7].

Dengan demikian, akan dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai dampak-dampak yang akan ditimbulkan, apabila perusahaan menerapkan pendekatan *Life Cycle Assessment* untuk proses pengolahan *rubber*. Tujuannya adalah menganalisis dampak yang dihasilkan tersebut terhadap lingkungan sekitar, mulai dari bahan baku awal sampai menjadi sebuah produk yang siap dipasarkan ke konsumen. Selain itu, metode *Life Cycle Assessment* juga akan menyinggung tentang keuntungan-keuntungan dari produk yang dibuat dengan, berkomitmen pada prinsip-prinsip kelestarian lingkungan serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan di sekitarnya. *Life Cycle Assessment* menyoroti tentang dampak lingkungan yang dihasilkan selama siklus hidup produk, dari awal hingga menjadi produk, sampai kembali lagi ke pengolahan awal dan seterusnya. *Life Cycle Assessment* juga menjadi pendekatan yang baik untuk membuat investasi perusahaan lebih terjaga, mengurangi tingkat polutan yang ditimbulkan serta menjaga sumber daya alam dan energi yang digunakan perusahaan untuk proses pembuatan produk. Metode *Life Cycle Assessment* merupakan cara yang paling tepat diterapkan pada perusahaan dalam era persaingan pasar bebas, namun tetap memperhatikan keberlangsungan hidup lingkungan disekitarnya. Menjadikan lingkungan sekitar sebagai acuan dari proses yang dilakukan perusahaan dan membandingkan kemungkinan kerusakan lingkungan seminimal mungkin, menjadi tujuan utama metode ini. Selain dengan tujuan tetap menjaga lingkungan sekitar, metode tersebut juga dapat meminimalisir *waste* yang berlebihan serta dapat menambah keuntungan lain bagi perusahaan. Dampak-dampak positif itu yang nantinya sangat diharapkan oleh perusahaan, dengan memperhatikan umpan balik dari lingkungan disekitarnya, apakah respon yang diterima perusahaan menjadi lebih baik atau biasa saja. Oleh karenanya, manajemen berkelanjutan dengan cara yang baik dan benar tentu dapat memberikan dampak positif, baik bagi perusahaan maupun lingkungan di sekitar perusahaan tersebut.

II. METODE

Lokasi penelitian ini terletak pada CV. ABC yang berada di Provinsi Jawa Timur. Penelitian dilakukan selama 6 bulan, yang dimulai dari bulan Oktober 2022 sampai bulan Maret 2023. Untuk mendapatkan informasi awal, maka dilakukan studi literatur terhadap buku, jurnal atau artikel. Tujuannya adalah untuk mencari informasi dasar mengenai permasalahan penelitian, metode yang akan digunakan serta penyelesaian dari masalah tersebut. Kemudian, dilanjutkan dengan pengambilan data yang difokuskan pada data primer serta data sekunder. Pengambilan data dilakukan menggunakan cara observasi dan wawancara. Objek yang menjadi target observasi adalah *rubber*, dimana selama proses pengolahannya, *rubber* akan diamati secara detail untuk menemukan dampak-dampak yang akan dihasilkan.

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment*. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisis dampak yang dihasilkan tersebut terhadap lingkungan sekitar, mulai dari bahan baku awal sampai menjadi sebuah produk yang siap dipasarkan ke konsumen. *Life Cycle Assessment* juga menjadi pendekatan yang baik untuk membuat investasi perusahaan lebih terjaga, mengurangi tingkat polutan yang ditimbulkan serta menjaga sumber daya alam dan energi yang digunakan perusahaan untuk proses pembuatan produk. LCA memungkinkan untuk menganalisis lingkungan di berbagai tahap siklus hidup produk dengan berbagai varian, seperti *cradle-to-grave*, *cradle-to-cradle* atau *cradle-to-gate* [8]. LCA dilakukan berdasarkan prinsip dan kerangka kerja LCA yang digariskan dalam ISO 14040:2006a, yang dibagi menjadi empat bagian: pengertian ruang lingkup dan tujuan, analisis inventaris (LCI), penilaian dampak siklus hidup (LCIA), dan interpretasi hasil (interpretasi siklus hidup) [9]. Tahap pertama pendekatan LCA adalah menentukan tujuan serta ruang lingkup dari studi LCA yang digunakan. Setelah itu, dilanjutkan ke tahap *life cycle inventory* yang merupakan fase kedua. Tahapan ini merupakan bagian yang paling penting dalam kesuksesan pelaksanaan pendekatan LCA. Kemudian, tahap *life cycle impact assessment* adalah tahapan evaluasi terhadap potensi dampak lingkungan yang dihasilkan dari sumber daya di lingkungan dan telah dianalisis di proses LCI sebelumnya. Dan tahap terakhir adalah interpretasi siklus hidup. Dimana hasil yang diperoleh dalam proses LCI dan LCIA diringkas kemudian didiskusikan sebagai acuan untuk pengambilan kesimpulan akhir. Serta pada tahapan ini juga, dapat diberikan sebuah rekomendasi kesepakatan berdasarkan dari ruang lingkup dan tujuan LCA di tahap awal [10]. *Life Cycle Assessment* dapat diidentifikasi dan dianalisis potensi dampak lingkungan yang terjadi dari seluruh siklus hidup suatu produk serta dapat diketahui juga unit-unit pengolahan mana saja yang berkontribusi menyumbang dampak ke lingkungan cukup signifikan. Selain itu, harapan penggunaan metode ini adalah dapat memberikan usulan perbaikan yang lebih ramah lingkungan sehingga dapat diaplikasikan langsung di lokasi penelitian [11]. Ekspansi sistem dilakukan dengan membuat tautan langsung ke proses yang dihindari dalam kategori aliran 'produk yang dihindari', dan perangkat lunak secara otomatis memperhitungkannya secara negatif saat memproses penilaian [12].



