

Artikel Riset

Peningkatan Kinerja Keberlanjutan dengan Strategi *Eco-efficiency*: Studi Kasus di UKM Batik SS Jogja

Improving Sustainability Performance with Eco-Efficiency Strategies: A Case Study in SME Batik SS Jogja

Sri Hartini^{1*}, Prasetyo Yulianto¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang – Semarang, 50275

*Penulis korespondensi, e-mail: srihartini@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Batik merupakan produk unggulan bangsa Indonesia sekaligus Warisan Budaya Dunia. Namun proses produksi ditengarai berpotensi membahayakan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses produksi Batik menggunakan pendekatan *eco-efficiency*. Tahap identifikasi dilakukan dengan mengidentifikasi biaya *non product output*. Analisis dampak lingkungan dilakukan dengan *life cycle assessment* (LCA) dengan metode *eco-cost* dan *eco-mapping*. Tahap analisis sebab dilakukan dengan *fishbone diagram*. Area permasalahan terjadi pada proses pengecapan, pewarnaan dan penglorodan. Pengolahan LCA menggunakan software *simapro v7.1.8* menyimpulkan bahwa terdapat dampak negatif pada kategori global warming (CO₂ eq) sebesar 14.804,2 kg dan aquatic ecotoxic (TEG eq) sebesar 10.241.717 kg atau setara dengan biaya lingkungan sebesar Rp 700.394.880/tahun. Rekomendasi perbaikan dengan membuat bak penampung lilin, penambahan penugasan bagi salah satu pekerja, dan membuat sistem pengolahan limbah sederhana dengan prinsip pengolahan secara biologi aerob. Penelitian ini memberikan keuntungan secara ekonomis, lingkungan dan sosial. Rekomendasi yang diberikan diestimasi dapat menurunkan rasio *non product output* sebesar 0,01224 dengan keuntungan ekonomis berkisar Rp 25.571.892/ tahun.

Kata Kunci : Batik, *Eco-efficiency*, LCA, Rasio NPO

Abstract

Batik is a World Cultural Heritage. However, the production process is suspected to have a negative impact on the environment. This study aims to analyze the Batik production process using an eco-efficiency approach. The identification stage is carried out by identifying the non-product output costs. The environmental impact analysis was carried out by means of a life cycle assessment (LCA) using the eco-cost and eco-mapping methods. The causal analysis stage was carried out with a fishbone diagram. The problem area occurs in the stamping, coloring and washing processes. LCA processing using simapro v7.1.8 software concluded that there was a negative impact on the global warming (CO₂ eq) category of 14,804.2 kg and aquatic ecotoxic (TEG eq) of 10,241,717 kg or equivalent to an eco-cost of Rp 700,394,880 / year. Recommendations for improvement by making used candle container, adding assignments for one of the workers, and creating a simple waste treatment system with the principle of aerobic biological treatment. This research provides benefits economically, environmentally and socially. The

recommendations given are estimated to reduce the non-product output ratio by 0.01224, with an economic profit of around Rp 25,571,892 / year.

Keyword: Batik, eco-efficiency, life cycle assessment, non product output

1. Pendahuluan

Industri manufaktur menggunakan sumberdaya alam untuk melakukan proses produksi sehingga menghasilkan produk sekaligus limbah industri yang berdampak buruk bagi lingkungan. Bumi mempunyai keterbatasan dalam menyediakan sumber daya alam dan daya dukung dalam menerima limbah. Penggunaan sumberdaya alam di luar batas kemampuan (*carrying capacity*) dan pengelolaan limbah yang belum baik sangat membahayakan lingkungan. Kesadaran ini memicu terbitnya undang-undang tentang perlindungan terhadap lingkungan dan kepedulian konsumen dalam memilih produk (Gong dkk., 2019). Dengan adanya kesadaran pelanggan, produsen akan termotivasi menciptakan inisiatif keberlanjutan jangka panjang (Munny dkk., 2019). Perusahaan pun dituntut untuk mengurangi dampak aktivitasnya terhadap lingkungan dan bergerak menuju "keberlanjutan" (Bettley and Burnley, 2008; Ramos dkk., 2018).

Eko-efisiensi merupakan suatu filosofi manajemen yang mendorong suatu bisnis meningkatkan kinerja lingkungan sehingga suatu usaha seharusnya memberikan manfaat ekonomi sekaligus peduli pada kepentingan lingkungan. Eko efisiensi fokus pada peningkatan nilai dengan minimasi dampak lingkungan (WBCSD,2000).

Batik merupakan salah satu produk unggulan Indonesia yang telah dinyatakan sebagai "Warisan Dunia Tak Benda" oleh UNESCO sejak Oktober 2011 (Susanty dkk., 2015). Batik banyak diproduksi di Indonesia, terutama di pulau Jawa. Disamping menghasilkan produk berupa kain batik, proses produksi batik juga menghasilkan limbah padat (berupa lilin dan kain) dan limbah cair (Hasibuan and Hidayati, 2018). Apabila tidak dikelola dengan baik, proses produksi akan membahayakan lingkungan. Tumpahan zat warna dan bahan kimia yang dibuang ke tanah, saluran pembuangan umum dan sungai sangat berbahaya bagi lingkungan (Yaacob dkk., 2016). Kondisi sungai Bedog di Desa Wijirejo yang terkena limbah Batik mempunyai kualitas air yang melampaui baku mutu dan kualitas air (Indarsih, 2011). Beberapa kajian mengenai *eco-efficiency* pada Batik telah dilakukan, diantara pada Batik Pekalongan (Sari dkk., 2013), dan Batik Solo ((Muslimah dkk., 2020; Widodo, 2013; Rinawati dkk., 2013). Kajian *eco-efficiency* pada Batik Jogja masih belum dilakukan. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan masih belum melakukan *eco-mapping*. *Eco-mapping* penting untuk mengidentifikasi produksi dalam keterkaitannya dengan *eco-efficiency*. Untuk itu menarik untuk dilakukan kajian *eco-efficiency* pada Batik Jogja sekaligus menganalisis *eco-mapping*.

