Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode Life Cycle Analysis (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)

by Novie Susanto

Submission date: 08-Mar-2022 03:25PM (UTC+0700)
Submission ID: 1779303275
File name: Paper_JIL-NS.docx (143.88K)
Word count: 6651
Character count: 42938

© xxx Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP
JURNAL ILMU LINGKUNGAN
Volume xx Issue x (xxxx

Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode Life Cycle Analysis (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)

Novie Susanto[1], Thomas Triadi Putranto[2], dan Angela Ratih Ayu Pratiwi[1]

[1]Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, e-mail: noviesusanto@ft.undip.ac.id
[2]Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, e-mail: putranto@ft.undip.ac.id

ABSTRAK

Batik merupakan budaya Indonesia yang unik dan harus dilestarikan, tak hanya itu, batik juga telah ditetapkan sebagai warisan budaya dunia. Dalam proses produksi batik tersebut terdapat berbagai dampak negatif terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh besarnya limbah cair yang dihasilkan, penggunaan zat pewarna sintesis, dan sebagainya. Hal tersebut juga terjadi pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan dalam memproduksi batik cap khas yang disebut batik encim. Kampoeng Batik Kauman Pekalongan merupakan kampung batik dengan jumlah Industri Kecil Menengah (IKM) yang cukup besar yaitu sekitar 30 IKM berpotensi untuk menimbulkan dampak lingkungan yang besar pula. Demi menghasilkan produk yang efisien secara ekonomi dan ekologi, perlu dilakukan analisis eko-efisiensi dan besarnya biaya dampak lingkungan yang diperlukan atau *eco-cost* terkait proses produksi dimulai dari awal produksi hingga akhir produk jadi. Pengukuran eko-efisiensi dilakukan menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). Pengukuran LCA dilakukan melalui perhitungan *cost benefit analysis, eco-efficiency index, eco-cost value ratio* dan *eco-efficiency ratio*. Teknik pengambilan data dilakukan melalui wawancara dengan pengurus Omah Kreatif Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, pemilik dan pekerja IKM di Kampoeng Batik Kauman Pekalongan untuk mengetahui hal-hal terkait proses produksi, input, output, dan biaya-biaya yang terkait pada proses produksi. Hasil penelitian menunjukkan nilai eco-cost Rp 69.937,365 untuk setiap lembar batik encim dan nilai eko-efisiensi 1,178 yang lebih dari 1 menandakan produk yang dihasilkan telah menguntungkan dalam aspek ekonomi dan juga sustainable. Hal tersebut menandakan bahwa Kampoeng Batik Kauman Pekalongan harus mempertahankan dan meningkatkan nilai eko-efisiensinya dengan melakukan perbaikan pada proses produksinya menjadi lebih efisien pada aspek ekonomi maupun ekologi.

Kata kunci: Batik Encim, Kampoeng Batik Kauman, Pekalongan, keberlanjutan, eko-efisiensi

ABSTRACT

Batik is a unique Indonesian culture and must be preserved, not only that, but batik has also been established as a world cultural heritage. However, the batik production process can cause various negative impacts on the environment caused by the amount of liquid waste produced, the use of synthetic dyes, etc. This also happened to Kampoeng Batik Kauman Pekalongan in producing the well-known batik cap called batik encim. Kampoeng Batik Kauman Pekalongan is a batik village with a fairly large number of Small and Medium-Sized Entrepreneurs (SMEs) which is around 30 IKM has the potential to cause a large environmental impact as well. For the sake of producing economically and ecologically efficient products, it is necessary to do an eco-efficiency analysis and the number of environmental impact costs required (eco-costs) related to the production process starting from the beginning of production to the end of each finished product. This eco-efficiency measurement is carried out using the Life Cycle Assessment (LCA) method. LCA measurement is performed through the calculation of cost benefit analysis, eco-efficiency index, eco-cost value ratio, and eco-efficiency ratio. The data collection technique was carried out through interviews with the management of Omah Kreatif Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, owners and workers of IKM in Kampoeng Batik Kauman Pekalongan to find out things related to the production process, inputs, outputs, and costs related to the production process.The results showed the eco-cost value of Rp 69,937,365 was obtained for each encim batik and an eco-efficiency value of 1.178 which was more than 1 indicates that the product produced was profitable in economic terms and also sustainable. This indicates that Kampoeng Batik Kauman Pekalongan must maintain and increase its eco-efficiency value by making improvements in its production process to be more efficient in economic and ecological aspects.