Gambar 1. Diagram Alir

Penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi permasalahan yang terdapat dalam perusahaan. Penyebab-penyebab timbulnya masalah akan dicari dan diselesaikan melalui beberapa tahapan pengambilan data. Terdapat tiga tahapan utama dalam pengambilan data, yaitu observasi secara langsung saat proses produksi dan dilanjutkan dengan melakukan wawancara kepada narasumber yang terlibat dalam proses produksi. Serta didukung dengan pencarian literatur atau sumber yang berkaitan dengan permasalahan di perusahaan. Pendekatan yang digunakan untuk mengolah data adalah metode *Life Cycle Assessment*. Dari hasil pengolahan data menggunakan metode tersebut, maka ditemukanlah dampak-dampak yang menjadi permasalahan di perusahaan. Besaran dampak yang ditimbulkan akan dianalisa dan dibahas sebagai bentuk usulan perbaikan proses produksi pada perusahaan CV. ABC.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dan Ruang Lingkup. Tahap pertama untuk melakukan LCA adalah menentukan tujuan dan ruang lingkup dari penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pada unit proses mana yang memiliki dampak paling signifikan terhadap lingkungan di sekitar perusahaan. Ada 5 proses utama yang mengeluarkan emisi atau limbah hasil produksi yaitu penakaran, *cutting* atau *trimming*, pendinginan, penguapan dan *cooking*. Proses pengolahan *rubber* dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Proses Pengolahan *Rubber*

Life Cycle Inventory. Terdapat beberapa bahan baku yang digunakan selama proses pembuatan *outsole* dan sandal dan bersifat kimia maupun non-kimia. Bahan tersebut langsung diolah pada tahapan pertama yaitu penakaran. Lembaran *rubber*, serbuk ban, *crumb rubber* (CR) serta kalsium akan ditakar dan dipotong sesuai dengan produk yang akan dibuat. Setelah itu dilakukan proses pemasakan dalam mesin *kneader*, dimana bahan baku tersebut akan dipanaskan dengan suhu berkisar antara 25°C sampai 160°C. Setelah melalui proses tersebut, *rubber* akan masuk pada proses pendinginan (mesin *chiller*) dan dilanjutkan pada proses akhir pengepresan atau penguapan. Berikut merupakan besaran bahan-bahan baku yang digunakan membuat *outsole* dan sandal di tahun 2020 seperti pada tabel 1:

Tabel 1. Input Produksi *Rubber* tahun 2020

<i>Input</i>	Satuan	Jumlah
<i>Rubber</i>	kg	124.800
Air	L	936.000
Listrik	kWh	336.882
Serbuk Ban	kg	1497,6
<i>Crumb Rubber</i>	L	2995,2
Kalsium	kg	873,6
Kayu Batangan	kg	468.000

Berdasarkan tabel 1, maka diperoleh berapa besaran bahan baku serta energi yang diperlukan selama proses pengolahan *rubber* menjadi *outsole* dan sandal pada tahun 2020. Dari besaran tersebut, konsumsi air untuk proses pendinginan dan kayu batangan yang diperlukan sebagai bahan bakar penguapan cukuplah besar.