Penelitian ini bermaksud menerapkan konsep *eco-efficiency* pada proses produksi Batik Jogja. Batik Jogja menarik untuk dilakukan karena setiap dwilayah sangat mungkin mempunyai keunikan proses yang berbeda dengan wilayah lainnya. Kelebihan studi ini pada analisis yang lebih komprehensif dengan melakukan *eco-mapping* dan menggunakan fishbone diagram sebagai alat analisis penyebab masalah. Studi kasus dilakukan di UKM Batik SS yang berlokasi di Jogjakarta. Perusahaan memproduksi rata-rata sekitar 160 meter per hari. Harapannya, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi sehingga mampu meningkatkan aspek ekonomi, lingkungan dan sosial.

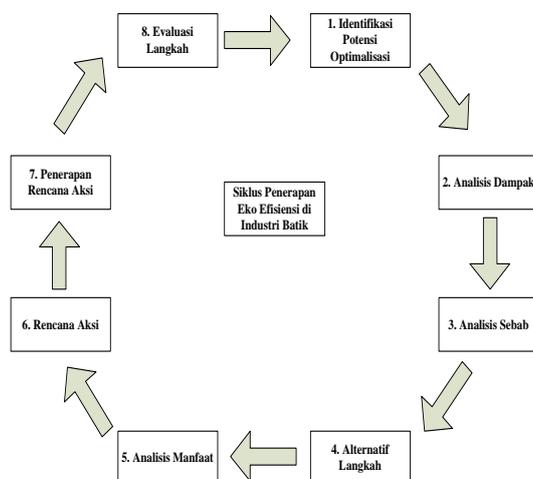
2. Metode Penelitian

Tata urutan penerapan eko efisiensi terdiri dari 8 tahapan siklus yang dapat dilihat pada Gambar 1 Efisiensi (Program Lingkungan Hidup Indonesia – Jerman, 2007).

2.1 *Environmental Oriented Cost Management* (EoCM)

Identifikasi masalah dilakukan agar tindakan yang dilakukan lebih optimal dalam memperbaiki perusahaan. EoCM bertujuan untuk memberikan informasi dalam pengambilan keputusan untuk perbaikan kinerja lingkungan, ekonomi dan organisasional. Perhitungan ekonomi dilakukan terhadap

setiap langkah proses yang melibatkan materi, energi, tenaga kerja dan peralatan. Pada setiap langkah proses, biaya dan besarnya NPO dihitung dalam kurun waktu 1 tahun. Dari hasil perhitungan tersebut akan teridentifikasi langkah proses yang mempunyai nilai NPO dan menyebabkan dampak lingkungan yang tinggi.



Gambar 1. Tahap Penerapan Eko Efisiensi (Program Lingkungan Hidup Indonesia – Jerman, 2007)

2.2. Life Cycle Assessment

Life Cycle Assessment (LCA) telah diidentifikasi sebagai salah satu metodologi paling andal untuk membuktikan dan menganalisis dampak lingkungan di sepanjang siklus hidup suatu produk (The International Standards Organisation, 2006; Hartini dkk., 2019). Kerangka LCA mencakup penentuan tujuan dan ruang lingkup, inventaris siklus hidup (LCI), penilaian dampak siklus hidup (LCIA) dan interpretasi (Prastawa dkk., 2018; Prastawa and Hartini, 2019).

Fase LCA yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Tujuan dan lingkup (*Goal and Scope*)

Bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan, dan asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang dievaluasi.

b. LCI (*Life Cycle Inventory*)

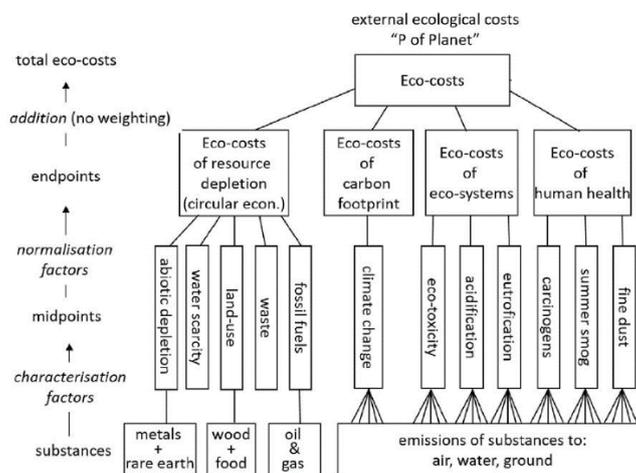
Merupakan ekstraksi inventori dan emisi, mencakup pengumpulan data dan perhitungan input dan output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fase ini mengidentifikasi sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang dievaluasi.

c. LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*)

Merupakan penanganan dari dampak terhadap lingkungan, semua dampak penggunaan dari sumberdaya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi ke dalam kategori dampak. Proses LCIA terdiri dari *classification and characterization, Normalization, weighting dan single score*. Metode yang digunakan dalam analisis dampak lingkungan adalah metode *Eco-cost*.