Keywords: Batik Encim, Kampoeng Batik Kauman, Pekalongan, sustainability, eco-efficiency

1. Pendahuluan

Industri batik merupakan salah satu industri yang berkembang pesat dan membawa dampak positif bagi perekonomian nasional. Hal ini sejalan dengan kontribusinya melalui capaian nilai ekspor serta serapan tenaga kerja yang cukup banyak. Industri batik memiliki peran penting sebagai penyumbang devisa negara karena memiliki pasar ekspor yang besar misalnya di Jepang, Amerika Serikat, maupun Eropa.

Industri Kecil Menengah (IKM) memiliki peran vital dalam peningkatan nilai ekspor batik. IKM sendiri merupakan industri yang berskala industri kecil dan menengah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2012), sekitar 61,57% dari penyerapan tenaga kerja pada sektor industri dilakukan oleh IKM. Hingga saat ini, untuk IKM batik sendiri telah tersebar di 101 sentra seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, D.I.Yogyakarta dan Jawa Timur. Di provinsi Jawa Tengah terdapat beberapa daerah yang terkenal sebagai penghasil batik, salah satunya adalah Kota Pekalongan. Kota Pekalongan berkembang menjadi pusat batik terbesar di Jawa dan sering disebut sebagai Kota Batik karena sebagian besar masyarakat Pekalongan memiliki sumber pendapatan dari industri batik tersebut (Aka, 2008). Berdasarkan data Dinas Perindustrian dan Tenaga Kerja Kota Pekalongan didapatkan bahwa jumlah IKM batik di Kota Pekalongan saat ini sebanyak 1.081 unit dengan penyerapan tenaga kerja mencapai 12.937 orang. Nilai ekspor produk batik Kota Pekalongan juga mencapai USD 427 ribu di tahun 2015 (Kementerian Perindustrian, 2017). Terdapat beberapa sentra batik di Pekalongan, salah satunya Kampoeng Batik Kauman.

Kampoeng Batik Kauman Pekalongan merupakan kampung batik dengan jumlah IKM terbanyak dibandingkan dengan kampung batik lain yang ada di Pekalongan. Pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, terdapat batik khas yang dinamakan batik encim. Dalam proses produksi batik encim ini, salah satu penggunaan material yang berdampak buruk terhadap lingkungan adalah pewarna sintesis (misalnya *naphtol*) yang mengandung bahan kimia. Selain itu, juga masih menggunakan bahan bakar kayu yang dapat menimbulkan debu dan berpotensi terhirup oleh manusia. Kemudian, belum ada pengukuran terkait tingkat sustainabilitas dalam proses produksi batik encim itu sendiri. Pengukuran terkait dampak dari proses produksi batik encim pada Kampoeng Batik Kauman di Kota Pekalongan ini perlu dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Assesment* (LCA). LCA akan mengukur dampak dari segi ekonomi dan segi lingkungan. Dengan menggunakan LCA maka dapat dianalisis tingkat eko-efisiensi dan *eco-cost* atau biaya yang timbul akibat penanggulangan limbah pada proses produksi batik encim. Berbagai penelitian terkait penggunaan LCA telah dibahas dalam banyak studi (Lehtinen *et al.*, 2011; Lewis and Demmers, 2013; Purwaningsih *et al.*, 2020a, Purwaningsih *et al.*, 2020b, Rebitzer, 2004 dan Tak Hur *et al.*, 2003)

Pengukuran ini dilakukan guna mewujudkan suatu proses produksi batik encim yang berkelanjutan di Kampoeng Batik Kauman Pekalongan maka semua penggunaan sumber daya mulai dari bahan baku, air, dan sumber daya produksi lainnya harus digunakan secara optimal karena jika tidak akan menyebabkan inefisiensi yang menimbulkan kerugian secara ekonomi. Selain ekonomi, lingkungan juga akan terkena dampak yaitu pencemaran

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Life Cycle Assessment

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan salah satu metode untuk menganalisis beban lingkungan dari proses pembuatan produk selama siklus hidupnya (Sonnemann, Castells, & Schuhmacher, 2003). LCA juga sering digunakan sebagai alat pendukung keputusan analitis (Khasreen, Banfill, & Menzies, 2009). Metodologi LCA didasarkan pada ISO 14040 yang terdiri dari empat langkah analitis yaitu mendefinisikan tujuan dan ruang lingkup, menciptakan inventaris siklus hidup (*life cycle inventory)*, menilai dampak (*Life cycle impact assessment)* dan menginterpretasi hasil.

