

PENGUKURAN TINGKAT EKO-EFISIENSI PRODUKSI KAIN MOTIF BATIK DENGAN TEKNIK *SCREEN PRINTING* MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)*

Fadila Dyah Ayu*¹, Ratna Purwaningsih

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Industri tekstil adalah salah satu sumber pemasukan negara yang terus berkembang pesat. Batik merupakan salah satu bagian dari industri tekstil dan juga kebudayaan Indonesia yang mempunyai beragam jenis motif dan jenis. Kain motif batik atau sering dikenal dengan sebutan "Batik Printing" adalah kain yang menyerupai batik tetapi dalam proses pembuatannya tidak menggunakan malam (lilin) serta proses produksinya cepat. Dalam proses pembuatan kain motif batik menghasilkan limbah cair yang besar sehingga dapat membahayakan lingkungan. Untuk menghasilkan produk kain motif batik yang menguntungkan secara ekonomi maupun ekologis maka perlu dilakukan analisis eko-efisiensi dan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis dampak lingkungan serta nilai eko-efisiensi dari proses produksi kain motif batik dengan menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA) dengan bantuan software SimaPro 9.5.0.2 dengan metode Eco-cost 2024 V 1.0. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai eco-cost dari proses produksi kain motif batik Rp582.906,03 untuk per lembar kain dengan nilai Eco-Efficiency Index (EEI) sebesar 0,046 yang artinya produk affordable tetapi tidak sustainable. Diperlukan perbaikan untuk meningkatkan nilai EEI dengan cara substitusi jenis kain katun dengan kain rayon viscose.

Kata kunci: eco-efficiency, eco-cost, life cycle assessment, batik, simapro

Abstract

The textile industry is one of the country's rapidly growing sources of income. Batik is a part of the textile industry and also an element of Indonesian culture, with various types and motifs. Batik-patterned fabric, often referred to as "Batik Printing," resembles batik but does not use wax in its production process, and the production process is fast. The production of batik-patterned fabric generates a large amount of liquid waste, which can be harmful to the environment. To produce batik-patterned fabrics that are both economically and ecologically beneficial, an eco-efficiency and environmental impact analysis is necessary. This research aims to calculate and analyze the environmental impact and eco-efficiency value of the batik-patterned fabric production process using the Life Cycle Assessment (LCA) method with the help of SimaPro 9.5.0.2 software and the Eco-Cost 2024 V 1.0 method. The results of this study show that the eco-cost value of the batik-patterned fabric production process is Rp582,906.03 per sheet of fabric, with an Eco-Efficiency Index (EEI) of 0.046, meaning the product is affordable but not sustainable. Improvements are needed to increase the EEI value by substituting cotton fabric with rayon viscose fabric.

Keywords: eco-efficiency, eco-cost, life cycle assessment, batik, simapro

1. Pendahuluan

Industri tekstil merupakan salah satu dari sektor industri yang menjadi sumber kekayaan yang berpotensi terus tumbuh di masa depan. Capaian ekspor industri tekstil per Juni 2022 mencapai USD 6,08 miliar atau sama dengan 5,51 persen dari ekspor nasional. Industri tekstil telah berkontribusi dalam memberikan lapangan pekerjaan bagi 3,6 juta orang (Kementerian Perindustrian, 2022). Batik *printing* merupakan salah satu bagian dari industri tekstil yang muncul seiring dengan perkembangan teknologi. Penyebutan "Batik *Printing*" masih menjadi pro dan kontra untuk masuk dalam kategori kain batik karena proses produksi kain motif batik yang tidak menggunakan malam (lilin) dan dibuat dengan teknologi *printing* mesin atau sablon (*screen*

printing). Karena dibuat dengan mesin dan tidak menggunakan malam (lilin), proses produksi kain motif batik lebih cepat dari kain batik pada umumnya dan memiliki harga yang lebih murah sehingga masyarakat mulai memilih *printing* sebagai alternatif harga (Nawawi, 2018).