Eco-Cost adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan disesuaikan dengan kemampuan bumi (daya dukung bumi). *Eco-cost* merupakan ukuran yang mendeskripsikan tentang jumlah beban lingkungan dari suatu produk atas dasar penanggulangan limbah tersebut. Perhitungan *Eco-cost* dapat dilakukan dengan cara menilai tingkat keasaman lingkungan, *eutrification*, debu halus, *eco-toxicity*, logam yang digunakan, serta bahan bakar yang digunakan (Vogtlander dkk., 2017). Biaya lingkungan atau *eco-cost* adalah biaya *virtual* terkait dengan langkah-langkah preventif yang harus diambil untuk mendaur atau menghilangkan limbah/polutan sejalan dengan perkiraan daya dukung bumi. Biaya virtual maksudnya adalah biaya yang apabila akan dilakukan upaya pencegahan dari dampak lingkungan yang ditimbulkan atau besar biaya yang dikeluarkan untuk menjaga kesehatan. Jadi biaya *eco-cost* bukan biaya yang wajib dikeluarkan akan

tetapi adalah nilai biaya untuk menanggulangi resiko akibat dampak lingkungan yang ditimbulkan. Secara sederhana *Eco-cost* adalah jumlah keseluruhan biaya pencegahan setiap jenis polusi. Adapun struktur biaya *eco-cost* dijelaskan pada Gambar 2 (van der Velden and Vogtländer, 2017). Penelitian ini melakukan pengolahan data dengan bantuan Software versi 7.1.8.



Gambar 2. Struktur biaya *eco-cost*

2.3. Eco-mapping

Eco-mapping merupakan peta yang mengevaluasi seluruh bisnis dalam rangka memahami dampak lingkungan (Engel & Werner, 2008). Berbeda dengan LCA yang mengidentifikasi dampak berdasarkan tahapan produksi, *eco-mapping* lebih berbasiskan lokasi. *Eco-mapping* juga didefinisikan sebagai "Sebuah alat visual yang sederhana dan praktis untuk menganalisis, mengelola dan menyampaikan kinerja lingkungan perusahaan dalam usaha mengembangkan ekonomi".

3. Hasil Penelitian

3.1. Environmental Oriented Cost Management (EoCM)

Penghitungan WoCM pada dasarnya mengidentifikasi rasio *non-product output*. Rasio NPO digunakan untuk mengukur tingkat efisiensi UKM dalam menggunakan bahan baku pada proses produksinya. Semakin kecil nilai NPO maka semakin efisien UKM dalam memanfaatkan bahan baku yang ada. Tabel 1 merupakan hasil perhitungan NPO pada proses produksi UKM.

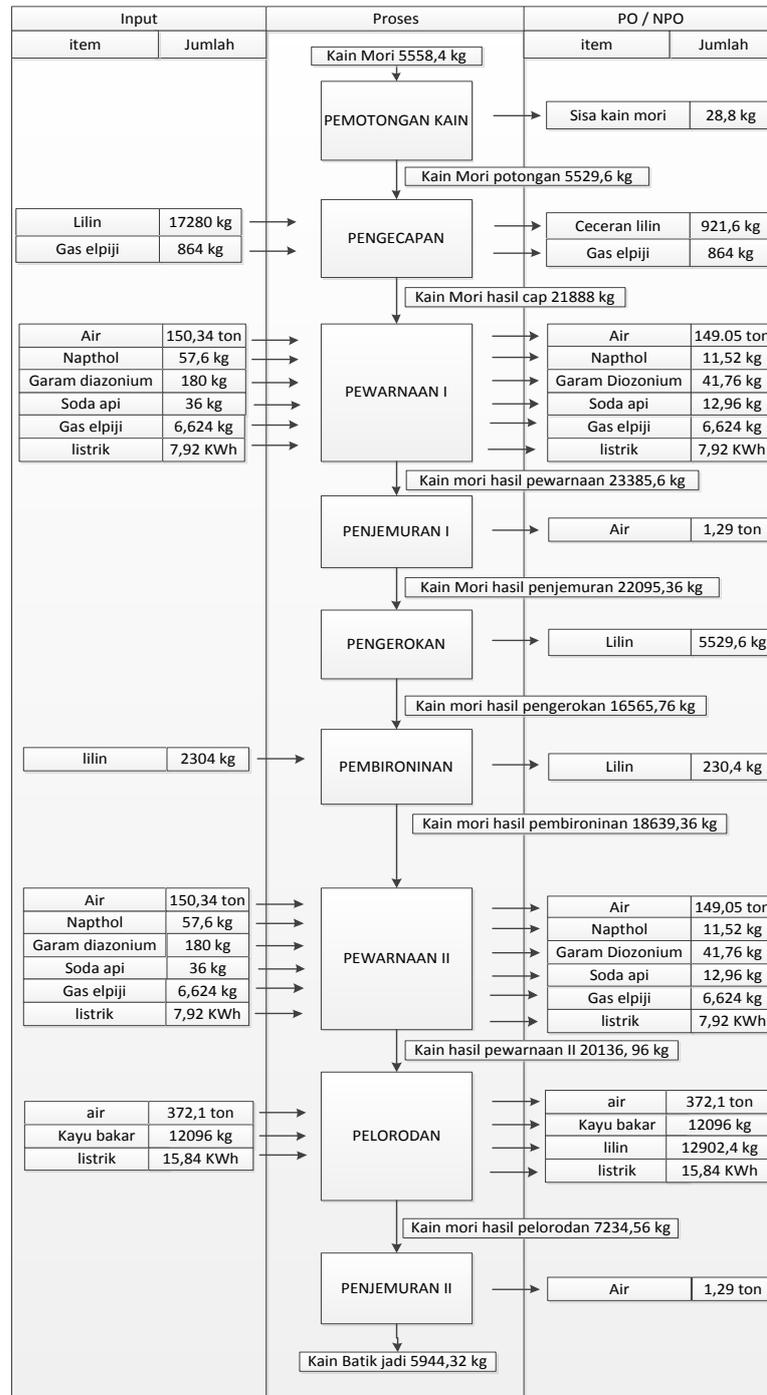
Tabel 1 Rasio NPO per proses produksi

No	Nama Proses	Rasio NPO
1.	Pemotongan Kain	0,00167
2.	Pengecapan	0,01320
3.	Pewarnaan I dan II	0,03594
4.	Penjemuran	0
5.	Pengerokan	0,06417
6.	Pembironinan	0,00267
8.	Pelorodan	0,11886
Total		0,23651