2.2. Eko-Efisiensi

Secara umum, eko-efisiensi merupakan konsep efisiensi sumberdaya yang meminimasi penggunaan sumberdaya produksi, dan efisiensi aktivitas ekonomi, hal ini juga berkaitan dengan *waste* yang dihasilkan selama proses produksi berlangsung.

Nilai *eco-cost* diperoleh dari penjumlahan biaya atau yang biasa disebut sebagai *eco costs of material depletion*, penjumlahan dari konsumsi energi yang juga disebut sebagai *eco costs of energy*, serta penjumlahan dari biaya yang disebabkan oleh emisi *(eco costs of emissions)*. Perhitungan tingkat eko-efisiensi dimulai dari *cost benefit analysis, eco-efficiency index, eco-cost value ratio*, dan *eco-efficiency ratio*.

a. *Cost Benefit Analysis*
   Tahap ini bertujuan untuk mengetahui nilai *net value* dari suatu produk. *Net value* diperoleh dengan mengurangi keuntungan yang didapat perusahaan dari harga jual batik dengan biaya produksi atau *cost of goods manufactured*.
b. *Eco-Efficiency Index* (EEI)
   Perhitungan EEI digunakan untuk mengetahui nilai status *affordable* dan *sustainable* dari proses produksi suatu produk. Input EEI adalah *eco-cost* yang dihasilkan dan *net value* produk berdasar input nilai rasio kelayakan keuntungan (*benefit cost*). Perhitungan EEI dapat dilihat pada persamaan 2.1 (Purwaningsih, Simanjuntak, & F., 2020):

$$EEI = \frac{Net\ Value}{Eco\ Cost} \quad \text{.....(2.1)}$$

   Klasifikasi status EEI adalah *affordable* dan *sustainable* (EEI>1), *affordable* namun tidak

sustainable (EEI=0–1), tidak *affordable* dan tidak *sustainable* (EEI < 0).

c. *Eco-Cost Value Ratio* (EVR)
Nilai EVR didapatkan dengan membagi nilai *eco-cost* dengan nilai *net value*. Input berupa besarnya *eco-cost* dan *net value* produk, kemudian output yang dihasilkan berupa nilai rasio EVR sehingga dapat diketahui rasio *eco-cost* dengan *net value*. Perhitungan EVR dapat dilihat pada persamaan 2.2 (Vogtlander, 2010).

$$EVR = \frac{Eco\ cost}{Net\ value} \quad \text{.....(2.2)}$$

d. *Eco-Efficiency Ratio* (EER)
EER merupakan tahap perhitungan akhir pengukuran eko-efisiensi terhadap proses produksi suatu produk. Perhitungan ERR diperoleh dari pengurangan nilai *net value* dengan nilai *eco-cost* atau dengan cara nilai dari EVR yang diperoleh dikurangkan dengan 1. Cara perhitungan EER *Rate* dapat dilihat pada persamaan 2.3 (Vogtlander, 2010).

$$EER\ Rate = (1 - EVR)\ x\ 100\% \text{.....(2.3)}$$

3. Metode Penelitian

Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan studi pustaka, penelitian lapangan, wawancara, dan analisis data sekunder. Penelitian ini bersifat analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam perhitungan *eco-cost, eco-efficiency*, dan penilaian *water footprint*. Kemudian, pendekatan kualitatif digunakan untuk menganalisis hasil pengolahan data sehingga dapat memberikan rekomendasi yang sesuai. Tabel 1 merupakan variabel penelitian yang diamati pada penelitian ini.

Pengumpulan data menggunakan metode wawancara dilakukan dengan pengurus Omah Kreatif Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, pemilik dan pekerja IKM di Kampoeng Batik Kauman Pekalongan untuk mengetahui hal-hal terkait proses produksi, input, output, dan biaya-biaya yang terkait pada proses produksi.