Life Cycle Impact Assessment (LCIA). Kajian pada tahapan ini akan berfokus pada luaran (*output*) yang dihasilkan pada proses-proses pembuatan *outsole* dan sandal pada tahun 2020. Terdapat 3 luaran yang paling berdampak terhadap lingkungan disekitar perusahaan. Luaran tersebut diperoleh selama proses pemotongan *rubber*, proses pendinginan *rubber* menggunakan mesin *chiller* serta proses penguapan pada mesin *boiler* yang digunakan untuk *pressing rubber*. *Output* tersebut akan digunakan sebagai indikator pengkajian ulang proses pembuatan *outsole* dan sandal pada CV. ABC.

Hasil dari *output* tersebut dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \Sigma_h \times I$$

Gambar 3. Rumus Perhitungan *Output Rubber*

Keterangan:

- N : Total *output rubber* yang ditimbulkan
 Σ_h : Jumlah hari kerja
 I : Besar bahan baku perhari

Terdapat 3 proses yang menghasilkan total *output rubber* terbesar selama proses pembuatan *outsole* dan sandal. Berikut merupakan hasil perhitungan dari dampak tersebut:

1. Proses pemotongan
 $N = 312 \text{ hari} \times 15 \text{ kg}$
 $= 4680 \text{ kg}$
2. Proses pendinginan
 $N = 312 \text{ hari} \times 3000 \text{ liter}$
 $= 936.000 \text{ liter}$
3. Proses penguapan
 $N = 312 \text{ hari} \times 15,83 \text{ kg}$
 $= 4938,96 \text{ kg}$

Total *output* yang dihasilkan selama proses pembuatan *outsole* dan sandal pada tahun 2020 dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. *Output Produksi Rubber tahun 2020*

<i>Output</i>	Satuan	Jumlah
Potongan <i>Rubber</i>	kg	4680
Air Limbah	L	936.000
Abu Pembakaran	kg	4938,96

Dari tabel 2, dapat disimpulkan apabila terdapat 3 luaran penting yang harus diperhatikan selama proses pembuatan *outsole* dan sandal, serta berpotensi berdampak terhadap lingkungan yang ada di sekitar CV. ABC dan juga pada perusahaan itu sendiri. Dampak tersebut cukup signifikan, sehingga perusahaan perlu melakukan pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui serta memperbaiki proses pengolahan *rubber* yang lebih baik dari sebelumnya.

Interpretasi. Setelah ditemukan bagian proses yang menghasilkan dampak paling tinggi, maka dilakukanlah suatu evaluasi terhadap luaran yang ditimbulkan oleh pada saat pengolahan *rubber*. Evaluasi tersebut akan dilakukan oleh pihak CV. ABC dengan cara melakukan perubahan tindakan pengolahan, pengadaan bahan baku atau pemfilteran langsung terhadap luaran yang ditimbulkan. Dalam proses evaluasi tersebut, tentunya perusahaan akan melakukan tindakan dengan mengedepankan aspek yang ramah lingkungan serta aspek biaya ekonomis tanpa harus mengurangi atau memangkas hasil produksi *outsole* dan sandal.

Untuk menyusun usulan perbaikan tersebut, ada beberapa kriteria yang harus tetap diperhatikan agar perusahaan tidak mengalami kerugian. Pada penelitian ini, kriteria yang difokuskan adalah pengolahan yang ramah lingkungan, biaya perusahaan ekonomis serta pemanfaatan kembali bahan baku yang dapat digunakan. Usulan yang pertama adalah melakukan filtrasi terhadap air rendaman dari proses pendinginan, lalu disimpan dalam suatu tempat yang tidak jauh dari perusahaan. Air yang telah difilter tersebut dapat digunakan sebagai cadangan energi listrik perusahaan yang tentunya bisa menghemat pengeluaran serta mengurangi potensi cemaran limbah cair B3. Alternatif yang kedua adalah dengan sedikit mengubah bahan bakar dari mesin *boiler*, dengan mengombinasikan kayu bakau dan kulit biji jarak sebagai bahan bakar yang lebih ekonomis. Abu pembakaran yang sebelumnya berkisar 15 kg perhari diperkirakan