Dari hasil perhitungan rasio NPO, diketahui bahwa proses dengan nilai NPO tertinggi adalah pada proses pelorodan. Hal ini disebabkan karena banyaknya lilin yang terbuang dari sisa hasil lorodan. Pada proses pengecapan, rasio NPO yang ada disebabkan karena banyaknya ceceran lilin. Pada bagian pewarnaan, rasio NPO disebabkan karena banyaknya sisa air pewarnaan yang terbuang.

3.2. LCA (Life Cycle Assessment)

Tujuan LCA adalah menganalisis dampak lingkungan produk Batik. Lingkup analisis hanya dilakukan pada proses produksi Batik pada suatu UKM di Jogjakarta. Artinya, lingkungannya hanyalah gate to gate. Secara detail, diagram input-output dijelaskan pada Gambar 3. Diagram I/O memuat life cycle inventory yang memberikan informasi input yang dibutuhkan, urutan proses dan output yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan adalah kain Batik sebanyak 5.944,32 kg selama 1 tahun. Hasil karakteristik dijelaskan pada Tabel 2.



Gambar 3. Diagram input output

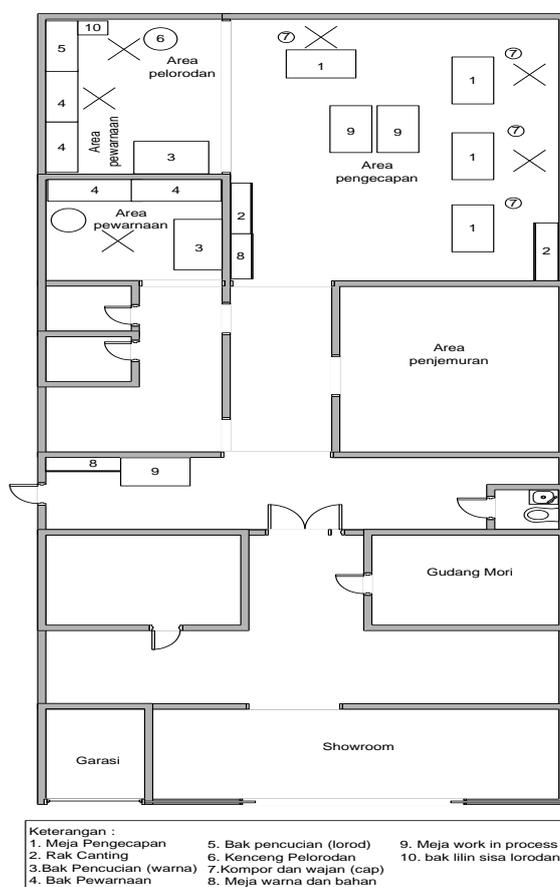
Tabel 2. Hasil karakteristik dan eco-cost proses produksi batik

Impact category	Unit	Dampak	Eco-cost (Euro)	Eco-cost (Rp)
Global Warming Potential IPCC	kg CO ₂ eq	148084,15	60109,4	700394880
Acidification	kg SO ₂ eq	2033,17	19991,3	232939338
Eutrophication	kg PO ₄ eq	223,45	15350,4	178863606
Summer Smog	kg C ₂ H ₄ eq	159,28	804,4	9373129
Fine Dust (PM 2,5)	kg PM 2,5 eq	516,99	1417,6	16518704
Aquatic Ecotoxicity	kg TEG eq	10241717,00	14186,4	165299956
Carcinogens	kg C ₂ H ₃ Cl eq	3115,97	5856,5	68240907
Metals Depletion	euro	2472,73	29,1	338699
Oil&Gas Depletion excl energy	kg oil equ	0,00	2472,7	28812312
Waste	MJ	59,86	0	0
Depletion of natural forests	euro	0,00	0,7	8245

Hasil karakteristik menjelaskan bahwa proses produksi batik berdampak pada lingkungan terutama pada kategori *aqua ecotoxic* sebesar 10.241.717 (Kg TEG eq) dan emisi sebesar 148.084,2 (kg CO₂ eq). Total eco cost setara dengan Rp700.394.880.

3.3. Eco-Mapping

Eco-Mapping digunakan untuk memvisualisasikan area yang teridentifikasi terjadi pemborosan dengan tanda (X). Data dari metode ini didapatkan dari observasi, dan penilaian dengan menggunakan *Good House Keeping Checklist*.



Gambar 4. Hasil Eco-Mapping

Dari Gambar 4 terlihat bahwa area produksi UKM tersebut mempunyai pemborosan pada area pengecapan, pewarnaan, dan pelorodan.

4. Analisis dan Diskusi

Hasil penilaian rasio NPO, GHK checklist, *eco-mapping*, dan LCA menunjukkan bahwa pada UKM Batik SS masih terjadi inefisiensi. Secara detail dijelaskan pada Tabel 5, dimana perhitungan dilakukan dalam 1 tahun.