Pada LCA, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* SimaPro v.9.0.0.49 dengan metode *Eco-Indicator* 99 untuk mendapatkan nilai *eco-efficiency index* dan *eco-cost* selama proses produksi batik encim mulai dari kain dipotong hingga menjadi batik jadi serta dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan. Perhitungan eko-efisiensi dimulai dari *cost benefit analysis, eco-efficiency index, eco-cost value ratio*, dan *eco-efficiency ratio*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. *Life Cycle Analysis*

Pada tahap *goal and scope* akan ditentukan tujuan dan batasan dari penelitian. *Goal* penelitian ini adalah melakukan identifikasi dan penilaian dampak dan biaya lingkungan yang timbul saat proses produksi batik encim. *Scope* dari penelitian ini adalah:

1. Sistem yang akan dievaluasi adalah sistem produksi batik encim dimulai dari proses pemotongan, pengecapan, pencoletan, pencabutan, pewarnaan pertama, pencantingan, pewarnaan kedua, nglorod, pencucian sabun, pencucian pertama, pencucian kedua, dan penjemuran.
2. Input pada LCA berupa bahan baku yang digunakan pada proses produksi sedangkan output berupa *waste* yang dihasilkan. Input dan output dalam satuan massa (kg dan g) dan satuan volume (oz).
3. Perhitungan dilakukan menggunakan *software* SimaPro v.9.0.0.49 dengan metode *Eco-Indicator* 99 versi 2.10. Output dari *software* SimaPro berupa dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi dari segi *human health, ecosystem quality*, dan *resources* lalu diolah menjadi biaya lingkungan (*eco-cost*) dalam satuan mata uang Euro menggunakan faktor pembobotan yang tersedia pada *database* yang digunakan kemudian dikonversikan dalam satuan mata uang Rupiah.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Tahapan	Input	Output	Teknik Pengambilan Data
Life Cycle Assessment	Bahan Baku Pewarna Rapid (gr) Bahan Baku Pewarna Naphtol (gr) Bahan Baku Kain Mori (kg) Bahan Baku Malam (gr) Bahan Baku Kaporit (gr) Kebutuhan Air (Liter) Sisa Bahan Baku yang tidak terpakai (kg) Besarnya Limbah Cair (Liter)	Besarnya dampak lingkungan yang dihasilkan dan biaya lingkungan (*eco-cost*)	Wawancara dan Observasi
Cost Benefit Analysis	Biaya Bahan Baku (Rp) Biaya Tenaga Kerja (Rp) Harga Jual Produk (Rp)	*Net Value* Produk (Rp)	Wawancara dan Observasi
Eco-Efficiency Index (EEI)	*Net Value* Produk (Rp) *Eco-Cost* (Rp)	Nilai Indikator Lingkungan	Hasil Pengolahan Data
Eco-Cost per Value Ratio (EVR)	*Eco-Cost* (Rp) *Net Value* Produk (Rp)	Nilai EVR	Hasil Pengolahan Data
Eco-Efficiency Ratio (EER) *Rate*	Nilai EVR	Tingkat Eko-Efisiensi Produk	Hasil Pengolahan Data

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tahap kedua yaitu fase *Life Cycle Inventory* (LCI) yang menunjukkan *input* (kain, malam, pewarna, dan lain sebagainya) dan *output* (limbah air, limbah malam, dan sebagainya) yang terkait dengan batik encim selama proses produksi yang telah ditentukan. Gambar 1 menunjukkan aliran proses untuk memproduksi 10 lembar batik encim. Pada gambar tersebut dapat diketahui *input* yang digunakan, *output* yang dihasilkan yaitu batik encim dan *non product output*. Tabel 2 merupakan tabel *Life Cycle Inventory* yang menunjukkan *input* pada proses produksi batik encim yang didapatkan dari Gambar 1.

Tabel 3 merupakan tabel *Life Cycle Inventory* berupa *output* dari proses produksi batik encim yang didapatkan dari Gambar 1. Tahap selanjutnya dari LCA adalah fase *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). yang bertujuan untuk menilai dampak lingkungan yang dihasilkan dari sistem terhadap produk yang diteliti. LCIA menggunakan metode *Eco-Indicator* 99 versi 2.10 pada *software* Simapro v.9.0.0.49 yang terbagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama adalah karakterisasi, tahap kedua adalah normalisasi, tahap ketiga adalah pembobotan, dan tahap keempat adalah *single score*.

