

# Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan *Life Cycle Assessment* untuk Menciptakan *Sustainable Production* di Industri Kecil Menengah Batik

Diana Puspita Sari<sup>1\*</sup>, Sri Hartini<sup>1</sup>, Dyah Ika Rinawati<sup>1</sup>, Tri Setyo Wicaksono<sup>1</sup>

**Abstract:** Pekalongan is one of the batik cities in Central Java, many batik SMEs thrive in Pekalongan. Batik SMEs indicated a cause of environmental pollution that occurred in the city of Pekalongan. Pollution caused by the use of chemicals in the dyeing process. This study aims to measure the eco-costs and eco-efficiency rate of batik products, as well as looking for suggestions on improving eco-efficiency. Eco-efficiency rate is measured by using LCA (Life Cycle Assessment) doped with SimaPro software. This method is used to evaluate the environmental impacts arising from the use of the constituent materials. The results of the data processing show that the value of eco-costs for chemical dye batik is Rp 188,028.32, with eco-efficiency rate is 68.74%. Batik industries are not sustainable and affordable. Economizing of the resourcing and applying cleaner production can be accomplished to enhance the eco-efficiency rate. Cleaner production can be achieved using natural dyes and implement End of Life strategies.

**Keywords:** Batik, dye chemicals, life cycle analysis, eco cost, eco efficiency.

## Pendahuluan

Eko efisiensi merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. Eko efisiensi 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 meminimumkan penggunaan bahan baku, air, energi serta dampak lingkungan per unit produk. Eko-efisiensi dapat diartikan sebagai suatu strategi yang menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit energi dan sumber daya alam. Dalam bisnis, eko efisiensi dapat dikatakan sebagai strategi bisnis yang mempunyai nilai lebih karena sedikit menggunakan sumber daya alam serta mengurangi jumlah limbah dan pencemaran lingkungan.

Tujuan eko-efisiensi 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 eko-efisiensi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1992 oleh *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). WBCSD telah mengidentifikasi adanya tujuh faktor kunci dalam eko-efisiensi 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 (ProLH [11]).

Seiring dengan semakin tinggi tingkat kesadaran masyarakat mengembangkan industri dengan mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan, maka konsep eko efisiensi ini sangat tepat bila bisa dipraktikkan di dunia industri. Penelitian terkait dengan eko efisiensi di dunia industri telah banyak dilakukan, Klunder [5] merancang kerangka kerja untuk mencari strategi paling eko-efisien untuk konstruksi rumah yang sustainable dan memaparkan manfaatnya untuk lingkungan. Thant dan Charmondusit [13] melakukan penilaian eko efisiensi dari industri pulp dan kertas di Myanmar menggunakan indikator konsumsi bahan baku, konsumsi energi, *waste*, konsumsi air dan emisi CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan level kinerja ekonomi dan lingkungan menggunakan rasio eko efisiensi menurun sejak tahun 2002 dan mulai naik lagi di tahun 2005. Rancangan desain yang eko efisiensi dihasilkan oleh Ding *et al.* [3], hasil rancangannya berupa desain mesin *tool bed* dengan tujuan memperoleh struktur mesin yang eko-efisien, melalui optimasi desain *layout*, ukuran dan desain topologinya dengan mempertimbangkan *manufacturing requirement*. Penelitian tentang eko-efisiensi dari sistem manufaktur di perusahaan listrik dan elektronik juga telah dilakukan Gutierrez *et al.* [4]. Penelitian di industri pertanian juga telah dilakukan Pelletier *et al.* [8] yang merancang model skenario potensial eko-efisiensi yang akan diperoleh dari peralihan ke sistem orga-

<sup>1</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Dr. Soedarto SH-Tembalangan, Semarang 50267. Email: diana\_psptsr@yahoo.com

\* Penulis korespondensi

nik di Kanada. Proses peralihan ke produksi organik mampu mengurangi konsumsi energi, pemanasan global dan emisi. Sementara Michelsen dan Fet [7] melakukan penelitian eko-efisiensi di Industri Kecil Menengah (IKM). Hasil penelitian ini memaparkan bagaimana IKM mebel dapat memperbaiki kinerja lingkungan di rantai pasoknya melalui penilaian produk, identifikasi proses kritis yang akan diperbaiki, dan identifikasi pelaku pada rantai pasok.