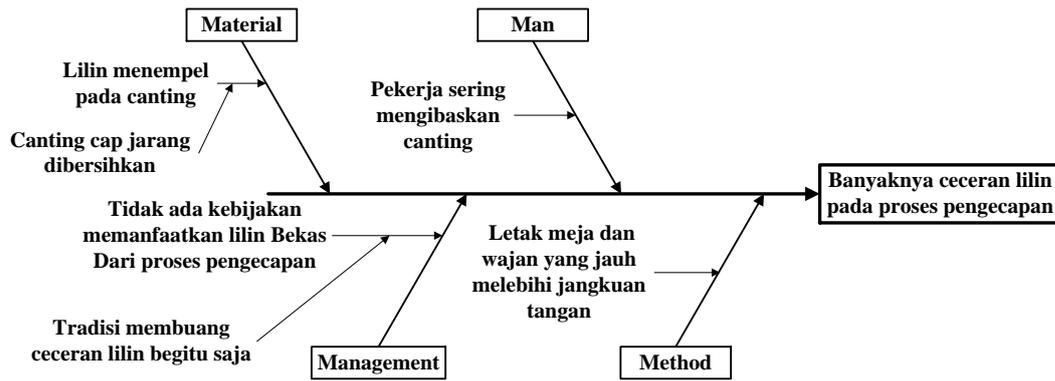
Identifikasi penyebab terjadinya permasalahan pada UKM Batik SS dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone. Diagram fishbone merupakan alat yang mampu mengidentifikasi penyebab masalah pada sistem yang kompleks secara terorganisir (Luo, Wu and Duan, 2018).

Tabel 5. Masalah dan dampak pada UKM Batik SS

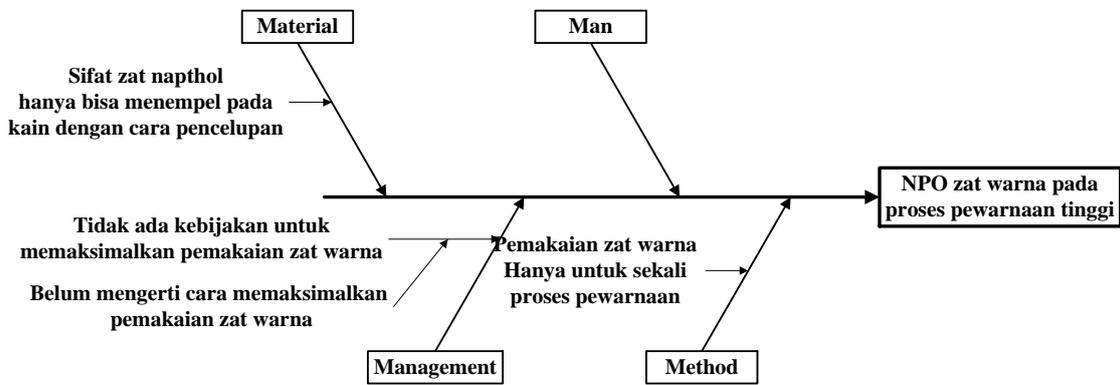
Proses	Temuan Pada Daerah Hotspot	Dampak		
		Lingk.	Ekonomi	K3
Area Pengecapan	Terdapat banyak ceceran dan tetesan lilin.	<i>Global warming</i> (CO ₂ eq) sebesar 61.870,52 kg / tahun dan <i>aquatic ecotoxic</i> sebesar 8.209.270,03 kg / tahun.	NPO sebesar Rp 18.432.000 / tahun	Lantai produksi menjadi licin, sehingga membahayakan keselamatan pekerja.
Area Pewarnaan	Banyaknya NPO dari air sisa pewarnaan.	<i>Global warming</i> (CO ₂ eq) sebesar 821,24 kg /tahun dan pada <i>aquatic ecotoxic</i> (TEG eq) sebesar 3912,4 kg .	NPO sebesar Rp61.852.320	
Area Pelorodan	Banyak nya NPO dari hasil lorodan.	<i>Global warming</i> (eq CO ₂) sebanyak 67,58 kg/thn dan <i>aquatic ecotoxic</i> (eq TEG) sebanyak 13.001 kg	Nilai NPO sebesar Rp 180.633,600	

Identifikasi penyebab besarnya NPO pada bagian pengecapan ditunjukkan oleh diagram fishbone pada Gambar 5, penyebab besarnya NPO pada bagian pewarnaan ditunjukkan oleh diagram fishbone pada Gambar 6, dan penyebab besarnya NPO pada bagian pelorodan ditunjukkan oleh diagram fishbone pada Gambar 7.