Tahap karakterisiasi merupakan tahap untuk mengidentifikasi faktor produksi dan mengelompokkannya ke dalam beberapa kategori berdasarkan dampak lingkungan pada metode yang digunakan. Metode *Eco-Indicator* 99 versi 2.10 yang digunakan membagi 3 penilaian kerusakan menjadi 11 kategori dampak. Output karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tahap normalisasi merupakan tahapan yang bertujuan untuk menilai sejauh mana suatu aktivitas berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Nilai pada normalisasi adalah hasil perkalian antara nilai karakterisasi dengan faktor normalisasi, dimana semua kategori dampak telah menggunakan satuan unit yang sama. Tabel 6 dan Tabel 7 merupakan tabel normalisasi untuk setiap kategori dampak pada pengolahan data proses produksi batik encim dengan *software* SimaPro.

Tahap pembobotan merupakan suatu tahapan pemberian bobot untuk masing-masing kategori dampak lingkungan. Faktor pembobotan mempunyai nilai yang berbeda-beda tergantung dari metode yang digunakan dan tingkat kepentingan dari kategori dampak. Pada pembobotan dengan metode *Eco-Indicator* 99 ini, dampak diolah dan dijadikan ke dalam satuan mata uang yaitu Euro 2015. Faktor pembobotan untuk semua kategori dampak adalah 400. Nilai pembobotan untuk kategori dampak dapat dilihat pada Gambar 2.

Tahap *single score* merupakan tahapan yang bertujuan untuk mengklasifikasi nilai kategori dampak dari setiap proses atau aktivitas. Berdasarkan nilai dari *single score*, dapat diketahui poses atau aktivitas mana yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan maupun kerusakan. Pada produksi batik encim ini, diperoleh total nilai *eco-cost* sebesar Rp 699.373,647 untuk 1 batch berisi 10 lembar batik encim atau sebesar Rp 69.937,365 untuk 1 lembar batik encim. Artinya, IKM Kampoeng Batik Kauman Pekalongan harus mengeluarkan biaya penanggulangan dampak lingkungan untuk setiap lembar batik encim sebesar Rp 69.937,365. Gambar 3 merupakan diagram nilai *single score* pada setiap proses dalam memproduksi batik encim.

Net value didapatkan dengan *Cost Benefit Analysis* (CBA) yaitu berdasarkan keuntungan dikurangi dengan total biaya yang dikeluarkan. Biaya produksi yang meliputi biaya bahan (bahan baku utama dan pendukung) sebesar Rp 726.000,- dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp 450.000,-. Total biaya yang diperlukan dalam memproduksi 10 lembar batik encim adalah sebesar Rp 726.000 + Rp 450.000 = Rp 1.176.000 atau sebesar Rp 117.600 untuk satu lembarnya. *Net Benefit cost* dari batik encim berasal dari selisih harga penjualan dengan biaya produksi. Harga penjualan satu lembar batik encim adalah Rp 200.000.

Net value = Harga Jual – Biaya Produksi
Net value = 200.000 – 117.600 = 82.400 per lembar

4.2. *Eco-Efficiency Index (EEI)*

Nilai indikator lingkungan dapat dilihat dari indeks eko-efisiensi suatu produk. Perhitungan indeks eko-efisiensi bertujuan untuk mengetahui apakah produksi batik encim ini sudah efisien dalam segi ekonomi dan ekologi.

Affordable berarti produk sudah efisien dari segi ekonomi. *Sustainable* berarti produk sudah efisien dari segi ekologi atau dapat dikatakan sebagai produk yang memperhatikan keberlanjutan dari sisi lingkungan hidup.

Berikut perhitungan nilai indeks eko-efisiensi dari produksi batik encim.

$$EEI = \frac{Net\ Value}{Eco\ Cost}$$

$$EEI = \frac{82.400}{69.937,365}$$

EEI = 1,178

4.3. *Eco-Cost Value Ratio* (EVR)