Fokus penelitian terkait dengan eko efisiensi sebagian besar masih terfokus pada industri besar, belum banyak yang menyentuh IKM. Hal ini bisa jadi disebabkan karena skala produksi IKM yang kecil, sehingga dampak/emisi yang diakibatkan juga kecil dan dianggap belum membahayakan lingkungan. Akan tetapi saat ini IKM berkembang dengan cukup pesat sehingga jumlah IKM juga menjadi banyak, dampak yang kecilpun akan terakumulasi menjadi besar dan ini membutuhkan suatu kewaspadaan. Sehingga penelitian ini mencoba untuk mengukur dan menganalisis tingkat eko efisiensi di IKM, khususnya IKM Batik. Saat ini batik merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan baik limbah padat maupun limbah cair.

Di Jawa Tengah terdapat beberapa kota penghasil batik di Indonesia, salah satunya ialah Kota Pekalongan yang dikenal dengan sebutan Kota Batik. Hal ini dikarenakan batik merupakan sumber ekonomi bagi sebagian besar masyarakat Pekalongan (Aka [1]). Sebagian besar industri batik di Kota Pekalongan berupa IKM atau *home industry*. Dari 632 IKM batik yang tersebar di 16 sentra batik Pekalongan, empat diantaranya berskala usaha menengah (BPS Kota Pekalongan [2]).

Banyaknya industri atau IKM batik yang ada di Kota Pekalongan menyumbang tidak sedikit limbah cair yang dapat merusak lingkungan, ditambah lagi dengan besar dan jenis energi yang digunakan selama proses pembatikan. Kepala Seksi Monitoring dan Pemulihan Kantor Lingkungan Hidup (KLH) Kota Pekalongan, Kurniawan dalam ANTARA (2011) menyatakan bahwa dengan banyaknya industri kecil, maka dapat dipastikan kota Pekalongan menghasilkan volume limbah yang besar. Saat ini pembuangan limbah dari industri kecil di Kota Pekalongan mampu mencapai 4.440 meter kubik per hari padahal instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpadu hanya mampu menampung limbah 1.500 meter kubik limbah cair dan selebihnya dibuang ke sungai.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zuhri [19] mengenai pencemaran limbah batik

di Pekalongan, hasil uji laboratorium yang dilakukan terhadap empat sampel air limbah batik menunjukkan bahwa tingkat pencemaran sudah di atas batas yang ditolerir.

Dilihat dari komponen penyusunnya, penggunaan zat pewarna yang mengandung bahan kimia hingga penggunaan lilin yang tidak dapat larut dalam air menimbulkan permasalahan di lingkungan sekitar. Penggunaan bahan kimia yang digunakan di industri batik dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti iritasi dan gangguan kulit lainnya dalam bentuk gatal-gatal, kulit kering dan pecah-pecah, kemerah-merahan (luka bergelembung), eritema (kulit bintik-bintik), dan sebagainya (Lestari [6]).

Hal tersebut di atas, juga terjadi pada IKM Batik Larisa Pekalongan. Batik Larisa merupakan salah satu pengrajin batik tulis dan cap yang ada di salah satu sentra batik di Kota Pekalongan. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, Batik Larisa merupakan salah satu IKM batik di kampung batik di Kota Pekalongan yang menggunakan bahan-bahan kimia, dan bahan kimia merupakan bahan yang kurang ramah lingkungan. IKM ini belum memiliki IPAL dan langsung membuang limbahnya ke sungai. Limbah dari IKM ini merupakan salah satu hal yang menyebabkan air sungai menjadi berwarna dan berbau akibat pembuangan langsung limbah ke aliran sungai. Oleh karena itu, berdasarkan hasil wawancara dengan warga sekitar, batik dengan menggunakan bahan kimia dinilai dapat mencemari lingkungan.