Meningkatnya minat masyarakat terhadap kain motif batik membuat jumlah produksi kain motif batik meningkat. Hal tersebut membuat jumlah limbah cair akibat produksi kain motif batik meningkat dan dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan. Air limbah yang dihasilkan industri tekstil mengandung *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, kadar keasaman (pH), timbal, tembaga, Total

¹*Fadila Dyah Ayu
E-Mail: fadiladyahyau@studets.undip.ac.id

Suspended Solid (TSS), serta besi yang tinggi sehingga dapat mencemari lingkungan (Pal, 2017).

Pencemaran lingkungan akibat limbah produksi kain motif batik mengharuskan pelaku usaha untuk merubah pola pikir tradisional yang hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi menjadi pola pikir ke pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang juga meliputi lingkungan dan sosial. Penerapan konsep *sustainable development* bertujuan untuk menghasilkan produk dengan harga bersaing serta dapat mengurangi dampak buruk bagi lingkungan. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat *sustainable* dari suatu produk dan dampak yang dapat ditimbulkan perlu dilakukan pengukuran eko-efisiensi. Eko-efisiensi adalah gabungan dari konsep efisiensi penggunaan Sumber Daya Alam (SDA), energi dan air dengan konsep efisiensi ekonomi yang bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat unit yang dikonsumsi dan diproduksi (Sari dkk., 2012).

Rumah Batik X merupakan Industri Kecil dan Menengah (IKM) yang terletak di Desa Wisata Batik Pungsari. Rumah Batik X memproduksi batik tulis, cap, dan kain motif batik. Produk yang paling sering dikerjakan oleh Rumah Batik X adalah kain motif batik yaitu 400-500 lembar kain motif batik tiap harinya. Besarnya tingkat produksi kain motif

batik, menghasilkan limbah yang tinggi juga. Pada pembuatan kain motif batik, Rumah Batik X masih menggunakan pewarna sintesis (Remasol) yang dapat berdampak buruk bagi lingkungan karena mengandung bahan kimia. Selain itu limbah cair dari produksi kain motif batik belum ada pengolahan dan langsung dibuang melalui saluran air. Sehingga, pengukuran terkait dampak lingkungan akibat produksi kain motif batik perlu dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dampak lingkungan dan biaya lingkungan (*eco-cost*) dari proses produksi kain motif batik. Pada penelitian ini, akan diketahui nilai EEI, EVR dan EER pada proses produksi kain motif batik. Penelitian ini juga akan memberikan rekomendasi perbaikan sehingga proses produksi kain motif batik lebih efisien dan *sustainable* terhadap lingkungan. Sehingga produksi kain motif batik baik secara ekonomi maupun ekologi.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menghimpun data melalui wawancara, observasi secara langsung serta melalui studi literatur. Metode pengumpulan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengumpulan Data

Tahapan	Input	Teknik Pengambilan Data	Output
<i>Life Cycle Assessment</i>	Bahan baku pewarna remasol (kg) Bahan baku soda kue (<i>sodium bicarbonate</i>) (kg) Bahan baku alginate (kg) Bahan baku kain katun dobby (kg) Kebutuhan air (liter) Besarnya kebutuhan energi listrik (kwh) Besarnya limbah cair (liter) Jenis dan besarnya emisi (kg)	Observasi, wawancara dan pengolahan data	Besarnya nilai dampak lingkungan yang dihasilkan dan biaya lingkungan (<i>eco-cost</i>)
<i>Cost Benefit Analysis</i>	Biaya produksi (Rp) Harga jual produk (Rp)	Wawancara	Nilai <i>net value</i> produk (Rp)
<i>Eco-Efficiency Index (EEI)</i>	<i>Net value</i> produk (Rp) <i>Eco-cost</i> (Rp)	Hasil pengolahan data LCA dan <i>cost benefit analysis</i>	Nilai indikator lingkungan
<i>Eco-cost per Value Ratio (EVR)</i>	<i>Net value</i> produk (Rp) <i>Eco-cost</i> (Rp)	Hasil pengolahan data LCA dan <i>cost benefit analysis</i>	Nilai EVR
<i>Eco-Efficiency Ratio (EER) Rate</i>	Nilai EVR	Hasil pengolahan data EVR	Tingkat eko-efisiensi produk