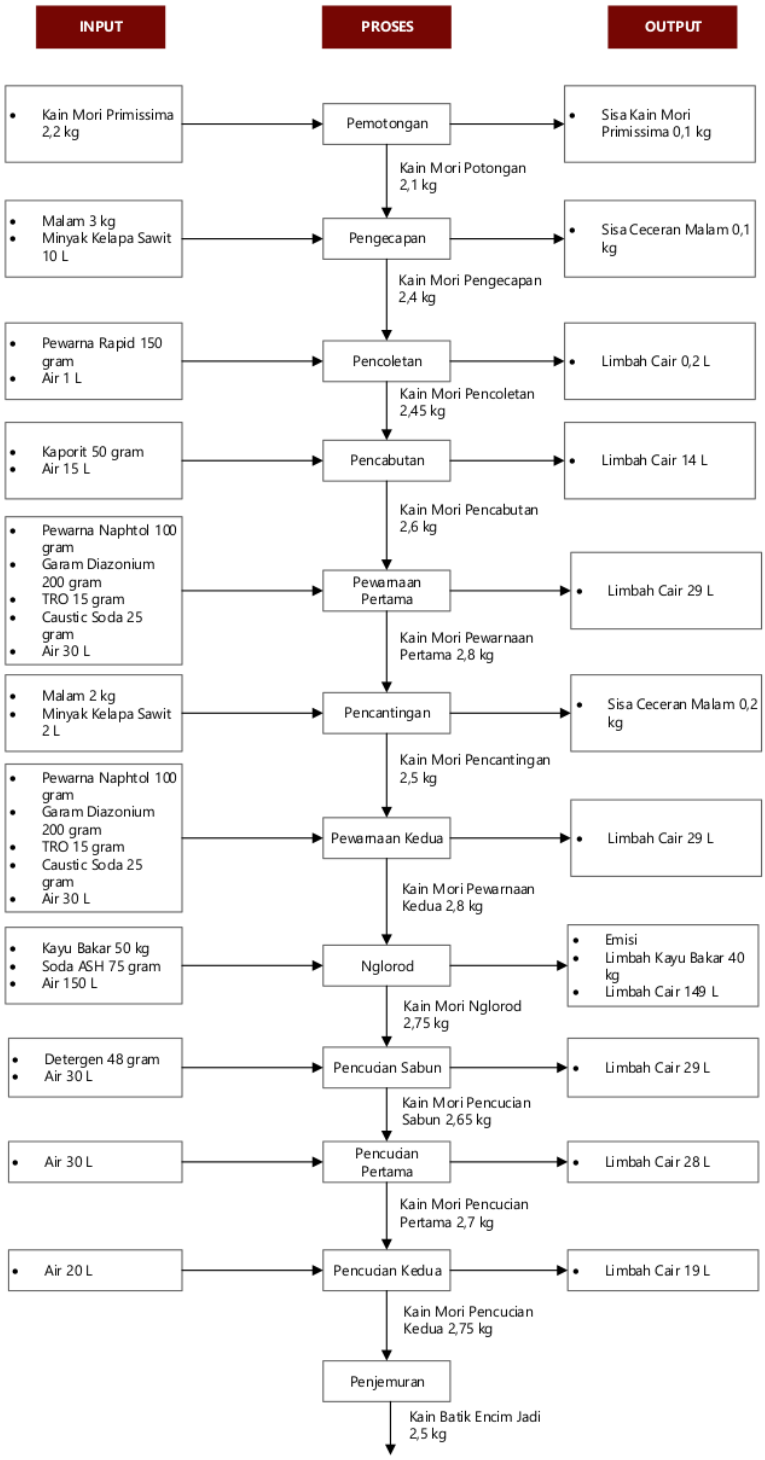
Nilai EVR didapatkan dengan membagi nilai *eco-cost* dengan *net value*. Berikut merupakan perhitungan nilai EVR untuk batik encim.

EVR = *Eco-cost / Net Value*
EVR = 69.937,365 / 82.400
EVR = 0,849

4.7 *Eco-Efficiency Ratio Rate*

Tahap terakhir dalam perhitungan eko-efisiensi adalah perhitungan *eco-efficiency ratio rate*. Perhitungan ini diperoleh dari 1 dikurangi nilai EVR yang kemudian nilai tersebut dikali dengan 100%. Berikut perhitungan EER Rate untuk batik encim.