Sebagai upaya untuk meningkatkan eko-efisiensi produksi dan meminimasi limbah yang dihasilkan pada proses industri batik, perlu adanya penerapan produksi berkelanjutan dengan menghasilkan produk kompetitif yang ramah lingkungan menuju eko-efisiensi. Konsep ini bertujuan menghasilkan produk dengan harga yang kompetitif serta meningkatkan kualitas hidup dengan mengurangi dampak lingkungan dan pemakaian sumber daya melalui daur hidup (*life cycle*). Untuk mengetahui tingkat *sustainable* suatu produk perlu dilakukan pengukuran tingkat eko-efisiensi dari produk tersebut, dalam hal ini adalah produk batik.

Pengukuran mengenai dampak dari penggunaan material penyusun batik ini dapat diukur dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*. LCA merupakan metode yang digunakan untuk mengukur dampak dari segi teknologi, ekonomi dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *eco-cost* dari penggunaan material penyusun produk batik dan mengukur tingkat eko-efisiensi produk batik serta memberikan usulan rekomendasi untuk meningkatkan tingkat eko-efisiensinya.

## Metode Penelitian

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian. Data diperoleh melalui proses wawancara dengan pemilik dan data sekunder yang sudah tersedia pada industri batik, serta data-data dari sumber yang lain. Jenis input/kebutuhan data dari IKM batik Larisa dapat dilihat pada Tabel 1.

### Struktur dan Pengolahan Data

Pengolahan data berisi pengujian dan perhitungan berdasarkan data yang telah didapat dari penelitian. Pengolahan data ini mengolah data yang telah diperoleh untuk dilakukan pengukuran terhadap eko-efisiensinya, proses dalam pengukuran tingkat eko-efisiensi ini melalui beberapa tahapan. Adapun beberapa *tools* yang digunakan dalam pengukuran eko-efisiensi produk ini diantaranya adalah *Life Cycle Assessment*, *Eco Costs*, *Net value Product*, perhitungan akhir dari metode ini adalah *Eco cost Value Ratio* dimana dari EVR ini akan diperoleh hasil *Eco-efficiency Ratio* (PRE [9,10]). Pada perhitungan LCA akan digunakan *software* pembantu yaitu *software* Simapro v 7.1. Untuk lebih jelasnya struktur pengolahan data ditunjukkan oleh Gambar 1.

### LCA (Life Cycle Assessment)

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran mengenai besar dampak yang dihasilkan dari proses pembuatan batik cap. Perhitungan ini digunakan untuk mengolah data yang telah diperoleh untuk dianalisis kaitanya dengan aspek ekologi.

Pada perhitungan LCA ini terbagi menjadi tiga fase, yaitu: (1) Sasaran dan lingkup LCA produk. Fase ini bertujuan untuk memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan, sistem yang akan dievaluasi, batasan-batasan, dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang sedang dievaluasi untuk pembuatan produk batik. (2) Perhitungan *life cycle inventory* (LCI) produk. Untuk fase kedua adalah fase *life cycle inventory* (LCI) dimana dalam perhitungan LCI ini menunjukkan kebutuhan material yang digunakan dalam satuan berat dan sumber energi listrik yang dipakai serta flow prosesnya. (3) Perhitungan *life cycle impact assessment* (LCIA) produk. *Life cycle impact assessment* (LCIA) merupakan fase ke tiga atau tahap analisa mengenai jenis dan besarnya nilai tiap kategori dampak yang dihasilkan. Pada fase ini pengolahan dilakukan dengan metode *eco-costs* 2007, nilai dan indikator dari *eco-costs* ini adalah sesuai standar dari WBCSD [11]. Pada fase LCIA ini terbagi lagi menjadi beberapa tahapan analisa yaitu karakterisasi, normalisasi,

pembobotan, dan *single score* dari dampak lingkungan yang dihasilkan. Dari keempat tahapan analisis ini menghasilkan nilai *eco-cost* dari masing-masing produk. (Vogtlander [17])