2.2 Pengolahan Data

2.2.1 *Life Cycle Assessment (LCA)*

Pengolahan data menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*. *Life Cycle Assessment (LCA)* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi atau menilai dampak lingkungan dari suatu produk atau proses yang timbul selama

perjalanan masa pakainya (Chancharoonpong dkk., 2021). Pengolahan data pada LCA dimulai dengan menentukan *goal and scope*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dan *eco-cost* yang disebabkan produksi kain motif batik. Sedangkan cakupan penelitian adalah *cradle-to-gate* yaitu mulai dari ekstraksi bahan baku sampai proses

produksi tetapi tidak sampai tahap transportasi dan *end-of-life* dari produk.

Setelah menentukan *goal and scope*, dilakukan langkah *Life Cycle Inventory* (LCI) yaitu tahapan untuk mengidentifikasi *input* dan *output* yang terkait dengan produk sepanjang siklus hidup yang telah ditetapkan. *Input* pada penelitian ini merupakan bahan baku yang diperlukan selama proses produksi, sedangkan *output* pada penelitian ini adalah limbah (*waste*) yang dihasilkan dari proses produksi. Setelah LCI selanjutnya adalah tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi besarnya dampak lingkungan sehingga dihasilkan kategori dampak lingkungan. Pengolahan data dibantu dengan *software* SimaPro 9.5.0.2 dengan metode *Eco-cost* 2024 V 1.0. Pengolahan data pada LCIA terdiri dari tahapan *characterization, normalization, weighting, dan single score*. Dari pengolahan data akan didapatkan nilai *eco-cost* yang berasal dari *single score* pada *software* SimaPro.

2.2.2 Perhitungan Eko-Efisiensi

Perhitungan eko-efisiensi dapat dilakukan mulai dari menghitung *Cost Benefit Analysis, Eco-Efficiency Index* (EEI), *Eco-cost Value Ratio* (EVR), dan *Eco-Efficiency Ratio* (EER).

Cost-Benefit Analysis (CBA) adalah perhitungan yang dilakukan untuk memperoleh nilai *net value*. Dengan melakukan analisis *cost benefit*, kelayakan suatu produk dapat ditentukan. Persamaan yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai *net value*, yaitu (Purwaningsih dkk., 2021):

$$Net\ Value = \text{Harga\ Jual} - \text{Biaya\ Produksi} \quad (1)$$

Setelah diperoleh nilai *net value* dan *eco-cost*, dapat dilakukan perhitungan *eco-efficiency index. Eco-Efficiency Index* (EEI) adalah perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable*. EEI dilakukan untuk mengetahui kelayakan produk dari segi efisiensi ekologis dan ekonomi. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung EEI, yaitu (Purwaningsih dkk., 2021):

$$EEI = \frac{Net\ Value}{Eco\ Cost} \quad (2)$$

Produk dapat dikatakan *affordable* dan *sustainable* apabila nilai $EEI > 1$, sedangkan *affordable* tetapi tidak *sustainable* apabila nilai EEI antara 0-1, dan produk dapat dikatakan tidak *affordable* dan tidak *sustainable* apabila nilai $EEI < 0$ (Windrianto dkk., 2016).

Eco-Efficiency Value Ratio (EVR) berfungsi untuk menghitung nilai dari tingkat *Eco-Efficiency Ratio* (EER), sehingga dari perhitungan ini akan diperoleh hasil tingkat efisiensi dari suatu proses produksi produk. Berikut merupakan

persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai EVR (Dewa, 2021):

$$EVR = \frac{Eco\ Cost}{Net\ Value} \quad (3)$$

Tahap terakhir untuk mendapatkan nilai eko-efisiensi adalah dengan menghitung *Eco-Efficiency Ratio Rate*. Perhitungan *eco-efficiency ratio rate* dapat dirumuskan sebagai berikut (Purwaningsih dkk., 2021):

$$EER = (1 - EVR) \times 100\% \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Life Cycle Assessment (LCA)