EER = (1 - EVR) x 100%
EER = (1 – 0,849) x 100% = 15,125%



Gambar 1. Aliran Proses Produksi Batik Encim

Tabel 2. Input LCI Batik Encim

Input	Jumlah	Unit		Spesifik
Material	Kain Mori Primissima	kg	2,2	Proses pemotongan
	Malam	kg	3	Pada proses pengecapan dan pencantingan untuk membentuk motif yang dikehendaki
	Minyak Kelapa Sawit	L	12	Campuran dalam pembuatan malam
	Pewarna *Rapid*	g	150	Pewarna pada proses pencoletan
	Air	L	306	Campuran pada proses pencoletan dan pencabutan serta diperlukan pada proses nglorod dan pencucian
	Kaporit	g	50	Pada proses pencabutan digunakan untuk membersihkan cat dan malam yang keluar dari motif yang dikehendaki
	Pewarna *Napthol*	g	200	Pewarna pada proses pewarnaan
	Garam Diazonium	g	400	Campuran pewarna *naphtol*
	TRO	g	30	Campuran pewarna *naphtol*
	Caustic Soda	g	50	Campuran pewarna *naphtol*
	Kayu Bakar	kg	50	Pada proses nglorod untuk memanaskan air
	Soda ASH	g	75	Pada proses nglorod untuk meluruhkan malam pada kain
	Detergen	g	48	Pada proses pencucian dengan sabun untuk membersihkan kain

Tabel 1. Output LCI Batik Encim

Output		**Jumlah**	**Unit**	**Spesifik**
Product Output	Batik Encim	2,5	kg	Produk Akhir
Non Product Output	Sisa Kain Mori	0,1	kg	Limbah pada proses pemotongan
	Sisa Ceceran Malam	0,3	kg	Limbah pada proses pengecapan dan pencoletan
	Limbah Cair	298,2	L	Limbah dari proses pencoletan, pencabutan, dan sebagainya
	Limbah Kayu Bakar	40	kg	Limbah dari proses nglorod

Tabel 4. Output Karakterisasi (1)

Impact Category	**Unit**	**Pemotongan**	**Pengecapan**	**Pencoletan**	**Pencabutan**	**Pewarnaan Pertama**	**Pencantingan**
Carcinogens	DALY	9,88E-06	1,00E-05	9,88E-06	9,32E-06	8,78E-06	1,01E-05
Resp. Organics	DALY	7,90E-09	2,34E-08	2,31E-08	2,17E-08	2,04E-08	2,60E-08
Resp. Inorganics	DALY	2,61E-05	3,10E-05	3,05E-05	2,88E-05	2,70E-05	3,18E-05
Climate Change	DALY	4,55E-06	6,26E-06	6,16E-06	5,81E-06	5,44E-06	6,53E-06
Radiation	DALY	5,44E-08	5,11E-08	5,03E-08	4,74E-08	4,46E-08	5,06E-08
Ozone Layer	DALY	5,86E-08	5,15E-08	5,05E-08	4,76E-08	4,43E-08	4,96E-08
Ecotoxicity	PDF*m2yr	9,1605	9,5999	9,4596	8,9198	8,3919	9,7036
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,4830	0,6493	0,6386	0,6020	0,5639	0,6752
Land Use	PDF*m2yr	9,1007	16,5503	16,2144	15,2792	14,1913	17,5391
Minerals	MJ surplus	0,2371	0,2788	0,2766	0,2609	0,2493	0,2929
Fossil Fuels	MJ surplus	16,9209	16,9539	16,7249	15,7749	14,9028	17,1051

Tabel 5. Output Karakterisasi (2)

Impact Category	Unit	Pewarnaan Kedua	Nglorod	Pencucian Sabun	Pencucian Pertama	Pencucian Kedua	Penjemuran
Carcinogens	DALY	9,13E-06	9,48E-06	9,87E-06	9,69E-06	9,51E-06	1,05E-05
Resp. Organics	DALY	2,35E-08	2,73E-08	2,84E-08	2,79E-08	2,74E-08	3,01E-08
Resp. Inorganics	DALY	2,87E-05	3,05E-05	3,17E-05	3,12E-05	3,06E-05	3,37E-05
Climate Change	DALY	5,88E-06	6,25E-06	6,50E-06	6,38E-06	6,26E-06	6,89E-06
Radiation	DALY	4,57E-08	4,85E-08	5,04E-08	4,94E-08	4,85E-08	5,34E-08
Ozone Layer	DALY	4,44E-08	4,55E-08	4,72E-08	4,63E-08	4,55E-08	5,00E-08
Ecotoxicity	PDF*m2yr	8,7732	9,4975	9,8874	9,7043	9,5278	10,4806
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,6078	0,6610	0,6868	0,6741	0,6619	0,7280
Land Use	PDF*m2yr	15,6634	21,4299	22,2397	21,8279	21,4310	23,5741
Minerals	MJ surplus	0,2685	0,2918	0,3052	0,2995	0,2941	0,3235
Fossil Fuels	MJ surplus	15,5271	18,1933	18,9260	18,5755	18,2377	20,0615