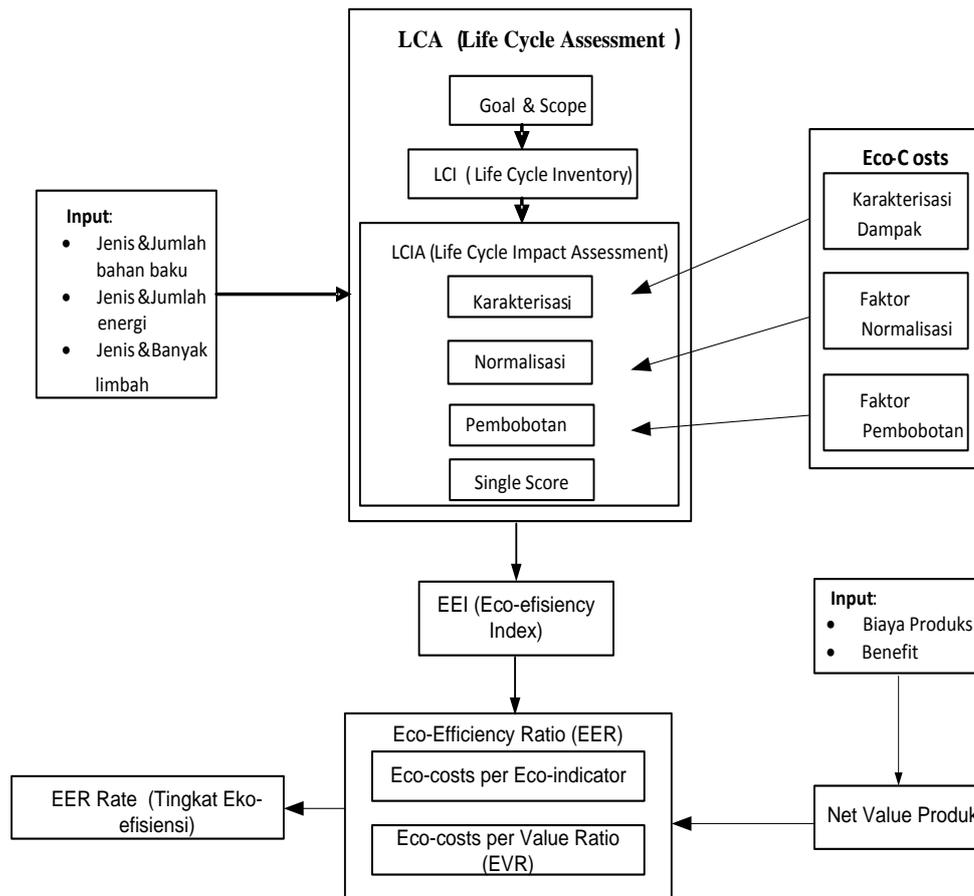
### Net Value Product

*Net value* ini diperoleh dengan mengurangi keuntungan dengan biaya produksi yang diperoleh dengan menggunakan metode harga pokok proses, sehingga besarnya nilai dari *net value* ini dipengaruhi oleh biaya-biaya yang dibutuhkan dalam produksi suatu produk dan nilai penjualan dari produk tersebut. Input dari *net value* ini antara lain biaya-biaya yang terkait dalam proses produksi serta benefit dari produk batik. Perhitungan *net value* dapat dilihat pada persamaan (1) (Vogtlander [16]).