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan menganalisis dampak lingkungan dan nilai eko-efisiensi dari proses produksi 1 *batch* produk kain motif batik atau sebanyak 44 lembar kain. Pengolahan data dengan LCA dimulai dengan tahapan karakterisasi. Pada tahap ini akan dihasilkan kategori-kategori dampak lingkungan hasil dari *input* pada *software* SimaPro 9.5.0.2 dengan metode *Eco-cost* 2024 V 1.0. Dari tahap karakterisasi akan didapatkan 14 kategori dampak lingkungan beserta nilainya yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Setelah tahap karakterisasi adalah tahap normalisasi. Tahapan ini mempunyai tujuan untuk menilai sejauh mana kontribusi suatu aktivitas terhadap lingkungan. Nilai normalisasi didapatkan dari perkalian antara nilai karakterisasi dengan faktor normalisasi. Nilai faktor normalisasi dan total nilai normalisasi dari masing-masing dampak lingkungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tahap selanjutnya adalah tahap pembobotan atau *weighting*. Pada tahap ini, tiap kategori dampak akan diberi bobot atau nilai relatif terhadap masing-masing kategori dampak berbeda tergantung dengan metode yang digunakan dan berdasarkan kepentingan yang berhubungan. Pada metode *Eco-cost* 2024 V 1.0, pembobotan dilakukan dengan mengalikan nilai kategori dampak dengan bobot masing-masing dan dijadikan ke dalam satuan mata uang Euro. Pada penelitian ini bobot relatif yang digunakan untuk semua kategori dampak dianggap sama pentingnya. Faktor pembobotan pada penelitian ini untuk masing-masing kategori dampak lingkungan adalah satu.

Tahap terakhir adalah *single score*. *Single score* adalah tahapan yang bertujuan mengklasifikasikan nilai masing-masing kategori dampak dari setiap aktivitas sehingga dapat diketahui aktivitas yang memiliki dampak paling besar terhadap lingkungan. Hasil dari *single score* adalah nilai biaya lingkungan (*eco-cost*) yang harus dibayarkan perusahaan kepada lingkungan akibat dari proses produksi kain motif batik. Nilai *eco-cost* untuk masing-masing proses dan masing-masing kategori dampak lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2. Output Karakterisasi

<i>Impact Category</i>	Unit	Total
<i>Carbon Footprint</i>	Kg CO2 eq	1219,3806
<i>Acidification</i>	Mol H+ eq	2,7920
<i>Eutrophication</i>	Kg PO4 eq	90,2173
<i>Photochemical Ozone Formation</i>	Kg nox eq	3,3957
<i>Particulate Matter</i>	Kg PM2.5	0,2767
<i>Human Toxicity, Cancer</i>	Ctuh	0,000000194
<i>Human Toxicity, Non-Cancer</i>	Ctuh	0,000003530
<i>Ecotoxicity, Freshwater</i>	Ctue	33700,2839
<i>Metals Scarcity</i>	Euro	6,7094
<i>Use Fossil Based Plastics + Tra. Fuels</i>	Kg oil equ	0
<i>Use Uranium</i>	Euro	7,6609
<i>Land Use</i>	Biofactor	2,2520
<i>Baseline Water Stress</i>	M3 equiv	554,8530
<i>Landfill</i>	Euro	0

Tabel 3. Faktor Normalisasi

<i>Impact Category</i>	Faktor Normalisasi	Total Normalisasi
<i>Carbon Footprint</i>	€0,133/ Kg CO2 eq	162,1776
<i>Acidification</i>	€7,65/ Mol H+ eq	21,3591
<i>Eutrophication</i>	€5,38/ Kg PO4 eq	485,3692
<i>Photochemical Ozone Formation</i>	€6,12/ Kg nox eq	20,7815
<i>Particulate Matter</i>	€40,1/ Kg PM2.5	11,0975
<i>Human Toxicity, Cancer</i>	€920000/ Ctuh	0,1786
<i>Human Toxicity, Non-Cancer</i>	€216000/ Ctuh	0,7626
<i>Ecotoxicity, Freshwater</i>	€0,00289/ Ctue	97,3938
<i>Metals Scarcity</i>	€1/ Euro	6,7094
<i>Use Fossil Based Plastics + Tra. Fuels</i>	€0,78Kg oil equ	0
<i>Use Uranium</i>	€1/ Euro	7,6609
<i>Land Use</i>	€6,87/ Biofactor	15,4709
<i>Baseline Water Stress</i>	€1,145/ M3 equiv	635,3067
<i>Landfill</i>	€0,141/Euro	0