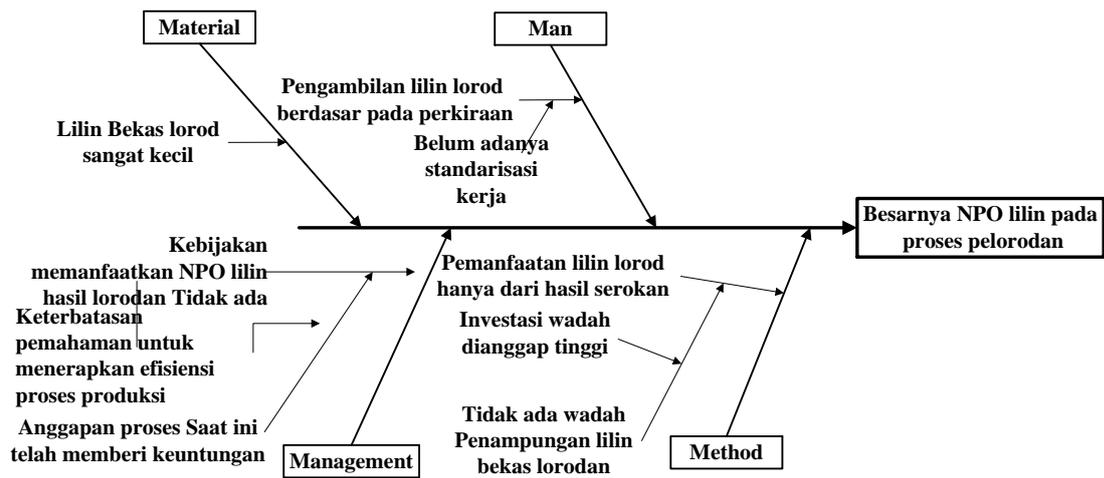
Penyebab utama bagian pengecapan mempunyai NPO karena belum adanya kebijakan dari pihak manajemen untuk memanfaatkan lilin yang tercecer dibagian pengecapan. Penyebab utama bagian pewarnaan terhadap besarnya NPO karena manajemen belum mengerti cara memaksimalkan pemakaian zat warna. Penyebab besarnya NPO pada bagian pelorodan adalah karena belum ada bak yang dapat digunakan untuk menampung lilin sisa hasil lorodan.



Gambar 5. Identifikasi penyebab besarnya NPO bagian pengecapan



Gambar 6. Identifikasi penyebab besarnya NPO bagian pewarnaan



Gambar 7. Identifikasi penyebab besarnya NPO bagian pelorodan

4.1. Rekomendasi Pada Bagian Pengecapan

Untuk menanggulangi besarnya NPO pada bagian pengecapan, maka rekomendasi yang diberikan adalah berupa penambahan *job description* mengumpulkan ceceran lilin kepada salah satu tenaga kerja dibagian penjemuran. Tambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja adalah sebesar Rp 120.000/bulan. Sedangkan penghematan dari penjualan hasil ceceran lilin yang dikumpulkan sebanyak 76,8 kg/bulan dengan harga jual lilin Rp 3.000 /kg adalah sejumlah Rp 230.400/ bulan.

4.2. Rekomendasi Pada Bagian Pewarnaan

Untuk menanggulangi besarnya NPO pada bagian pewarnaan, maka rekomendasi yang diberikan adalah berupa pembuatan sistem pengolahan limbah sederhana secara biologi aerob.

Tahapan proses penanganan limbah warna secara biologi aerob adalah sebagai berikut (Balai Besar Kerajinan Batik, 2004) :

1. Penyiapan limbah air sisa pewarnaan.

Hasil limbah pekat yang dihasilkan dari sisa proses pewarnaan ditampung pada sebuah ember kemudian dinetralkan menggunakan tawas dan kapur hingga pH = 7. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme.

2. Penyiapan mikroorganisme

Bibit mikroorganisme diambil dari selokan pembuangan limbah batik yang berupa lumpur dan airnya, kemudian dicampur dengan air dan lumpur sungai. Mikroorganisme ini harus disiapkan agar mampu melakukan proses degradasi limbah batik naphthol. Proses penyiapan ini terdiri atas dua tahap :

a. Seeding

– Mencampur 2,5 liter air + lumpur selokan pembuangan limbah batik dengan 7,5 liter air + lumpur sungai.

– Mendingkan campuran di atas minimal selama 3 x 24 jam.

b. Aklamasi

– Mencampur hasil seeding dengan air limbah yang sudah dikoagulasi dengan perbandingan 1 bagian hasil seeding dengan 40 bagian air limbah.

– Mendingkan campuran diatas minimal selama 2x24 jam

Hasil seeding dan aklamasi ini selanjutnya disebut dengan kultur aktif yang siap untuk mendegradasi limbah naphthol.

3. Pelaksanaan proses pengolahan biologi aerob

Limbah yang telah dioagulasi dimasukkan ke dalam ember, dicampur dengan kultur aktif dengan perbandingan 80% limbah dan 20% kultur aktif. Ke dalam ember dimasukkan pupuk NPK secukupnya sebagai makanan mikroorganisme. Proses dilakukan selama 5 hari dengan pengadukan dilakukan secara kontinu, setelah itu hentikan pengadukan dan diamkan air hingga lumpur mengendap dan terpisah dengan air. Buang air dan manfaatkan lagi sisa hasil lumpur yang dihasilkan untuk proses berikutnya.