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

**Tabel 1.** Jenis *input*/kebutuhan data

Metode	Input data	Output	Teknik pengumpulan data
LCA	Jenis, besar bahan baku: Pewarna Procion (gr), pewarna alam (gr), mori (m <sup>2</sup> ), malam (gr), kaporit (gr), air (liter), kayu (gr) Jenis dan besar energi: listrik (Kwh) Jenis dan besar limbah: limbah cair (liter)	Besar dampak yang dihasilkan dari proses dalam (kg)	Interview dan observasi
Eco-cost	Besar dampak yang dihasilkan dari LCA (kg)	Biaya dari hasil representasi nilai dampak (Rupiah)	Studi dokumen ( <i>software</i> Simapro)
Net Value	Biaya material yang digunakan (biaya mori, malam, pewarna, kaporit, kayu bakar, air) dalam rupiah Biaya energi yang digunakan (listrik) dalam rupiah Upah pekerja dalam rupiah Biaya perawatan alat dalam rupiah Benefit (harga jual produk) dalam rupiah	<i>Net value</i> produk (rupiah)	Interview dan observasi
EVR	Biaya dari hasil representasi nilai ( <i>output eco-cost</i> ) dalam rupiah Besarnya <i>net value</i> produk dalam rupiah Responden: konsumen batik (30 responden)	Nilai rasio EVR batik cap dalam persentase harga	Studi dokumen ( <i>software</i> Simapro) Eksperimen



Gambar 1. Struktur pengolahan data

### Eco-Efficiency Index (EEI) Produk

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi batik. Input EEI berupa besar *eco-cost* yang dihasilkan dan besar *net value* produk dengan input nilai rasio kelayakan keuntungan (*benefit cost*). Cara perhitungan EEI dapat dilihat pada persamaan (2). (Tak Hur [12]).

$$EEI = \frac{price - cost}{Cost + EcoCost} \quad (2)$$

Produk dikatakan *affordable* dan *sustain* jika nilai  $EEI > 1$ , sedangkan dikatakan *affordable* namun tidak *sustain* jika produk tersebut memiliki nilai  $EEI = 0 - 1$  dan yang terakhir produk dikatakan tidak *affordable* dan tidak *sustain* jika nilai  $EEI < 0$ .

### Eco-Efficiency Ratio (EER) Produk

Perhitungan EER melalui tahap, yaitu: (1) *Eco-costs per eco-indicator ratio* produk. Perhitungan ini adalah membandingkan dua metode yaitu *eco-costs* dengan *eco-indicator*. Dari perbandingan ini diperoleh nilai skala lingkungan dari produk batik. Input dari *eco-cost per indicator ratio* ini berupa besar *eco-cost* yang dihasilkan dan besar *eco indicator*. *Output-*

nya berupa nilai skala *environment* produk untuk mengetahui nilai skala lingkungan dari produk batik. (2) *Eco-costs per value ratio (EVR)* produk. Perhitungan EVR, yang diperoleh dengan cara membagi nilai *eco-cost* yang dihasilkan dengan nilai *net value* yang diperoleh. Inputnya berupa besar *eco-costs* yang dihasilkan dan besar *net value* produk, Sedangkan *output*-nya berupa nilai rasio EVR produk sehingga diketahui rasio *eco-costs* dengan *net value*. Cara perhitungan EER *rate* dapat dilihat pada persamaan (3). (Vogtlander [14])

$$EVR = \frac{Eco - cost}{Net value} \quad (3)$$

*Eco-efficiency ratio rate (EER Rate)* produk. EER *rate* merupakan perhitungan akhir dari pengukuran eko-efisiensi terhadap proses produksi batik. Perhitungan EER *Rate* ini diperoleh dengan cara mengurangi nilai *net value* dengan nilai *eco-costs* yang dihasilkan dari proses produksinya dengan nilai *net value*, atau mudahnya adalah dengan cara nilai dari EVR yang diperoleh dari perhitungan di atas dikurangkan dengan 1. Cara perhitungan EER *Rate* dapat dilihat pada persamaan (4). (Vogtlander [16])

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

## Hasil dan Pembahasan

### LCA (Life Cycle Assessment)

Perhitungan LCIA terdiri dari empat fase. Fase pertama merupakan fase karakterisasi. Fase tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 yang merupakan hasil karakteristik dari *output software* SimaPro.