menyusut menjadi 10 – 11 kg perharinya. Dan alternatif yang terakhir adalah memanfaatkan kembali potongan *rubber* untuk diolah ulang menjadi lembaran *rubber* seperti bahan baku awalnya. Bekerjasama dengan pihak pengirim bahan baku *rubber* yang berada di Mojokerto, CV. ABC akan mendaur ulang potongan *rubber* sebesar 4680 kg. Muatan akan dikirim menggunakan truk box dobel engkel dengan tonase maksimal 6 ton serta jarak 29,9 km dari Jombang. CV. ABC akan mendapatkan lembaran *rubber* seperti awal dengan hanya melakukan sekali pengiriman.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan *rubber* yang dijadikan produk *outsole* dan sandal, memiliki luaran yang masih dapat dikontrol dengan baik dan bisa dimanfaatkan kembali menjadi suatu energi atau bahan baku pembuatan produk kembali. Air rendaman sebesar 936.000 L dapat dimanfaatkan sebagai cadangan energi darurat perusahaan, potongan *rubber* sebesar 4680 kg dapat didaur ulang dan dijadikan bahan baku pembuatan *outsole* dan sandal kembali, serta penggantian bahan bakar yang awalnya hanya menggunakan kayu bakau, dapat dikombinasikan dengan kulit biji jarak yang relatif lebih ekonomis. Pemilihan alternatif tersebut didasarkan dari aspek ramah lingkungan dan besarnya biaya yang dikeluarkan perusahaan tanpa harus memangkas jumlah produksi dari proses pengolahan *rubber*.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan perusahaan CV. ABC di Jombang sebagai tempat penelitian ini dilaksanakan.

REFERENSI

- [1] Kerung, Floryanus. Dkk. 2018. “*Studi Tentang Perkembangan Usaha Karet (Hevea brasiliensis) Masyarakat di Desa Long Hubung Kecamatan Long Hubung Kabupaten Mahakam Ulu*”. Samarinda: Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Fakultas Pertanian, Vol. 17, No. 2, Hal. 263-274.
- [2] Purwanta, Jamhari Hadi. Dkk. 2008. “*Teknologi Budidaya Karet*”. Bogor: Agro Inovasi.
- [3] Surya, Indra dan Nabil Hayeemasae. 2019. “*The Reinforcement of Natural Rubber and Epoxidized Natural Rubbers with Fillers*”. Medan: *University of Sumatera Utara, Faculty of Engineering, Departement of Chemical Engineering*, Vol. 01, No. 01, Hal. 12-20.
- [4] Fikri, Elanda. 2021. “*Menilai Dampak Lingkungan dengan Analisis Daur Hidup (LCA)*”. Bandung: CV Pustaka Setia.
- [5] Prasetyo, Kristian. 2018. “*Perancangan Game Android Sebagai Upaya Peningkatan Kepedulian Lingkungan Anak Usia Sekolah Dasar Android Game Design As An Efforts to Increase The Enviromental Care Of Basic Schools*”. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Fakultas Teknik, Program Studi S1 Teknik Industri, Vol. 1, No. 1, Hal. 1-10.
- [6] Sofiah, Intan. Dkk. 2018. “*Dampak Pemanasan Global Pengolahan Hasil Perikanan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Gate-to-Gate*”. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Vol. 28, No. 1, Hal. 1-11.
- [7] Islam, Md. Ashraful. Dkk. 2021. “*A Study on Life Cycle Analysis (LCA) of a Cotton Woven Shirt*”. Dhaka: *University of Fashion & Technology Nishatnagar, Departement of Apparel Manufacturing & Technology*, Vol. 75, No. 1, Hal. 36-44.
- [8] Blazejowska, Magdalena Rybaczewska dan Dmitry Palekhov. 2019. “*Life Cycle Assessment (LCA) in Environmental Impact Assessment (EIA): principles and practical implications for industrial projects*”. *Kiels University of Technology, Departement of Production Engineering*, Vol. 22, No. 01, Hal. 138-153.
- [9] Parameswari, Pingkan Pangestu. Dkk. 2019. “*Penilaian Daur Hidup (Life Cycle Assesment) Produk Kina Di PT Sinkona Indonesia Lestari*”. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian, Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Vol. 17, No. 2, Hal. 351-358.

- [10] Sirait, Marudut. 2020. “*Studi Life Cycle Assessment Produksi Gula Tebu: Studi Kasus di Jawa Timur*”. Universitas Brawijaya, Teknik Industri, Vol. 13, No. 2, Hal. 197-204.
- [11] Nurbaiti, Geafiata Amalia. Dkk. 2021. “*Implementasi Life Cycle Assessment “Gate to Gate” Pada Proses Pengolahan Air Bersih*”. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Program Studi Teknik Lingkungan, Vol. 2, No. 1, Hal. 33-36.
- [12] Hauschild, Michael Z. Dkk. 2018. “*Life Cycle Assessment Theory and Practice*”. Cham: Springer Nature.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.