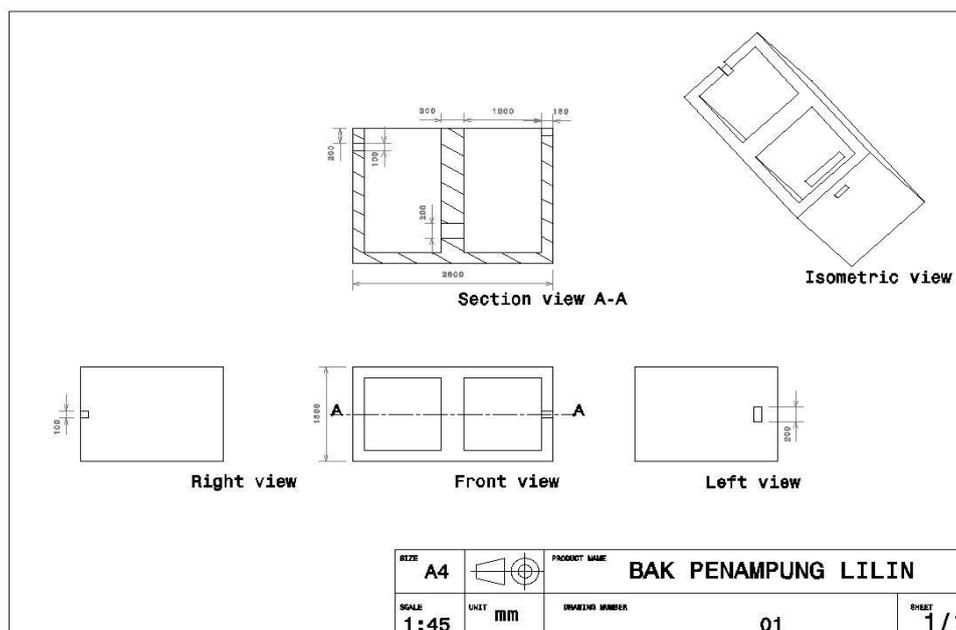
Rekomendasi ini tidak akan memberikan keuntungan secara ekonomis bagi UKM. Namun, penerapan rekomendasi ini akan meningkatkan kinerja lingkungan karena air limbah tidak akan memberi dampak yang buruk bagi masyarakat sekitarnya. Proses produksi yang bersih dan hijau akan memberi citra positif bagi UKM. Apabila produknya dikenal sebagai green product, maka produk ini berpotensi menembus segmen green customer.

Biaya investasi yang dibutuhkan untuk berupa biaya pembelian alat sebesar Rp 694.000. Sedangkan biaya operasional yang harus dikeluarkan oleh UKM/bulan sebesar Rp 237.329/ bulan.

4.3. Rekomendasi Pada Bagian Pelorodan

Untuk menanggulangi besarnya NPO pada bagian pelorodan, maka rekomendasi yang diberikan berupa pembuatan bak penampungan lilin. Pembuatan bak penampung lilin berdasarkan pada jumlah lilin yang dibuang oleh UKM sebesar $0,83627 \text{ m}^3$ / bulan. Desain bak penampung lilin ditunjukkan pada Gambar 8. Biaya investasi diestimasi sebesar Rp3.748.000. Bak penampung dapat digunakan selama 20 tahun. Sedangkan pendapatan yang akan diperoleh UKM dari hasil pengumpulan lilin adalah sebesar Rp 2.257.920/bulan.

Total tambahan keuntungan bersih yang akan diperoleh UKM setelah penerapan rekomendasi adalah sebesar Rp 2.130.991/ bulan atau setara dengan Rp 25.571.892/ tahun.



Gambar 8. Desain bak penampung lilin

4.4. Analisa Estimasi Rasio NPO Setelah Perbaikan

Hasil perbandingan rasio NPO antara kondisi UKM saat ini dengan usulan dijelaskan pada Tabel

7.

Tabel 7. Perbandingan rasio NPO

No	Nama Proses	Rasio NPO (Kondisi Awal)	Rasio NPO (Estimasi usulan)
1.	Pemotongan Kain	0,00167	0,00169
2.	Pengecapan	0,01320	0,01177
3.	Pewarnaan I dan II	0,03594	0,03829
4.	Penjemuran	0	0
5.	Pengerokan	0,06417	0,06513
6.	Pembironinan	0,00267	0,00271
8.	Pelorodan	0,11886	0,10468
	Total	0,23651	0,22427

Estimasi apabila rekomendasi dilakukan, rasio NPO pada bagian pengecapan turun dari 0,0132 menjadi 0,01177. Penurunan ini terjadi sebagai hasil penjualan ceceran lilin pada area pengecapan. Pada area pewarnaan, sistem pengelolaan limbah cair mengakibatkan kenaikan rasio NPO yang awalnya sebesar 0,03594 menjadi sebesar 0,03829. Kenaikan ini sebagai akibat rekomendasi perbaikan yang

membutuhkan biaya. Namun pembuatan sistem pengelolaan limbah cair akan mengurangi pencemaran yang ditimbulkan oleh UKM akibat pemakaian zat warna yang ada. Hal ini tentu akan membawa dampak positif kepada pencitraan masyarakat terhadap UKM. Pada area pelorodan, setelah adanya perbaikan berupa pembuatan bak penampungan lilin, ternyata mampu menurunkan persentase NPO. Rasio NPO yang semula sebesar 0,11886 menjadi sebesar 0,10468. Penurunan ini terjadi sebagai hasil penjualan lilin yang dikumpulkan pada bak penampungan lilin. Secara keseluruhan, rekomendasi akan mampu menurunkan total rasio NPO yang semula sebesar 0,23651 menjadi sebesar 0,22427 per tahunnya.

5. Kesimpulan

Inefisiensi pada UKM SS masih terjadi terutama pada proses pengecatan berupa ceceran lilin, proses pewarnaan dengan pembuangan air sisa pewarnaan dan proses pelorodan akibat banyaknya lilin yang terbuang dari sisa hasil lorodan. Dengan menggunakan metode *Life Cycle Assesment*, diketahui bahwa dampak negatif terhadap lingkungan terutama pada kategori *global warming* (CO₂ eq) sebesar 148.084,2 kg dan *aquatic ecotoxic* (TEG eq) sebesar 10.241.717 kg. Hal ini setara dengan total biaya dampak lingkungan sebesar Rp 700.394.880,3 / tahun. Rekomendasi yang diberikan kepada UKM untuk menurunkan rasio NPO yang ada antara lain dengan membuat bak penampungan lilin, penambahan *job description* bagi salah satu pekerja, dan membuat sistem pengolahan limbah sederhana dengan prinsip pengolahan secara biologi aerob.