Selanjutnya hasil karakterisasi dikalikan dengan standar nilai normalisasi *eco-cost*, sehingga menghasilkan nilai normalisasi LCIA (Tabel 2)

Fase ketiga merupakan pembobotan dari perhitungan LCA dengan metode *eco-costs* 2007. Hasil perhitungan ini adalah biaya pencegahan dari emisi yang diperoleh dari hasil kalkulasi antara normalisasi dengan standart biaya pencegahan emisi *eco-costs* 2007. Selain itu, *eco-costs* yang dihasilkan dibandingkan pula dengan eko-indikator yang diperoleh dari perhitungan *software* SimaPro juga. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat nilai *eco costs* untuk batik cap pewarna kimia yaitu Rp 188.028,32. Berdasarkan *output* SimaPro, nilai *eco costs* yang terbesar adalah pada kategori dampak untuk pemanasan global (emisi karbon) dan kategori dampak *acidifikasi* (pengasaman lingkungan). Hal tersebut menyatakan bahwa biaya pencegahan dan kerusakan yang terkait dengan *global warming* dan pengasaman lingkungan lebih tinggi dari pada kategori dampak lainnya.

**Tabel 2.** Karakterisasi produk batik dan normalisasinya

Impact category	Unit	Batik cap pewarna kimia	
		Awal	Normalisasi
Global warming potential IPCC	kg CO <sub>2</sub> eq	687,006	161,376
Acidification	kg SO <sub>2</sub> eq	0,6283	927,459
Eutrophication	kg PO <sub>4</sub> eq	0,08066	474,368
Summer Smog	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,00913	0,29036
Fine dust (PM <sub>2,5</sub> )	kg PM <sub>2,5</sub> eq	0,03189	0,08128
Aquatic ecotoxicity	kg TEG eq	0,00057	0,87502
Carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq	0,00027	0,45517
Metals depletion	Euro	0,40787	0,00891
Oil & gas depletion excl energy	kg oil eq	0	0,40787
Waste	MJ	0,06001	0
Depletion of natural forests	Euro	0	0,00071

**Tabel 3.** Perbandingan *eco costs* dan *eco indicator* untuk produk batik cap dengan pewarna kimia

Output SimaProp	Eko-indikator	9,740201
	Eco-costs (Rp)	188,028,32
Skala	Eko-indikator	-0,707106781
	Eco-costs (Rp)	-0,707106781

**Tabel 4.** Hasil perhitungan nilai EEI untuk produk batik cap dengan pewarna kimia

Harga/kodi	(Rp)	1.500.000,000
Biaya/kodi	(Rp)	898.586,900
Net value/kodi	(Rp)	601.413,090
Eco-costs	(Rp)	188.028,320
EEI		0,553

**Tabel 5.** Nilai EVR batik dengan pewarna kimia

Biaya	(Rp)	1.500.000,000
Net value	(Rp)	601.413,095
Eco-cost	(Rp)	188.028,320
EVR		0,312

**Tabel 6.** Nilai EER batik dengan pewarna kimia

Biaya	(Rp)	1.500.000,000
Eco-cost	(Rp)	188.028,320
EVR		0,312
EER		0,687 (68,7%)

### Eko Efisiensi Index (EEI)

Berikut ini adalah perhitungan EEI dengan tujuan untuk mengetahui nilai *affordable* dan *sustainable* dari produksi batik cap pewarna kimia. Nilai EEI ini diperoleh dengan cara membagi *net value* dengan nilai *eco cost*. Tabel 4 merupakan hasil dari perhitungan nilai EEI batik cap pewarna kimia.

Hasil dari EEI ini dapat digolongkan ke dalam tiga kategori yaitu EEI > 1 adalah *sustain* dan *affordable*, nilai EEI = 0-1 adalah tidak *sustain* tetapi *affordable*, dan nilai EEI < 0 adalah tidak *sustain* dan tidak *affordable*. Oleh karena itu batik cap pewarna kimia tergolong pada kategori tidak *sustain* tetapi *affordable* karena nilai EEI yang didapat batik cap pewarna kimia adalah kurang dari 1 yaitu sebesar 0,55347. Kondisi seperti ini menunjukkan bahwa batik pewarna kimia kurang ramah lingkungan tetapi secara finansial cukup terjangkau.