Tabel 4. Perbandingan *Eco-cost* Tiap Produksi

Proses	Total Nilai
Mbesut/ Garuk 1	2.784.326,76
Pemanasan 1	2.814.591,26
Mbesut/ Garuk 2	2.815.545,06
Pemanasan 2	2.845.809,57
Mbesut/ Garuk 3	2.848.106,63
Pemanasan 3	2.878.371,13
Perendaman	2.884.210,53
Pencucian 1	2.887.038,27
Pencucian 2	2.889.866,02
Total Eco-Cost	25.647.865,23

Tabel 5. Nilai *Eco-cost*

<i>Impact Category</i>	Total (Euro)	Total (Rupiah)
<i>Carbon Footprint</i>	162,1776	2.840.675,73
<i>Acidification</i>	21,3591	374.123,10
<i>Eutrophication</i>	485,3692	8.501.643,66
<i>Photochemical Ozone Formation</i>	20,7815	364.004,81
<i>Particulate Matter</i>	11,0975	194.382,17
<i>Human Toxicity, Cancer</i>	0,1786	3.127,52
<i>Human Toxicity, Non-Cancer</i>	0,7626	13.356,74
<i>Ecotoxicity, Freshwater</i>	97,3938	1.705.933,60
<i>Metals Scarcity</i>	6,7094	117.521,11
<i>Use Fossil Based Plastics + Tra. Fuels</i>	0	0
<i>Use Uranium</i>	7,6609	134.186,94
<i>Land Use</i>	15,4709	270.986,18
<i>Baseline Water Stress</i>	635,3067	11.127.923,68
<i>Landfill</i>	0	0
TOTAL	1464,2678	25.647.865,23

Pada proses produksi kain motif batik ini, diperoleh nilai *eco-cost* Rp25.647.865,23 untuk 1 *batch* produksi atau setara dengan 44 lembar kain motif batik. Berarti untuk 1 lembar kain motif batik mempunyai nilai *eco-cost* sebesar Rp582.906,03. Nilai *eco-cost* tersebut mempunyai arti bahwa nilai tersebut adalah biaya yang harus dibayarkan IKM Batik Nurhasida untuk biaya penanggulangan lingkungan setiap kali melakukan produksi kain motif batik. Pada Tabel 5. dapat dilihat hasil biaya *eco-cost* dari masing-masing kategori dampak lingkungan, dimana nilai biaya *eco-cost* terbesar adalah pada kategori dampak *baseline water stress* sebesar €635,3067 atau setara dengan Rp11.127.923,68, kemudian disusul dengan kategori dampak *eutrophication* sebesar €485,3692 atau setara dengan Rp8.501.643,66, dan *carbon footprint* sebesar €162,1776 atau Rp2.840.675,73.

Eutrophication adalah proses yang menyebabkan air mendapat nutrisi yang berlebihan seperti nitrogen maupun fosfor sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman air, seperti terjadinya ledakan populasi ganggang dan dapat menyebabkan air menjadi keruh sehingga mengganggu keragaman hayati lainnya (Bhagowati & Ahamad, 2019). Penggunaan kain katun pada penelitian ini menjadi penyebab utama tingginya dampak ini. Hal ini terjadi karena dalam proses pembuatan kain katun sendiri menggunakan pupuk serta pestisida yang besar. Penggunaan pupuk dan pestisida dilakukan saat budidaya kapas sebagai bahan utama kain katun. Penggunaan pupuk dalam budidaya kapas dapat berkontribusi dalam pencemaran nutrisi karena pupuk mengandung nitrogen dan fosfor yang tinggi (Alijonov, 2023). Sedangkan pestisida dalam pertanian kapas konvensional dapat melepaskan zat-zat kimia

berbahaya yang dapat larut ke saluran air dan memperburuk eutrofikasi.