Biaya investasi yang diperlukan oleh UKM untuk dapat menerapkan seluruh rekomendasi yang ada adalah sebesar Rp 4.442.000, sedangkan total biaya operasionalnya adalah sebesar Rp 357.329/ bulan. Pemasukan yang akan diperoleh oleh UKM adalah sebesar Rp 2.488.320 /bulan. Penelitian ini meningkatkan kinerja keberlanjutan karena menguntungkan secara ekonomi dan lingkungan, dan dapat menurunkan resiko kecelakaan pada tenaga kerja.

Penelitian ini belum melakukan tahap penerapan yang merupakan salah satu tahap dalam *eco-efficiency*. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk melakukan kolaborasi dengan UKM Batik untuk menerapkan upaya perbaikan agar kinerja keberlanjutan UKM Batik SS bisa terealisasi.

Daftar Pustaka

- Balai Besar Kerajinan dan Batik. 2004. Pengolahan Limbah Industri Batik Dengan Menggunakan Bioteknologi.
- Bettley, A. and Burnley, S. 2008. Towards sustainable operations management integrating sustainability management into operations management strategies and practices. pp. 875-904.
- Engel, Heinz Werner. 2008. Ecomapping: a guide for the motor trade. Department of Environment and Water Resources, Environment Protection Authority of South Australia.
- Gong, M, Gao, Y, Koh, L, Sutcliffe, C, Cullen, J. 2019. The role of customer awareness in promoting firm sustainability and sustainable supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 217(January), pp. 88-96.
- Hartini, S. Wicaksono, P. A., Prastawa, H., Hadyan, A. F., Sriyanto. 2019. The environmental impact assessment of furniture production process using the life cycle assessment, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing.
- Hasibuan, S. and Hidayati, J. 2018. The integration of cleaner production innovation and creativity for supply chain sustainability of Bogor batik SMES. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 12 No 5(August).
- Luo, T., Wu, C. and Duan, L. 2018. Fishbone diagram and risk matrix analysis method and its application in safety assessment of natural gas spherical tank. *Journal of Cleaner Production*, 174(September 2018), pp. 296-304.

- Munny, A.A., Ali, S.M., Kabir, G., Moktadir, M.A., Rahman, T., Mahtab, Z. 2019. Enablers of social sustainability in the supply chain: An example of footwear industry from an emerging economy. *Sustainable Production and Consumption*, 20, 230–242.
- Kabir, G, Moktadir, M A., Rahman, T, Mahtab, Z. 2019. Enablers of social sustainability in the supply chain: An example of footwear industry from an emerging economy. *Sustainable Production and Consumption*, 20, pp. 230–242.
- Muslimah, E., Soeparman, S., Yanuwiyadi, B., Riniwati, H. 2020. Using eco-efficiency to analyze environmental impact of the batik industry. *Technology Reports of Kansai University*, 62(4), pp. 1809–1814.
- Prastawa, H., Hartini, S., Anshori, M., Hans, S. Wimba, C. 2018. Integration between green quality function deployment, modularity concept and life cycle assessment toward sustainable product design. *MATEC Web of Conferences*, 159.
- Prastawa, H. and Hartini, S. 2019. The influence of product design on environmental impacts using life cycle assessment. 030015(June), p. 030015.
- PRE. 2006. Introduction to LCA with SimaPro 7. Product Ecology Consultants.
- Program Lingkungan Hidup Indonesia – Jerman. 2007. Panduan Penerapan Eko Efisiensi Usaha Kecil dan Menengah Sektor Batik : Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Indonesia.
- Ramos, A. R., Ferreira, J C. E., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A. 2018. A lean and cleaner production benchmarking method for sustainability assessment: A study of manufacturing companies in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 177, pp. 218–231.
- Rinawati, D. I., Sari, D. P., Nugroho, S., Muljadi, F., Lestari, S. P. 2013. Pengelolaan produksi menggunakan pendekatan lean and green untuk menuju industri batik yang berkelanjutan (studi kasus di UKM Batik Puspa Kencana)', *J@Ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 8(1), pp. 43–50.
- Sari, D. P., Hartini, S., Rinawati, D. I., Wicaksono, T. S. 2013. Pengukuran tingkat eko-efisiensi menggunakan life cycle assessment untuk menciptakan sustainable production di usaha kecil menengah batik. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2).
- Susanty, A., Hartini, S., Sari, D. P., Arsiwi, P. 2015. Measuring efficiency of using resource in the production process of making stamped-batik: A DEA Approach. *Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing*, 6(5), pp. 2039–9340.
- The International Standards Organisation. 2006. ISO 14044. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, pp. 1–54.
- Van der Velden, N. M. and Vogtländer, J. G. 2017. Monetisation of external socio-economic costs of industrial production: A social-LCA-based case of clothing production. *Journal of Cleaner Production*, 153, pp. 320–330.
- Vogtlander, J. G. Scheepens, A E., Bocken, N. M. P., Peck, D. 2017. Combined analyses of costs, market value and eco-costs in circular business models: eco-efficient value creation in remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, 7(1), pp. 1–17.
- Widodo, N. D. 2013. Bentuk Penerapan eko-efisiensi pada rantai nilai di klaster Batik Laweyan, Kota Surakarta. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 1(3), p. 287.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2000. Eco-efficiency creating more with less impact.
- Yaacob, M. R., Faizah, N. and Zain, M. 2016. Environmental awareness and perception on environmental management of entrepreneurs in batik industry in Kelantan, Malaysia. *Journal of Tropical Resources and Sustainable Science*, 4(1), pp. 54–60.