Setelah itu dilakukan perhitungan EVR (*Eco-Costs per Value Ratio dan EER Rate*). Nilai EVR dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Harga jual batik cap merupakan harga jual pada tingkat distributor. Semakin tinggi harga jual (*price*) maka semakin tinggi pula keuntungannya (*net value*). Nilai EVR ini diperoleh dengan cara membagi *eco-costs* dengan *net value* sebagai nilai ekonomi dari masing-masing produk. Dari perhitungan tersebut terlihat bahwa EVR batik cap pewarna kimia sebesar 0,3126. Semakin besar *net value* maka semakin kecil nilai EVR. Semakin kecil nilai EVR maka semakin baik dan layak produk tersebut untuk dihasilkan. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai EEI yang telah dihitung sebelumnya.

Semakin besar nilai EVR maka semakin kecil nilai EEInya, begitu juga sebaliknya jika EEI semakin besar maka nilai EVR semakin kecil. Perhitungan EVR ini digunakan sebagai *input* pada tahap penentuan tingkat eko-efisiensi dari produk batik cap.

Hasil dari nilai EVR tersebut digunakan untuk menghitung nilai EER produk batik cap dengan cara nilai dari EVR dikurangkan dengan 1. Nilai akhir EER tersebut menunjukkan tingkat eko efisiensi dari produk batik cap pewarna kimia. Tabel 6 merupakan nilai EER batik pewarna kimia

Nilai yang terdapat pada Tabel 6 menunjukkan nilai EER dari pewarna kimia baru sebesar 68,74%. Nilai eko-efisiensi akan menjadi lebih kecil apabila nilai *eco-costs* semakin tinggi dan net valuenya semakin rendah sehingga eko-efisiensi dari suatu produk akan dinilai semakin buruk. Begitu juga sebaliknya jika semakin rendah nilai *eco-costs* dan semakin tinggi *net valuenya* maka dapat dikatakan nilai eko-efisiensi produk tersebut akan lebih baik.

### Usulan Perbaikan untuk Meningkatkan Tingkat Efisiensi

Eko efisiensi merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. Oleh karena itu jika ingin meningkatkan eko efisiensi pada batik cap pewarna kimia pelaku industri batik harus menerapkan produksi bersih/ramah lingkungan sehingga *eco-cost* nya semakin rendah. Alternatif strategi yang dapat digunakan untuk menciptakan produksi bersih adalah dengan menggunakan pewarna alternatif (pewarna alami) dan menerapkan strategi *End of Life* (EoL). EoL merupakan suatu strategi untuk meningkatkan eko-efisiensi dari proses produksi dan penggunaan material pembuatan batik cap pewarna kimia. Strategi pemanfaatan *non product output* (NPO) dari pembuatan batik cap pewarna kimia dilakukan agar dapat meminimalisir NPO yang terbuang berupa limbah cair dan padat. Manfaat dari usulan-usulan ini adalah mewujudkan produksi bersih yang ramah lingkungan, dengan resiko peningkatan biaya produksi.

Tabel 7 merupakan usulan-usulan perbaikan dan penerapan EoL yang dapat dilakukan mengenai penggunaan material produk batik cap pewarna kimia.

### Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan *Life Cycle Assessment* yang telah dilakukan, *eco cost* untuk

**Tabel 7.** Usulan perbaikan dan penerapan EoL produksi batik cap

Usulan perbaikan	Perbaikan
Konversi bahan bakar	Mengganti penggunaan bahan bakar minyak tanah dalam proses produksi batik baik pewarna kimia maupun alam dengan gas LPG 3 kg.
Pembuatan kowen sederhana	Menyaring malam dari limbah pelorodan untuk dimanfaatkan kembali dan mengurangi pencemaran lingkungan.
Pembuatan jalur pembuangan limbah cair.	Mengurangi pencemaran lingkungan dengan pembuatan jalur khusus untuk pembuangan limbah cair.
Pembuatan cerobong asap	Pembuatan cerobong asap untuk mengalirkan asap pembakaran kayu ke udara terbuka yang lebih tinggi agar mengurangi dampak negatif bagi kesehatan pekerja.