Baseline water stress adalah indikator yang mengukur penggunaan air terhadap ketersediaan air di suatu wilayah. Dengan indikator ini, dapat diketahui potensi akan adanya kekurangan air di suatu wilayah tertentu (Eco Cost Value, 2024). Nilai ini dipengaruhi oleh jumlah air yang digunakan dalam produksi kain motif batik. Proses pembuatan kain motif batik membutuhkan jumlah air yang besar dan juga menghasilkan limbah air yang besar juga. Terlebih limbah dari hasil proses perendaman dan pencucian dari kain berwarna pekat, jika limbah tidak diolah sebelum dilepaskan ke lingkungan akan mencemari air dan memperburuk kelangkaan air. Selain itu penggunaan kain katun juga memengaruhi dampak ini karena dalam proses manufaktur kain katun membutuhkan banyak air.

Carbon footprint adalah ukuran emisi gas terkait dengan aktivitas-aktivitas gas rumah kaca yang dikeluarkan baik secara langsung maupun tidak langsung oleh suatu produk, perusahaan ataupun lainnya (Sala Lizarraga & Picallo-Perez, 2020). Pada penelitian ini *carbon footprint* terbesar terjadi akibat penggunaan bahan utama yaitu kain katun sebesar 10,3 Kg yang memiliki nilai 113 Kg CO₂ eq pada tiap proses produksi kain motif batik. Hal ini terjadi karena dalam pembuatan kain katun *dobby* prosesnya rumit dan tiap prosesnya meninggalkan jejak karbon yang besar. Pembuatan kain katun tentunya dimulai dengan budidaya tanaman kapas. Budidaya kapas mempunyai kontribusi yang besar terhadap emisi gas rumah kaca, karena dalam budidaya kapas digunakan *input* pupuk yang tinggi yang menyumbang sekitar 63,9% dari jejak iklim disamping emisi nitro-oksida ke tanah (Günther dkk., 2017).

3.2 Nilai EEI, EVR dan EER

Pada produk kain motif batik ini didapatkan nilai indeks eko-efisiensi sebesar 0,046 yang artinya produk kain motif batik sudah *affordable* tetapi tidak *sustainable* karena nilainya diantara 0-1. Nilai tersebut didapatkan dari membagi nilai *net value* dengan nilai *eco-cost*. Nilai EEI = 0,046 dapat diartikan bahwa produk kain motif batik sudah baik dari segi ekonomi tetapi tidak dari segi ekologis. Dari perhitungan didapatkan nilai EVR sebesar 21,73 dan nilai EER sebesar -20,73%. Nilai EVR pada proses produksi kain motif batik adalah 21,73, nilai ini tergolong tinggi akibat nilai *eco-cost* lebih besar 21,73 kali lipat dari nilai *net value*.

Artinya proses produksi kain motif batik masih belum efisien dan dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Kemudian untuk nilai EER didapatkan -20,73% yang artinya proses produksi kain motif batik belum baik dari segi ekonomi maupun ekologi karena nilai *net value* produk lebih kecil dari biaya yang harus dibayarkan pada lingkungan.

3.3 Rekomendasi Perbaikan

Untuk meningkatkan nilai eko-efisiensi proses produksi kain motif batik, diberikan beberapa rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekomendasi Perbaikan