produk batik cap pewarna kimia adalah sebesar Rp 188.028,32 dengan tingkat eko efisiensi sebesar 68,74%. Batik cap pewarna kimia tergolong pada kategori tidak sustain tetapi *affordable*. Untuk meningkatkan tingkat eko efisiensi bisa dilakukan dengan menaikkan harga jual, mengurangi biaya produksi atau menciptakan produksi bersih yang bisa dilakukan dengan menggunakan bahan pewarna alternatif (pewarna alami) dan menerapkan strategi EoL melalui konversi bahan bakar, pembuatan kowen sederhana, pembuatan jalur pembuangan limbah cair dan pembuatan cerobong asap.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan dukungan dana "Hibah Strategi Nasional" dalam pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

1. Aka, C. K., *Pekalongan Inspirasi Indonesia*. Pekalongan: Kirana Pustaka Indonesia, 2008.
2. BPS Kota Pekalongan, *Data Kluster Batik Kota Pekalongan*, 2011.
3. Ding, M., Chen and Liu, Optimal Design Approach for Eco-efficient Machine Tool Bed, *International Journal Mechan Mater*, 6, 2010, pp. 351-358.
4. Gutierrez, Y. B., Adenso-Diaz B., and Lozano, S., Eco-efficiency of Electric and Electronic Appliances: A Data Envelopment Analysis, *Environment Model Assessment*, 14, 2009, pp. 439-447.
5. Klunder, G., The Search for the Most Eco-efficient Strategies for Sustainable Housing Construction, *Journal of Housing and the Built Environment*, 19, 2004, pp. 111-126.

6. Lestari, F., *Bahaya Kimia. Sampling dan Pengukuran Kontaminan di Udara*, Jakarta: Buku Kedokteran EGC, 2010.
7. Michelsen, O., and Fet, A. M., Using Eco-efficiency in Sustainable Supply Chain Management: A Case Study of Furniture Production, *Clean Technology Environment Policy*, 12, 2010, pp. 561-570.
8. Pelletier, N., Arsenault, N., and Tyedmers, P., Scenario Modeling Potential Eco-efficiency Gains from a Transition to Organic Agriculture: Life Cycle Perspectives on Canadian Canola, Corn, Soy and Wheat Production, *Environment Management*, 42, 2008, pp. 989-100.
9. PRE, *Introduction to LCA with SimaPro 7*: Product Ecology Consultants, 2007.
10. PRE, *SimaPro 7 Tutorial*: Product Ecology Consultants, 2007.
11. ProLH, GTZ, *Panduan Penerapan Eko-efisiensi Usaha Kecil dan Menengah Sektor Batik*. Jakarta: Kementrian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2007.
12. Tak Hur, Song, T. L., and Hye, J. L., *A Study on The Eco-efficiencies for Recycling Methods of Plastics Wastes*, Departement of Material Chemistry and Engineering Konkuk University, Seoul Korea, 2003.
13. Thant, M. M., and Charmondusit, K., Eco-efficiency Assessment of Pulp and Paper Industry in Myanmar, *Clean Technology Environment Policy*, 12, 2010, pp. 427-439.
14. Vogtlander, The Virtual Eco-costs '99 a Single LCA-based Indicator for Sustainability and the Eco-costs-value ratio (EVR) Model for Economic Allocation, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(3), 2002, pp. 157-166.
15. Vogtlander, The Eco-costs/Value Ratio a Tool to Determine the Long-Term Strategy of De-Linking Economy and Environmental Ecology, *International Journal of Ecodynamics*, 1(2), 2006, pp. 136-148.
16. Vogtlander, *Bamboo a Sustainable Solution for Western Europe, Design Cases, LCAs and Land-Use*, Delft University of Technology, Nederland, 2009.
17. Vogtlander, *LCA-based Assessment of Sustainability: The Eco-costs/Value Ratio (EVR)*. Delft University of Technology, Nederland, 2010.
18. WBCSD-World Business Council for Sustainable Development. *Measuring Eco-efficiency a Guide to Reporting Company Performance*, 2000.
19. Zuhri, A., *Hasil uji laboratorium: Pencemaran Limbah di Karangjampo, Tirto, Pekalongan*. Pekalongan: P3M STAIN, 2012.