No	Masalah	Rekomendasi
1.	<i>Damage category</i> lingkungan terbesar adalah pada <i>resource scarcity</i> yaitu sebesar €665,1479 atau Rp11.650.617,90. Dalam <i>resource scarcity</i> terdapat 6 kategori dampak, dampak yang paling besar nilainya adalah <i>baseline water stress</i> dengan nilai <i>eco-cost</i> €635,3067 atau Rp11.127.923,68. Selain itu kategori dampak <i>ecotoxicity, freshwater</i> adalah penyumbang terbesar dampak lingkungan yaitu dengan nilai 33700,2839 Ctue, dan dampak terbesarnya terjadi di proses pencucian 2. Hal itu terjadi karena besarnya air yang diperlukan untuk proses pembuatan kain motif batik terutama pada proses perendaman dan pencucian kain motif batik.	Pada pembuatan kain motif batik, terdapat proses perendaman dan pencucian kain. Proses perendaman dilakukan 1 kali dan pencucian dilakukan sebanyak 2 kali. Kedua proses tersebut membutuhkan banyak air serta menghasilkan limbah air yang besar juga. Untuk itu, disarankan untuk meminimasi air dengan cara memperkecil volume air yang digunakan untuk perendaman maupun pencucian. Air limbah bekas perendaman dan pencucian bisa diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Pengolahan air limbah dapat memanfaatkan mikroorganisme seperti dalam teknologi <i>membrane bioreactor</i> (MBR) yang merupakan gabungan dari proses biologis dengan filtrasi membran. Proses biologis dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai pemecah polutan. Filtrasi membran fungsinya seperti penyaring yang memisahkan partikel kecil dan zat terlarut dalam limbah. <i>Membrane bioreactor</i> (MBR) dapat berupa aerobik maupun aerobik (Al-Asheh dkk., 2021). Pengolahan air limbah dengan filtrasi aerob-anaerob dapat menurunkan nilai BOD, COD, zat padat tersuspensi serta konsentrasi warna (Said, 2002). Setelah air limbah diolah, limbah bisa dibuang atau digunakan kembali untuk proses produksi.
2.	Penggunaan bahan utama kain katun doobby merupakan penyumbang terbesar terhadap dampak lingkungan di penelitian ini. Sehingga membuat nilai <i>eco-cost</i> proses pembuatan kain motif batik besar. Dari <i>software</i> SimaPro penggunaan kain katun doobby mempunyai nilai yang besar pada setiap kategori dampak. Contohnya pada <i>carbon footprint</i> , kain katun doobby menyumbang 1017 KgCO ₂ eq dari total nilai <i>carbon footprint</i> 1219,3806 KgCO ₂ eq.	Untuk menekan nilai <i>single score</i> dan mengurangi nilai dampak lingkungan dapat dilakukan dengan mensubstitusi kain katun doobby sebagai bahan utama pembuatan kain motif batik dengan menggunakan kain rayon viscose. Jenis kain rayon viscose dibuat dari serat semi sintesis yaitu ekstraksi dari selulosa kayu atau serat tumbuhan lainnya. Sifat kain rayon viscose dapat menyerap keringat dan tidak panas untuk digunakan dalam aktivitas sehari-hari karena sirkulasi udaranya baik. Rayon viscose dapat terurai kembali sehingga aman bagi lingkungan (Asia Pacific Rayon, 2024). Dengan dilakukan skenario substitusi kain katun doobby menjadi kain rayon viscose nilai <i>eco-cost</i> proses pembuatan kain motif batik mengalami penurunan yaitu dari Rp582.906,03 menjadi Rp51.992,08 per 1 lembar kain motif batik. Selain itu nilai EEI menjadi 0,52 EVR 1,94 dan EER -0,94.

3	<p>Penggunaan gas LPG memengaruhi nilai dari kategori kerusakan <i>human toxicity</i> yaitu pada <i>photochemical ozone formation, particulate matter, human toxicity, cancer</i> dan <i>non cancer</i>.</p>	<p>Disarankan pekerja untuk memakai alat perlindungan diri (APD) seperti sarung tangan agar terlindungi dari kontaminasi zat kimia yang terdapat pada pewarna yang digunakan dalam proses pembuatan kain motif batik sehingga dapat meminimalkan potensi terkena penyakit kanker (Nurainun dkk., 2008).</p>
---	--	---

4. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah hasil perhitungan LCA dengan *software* SimaPro 9.5.0.2 dengan metode *Eco-cost* 2024 V 1.0. didapatkan nilai *eco-cost* untuk memproduksi 1 *batch* kain motif batik (44 lembar) adalah Rp25.647.865,23 atau Rp582.906,03 per lembar kain. Dari perhitungan LCA kategori dampak lingkungan terbesar adalah *baseline water stress* dengan *eco-cost* Rp11.127.923,68, *eutrophication* dengan *eco-cost* Rp8.501.643,66 dan carbon footprint dengan *eco-cost* Rp2.840.675,73.

Berdasarkan perhitungan eko-efisiensi, didapatkan nilai EEI sebesar 0,046 yang artinya produk affordable tetapi tidak *sustainable*. Sehingga produksi kain motif batik hanya memberikan keuntungan pada perusahaan namun berbahaya bagi lingkungan karena nilai *eco-cost* yang besar. Kemudian nilai EVR pada proses produksi kain motif batik adalah 21,73 yang artinya nilai *eco-cost* lebih besar 21,73 kali dari nilai *net value* sehingga produksi kain motif batik dapat dikatakan belum efisien dan menimbulkan dampak berbahaya bagi lingkungan. Kemudian untuk nilai EER didapatkan -20,73% yang artinya proses produksi kain motif batik belum baik dari segi ekonomi maupun ekologi.

Perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan nilai EEI. Perbaikan dapat dilakukan dengan meminimalisir penggunaan sumber daya air, mengganti bahan baku atau dengan meningkatkan nilai *net value produk*.

5. Daftar Pustaka

- Al-Asheh, S., Bagheri, M., & Aidan, A. (2021). Membrane bioreactor for wastewater treatment: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4(May). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100109>
- Alijonov, N. (2023). *Recent Progress on Life Cycle Sustainability Assessment in Textile Industry: Applications for Environmental, Economic, and Social Impacts of Cotton and Its Derivatives*. 163–197. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9634-4_7
- Asia Pacific Rayon. (2024). *Tentang Viscose*. <https://www.aprayon.com/id/tentang-viscose/tentang-viscose/>
- Bhagowati, B., & Ahamad, K. U. (2019). A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 19(1), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.03.002>
- Dewa, K. (2021). *Usulan Perbaikan Proses Pembuatan Batik Multi Motif untuk Menurunkan COD*. September, 68–72.
- Eco Cost Value. (2024). *The eco-costs of resource scarcity and plastic soup*. <https://www.ecocostsvalue.com/ecocosts/eco-costs-resource-scarcity/>
- Günther, J., Thevs, N., Gusovius, H. J., Sigmund, I., Brückner, T., Beckmann, V., & Abdusalik, N. (2017). Carbon and phosphorus footprint of the cotton production in Xinjiang, China, in comparison to an alternative fibre (Apocynum) from Central Asia. *Journal of Cleaner Production*, 148, 490–497. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.153>
- Kementerian Perindustrian. (2022). *Kemenperin Bidik Ekspor Industri TPT Capai USD 14 Miliar*. kemenperin.go.id. <https://kemenperin.go.id/artikel/23452/Kemenperin-Bidik-Ekspor-Industri-TPT-Capai-USD-14-Miliar>
- Nawawi, E. (2018). Jangan Sebut Itu “Batik Printing” Karena Batik Bukan Printing. *Artchive: Indonesia Journal of Visual Art and Design*, 1(1), 45. <https://doi.org/10.53666/artchive.v1i1.581>
- Nurainun, Rasyimah, & Heriyana. (2008). Analisa Industri Batik di Indonesia. *Fokus Ekonomi*, 7(3), 124–135.
- Purwaningsih, R., Simanjuntak, C. F., & Rosyada, Z. F. (2021). Eco-Efficiency of Pencil Production Using Life Cycle Assessment to Increase the Manufacture Sustainability. *Jurnal Teknik Industri*, 22(1), 47–54. <https://doi.org/10.9744/jti.22.1.47-52>
- Said, N. I. (2002). Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercepat Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(2), 124–135.
- Sala Lizarraga, J. M. P., & Picallo-Perez, A. (2020). Sustainability and exergy in buildings. In *Exergy Analysis and Thermoeconomics of Buildings*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817611-5.00010-2>
- Windrianto, Y., L, R. D., & Berlianty, I. (2016). Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Untuk Menciptakan Produksi Batik Yang Efisien dan Ramah Lingkungan (Studi Kasus di UKM Sri Kuncoro Bantul). *Jurnal OPSI*, 9(2), 143–149.