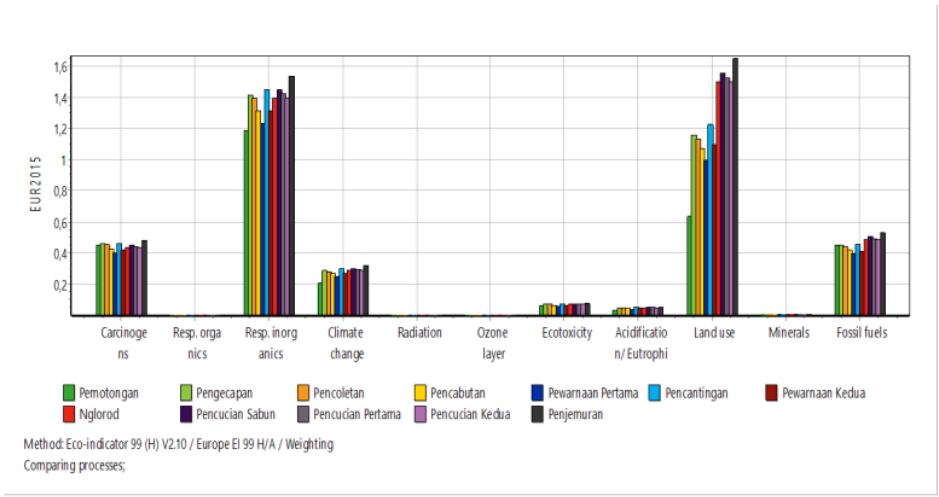
Tabel 6. Output Normalisasi (1)

Impact Category	Unit	Pemotongan	Pengecapan	Pencoletan	Pencabutan	Pewarnaan Pertama	Pencantingan
Carcinogens		0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0012
Resp. Organics		9,02E-07	2,67E-06	2,63E-06	2,48E-06	2,33E-06	2,97E-06
Resp. Inorganics		0,0030	0,0035	0,0035	0,0033	0,0031	0,0036
Climate Change		0,0005	0,0007	0,0007	0,0007	0,0006	0,0007
Radiation		6,21E-06	5,83E-06	5,74E-06	5,41E-06	5,08E-06	5,77E-06
Ozone Layer		6,68E-06	5,87E-06	5,76E-06	5,43E-06	5,05E-06	5,67E-06
Ecotoxicity		0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002
Acidification/ Eutrophication		8,44E-05	0,000113	0,000112	0,000105	9,86E-05	0,000118
Land Use		0,0016	0,0029	0,0028	0,0027	0,0025	0,0031
Minerals		3,14E-05	3,69E-05	3,66E-05	3,46E-05	3,30E-05	3,88E-05
Fossil Fuels		0,0022	0,0022	0,0022	0,0021	0,0020	0,0023

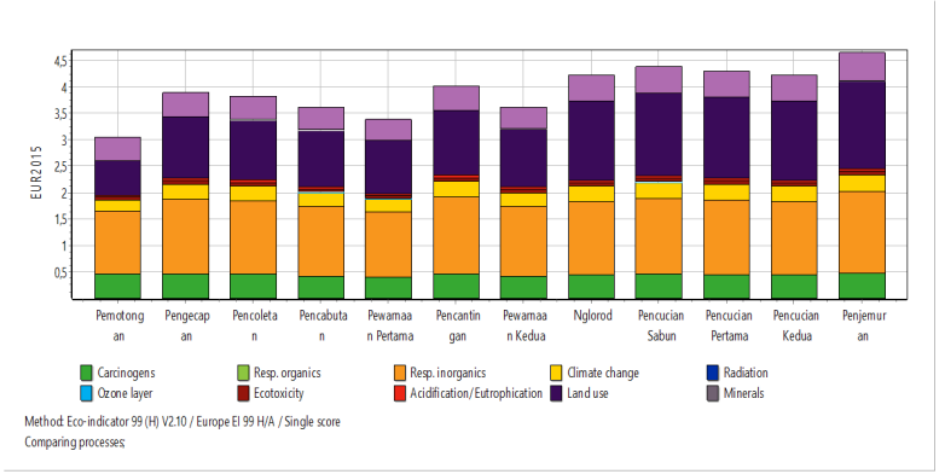
Tabel 7. Output Normalisasi (2)

Impact Category	Unit	Pewarnaan Kedua	Nglorod	Pencucian Sabun	Pencucian Pertama	Pencucian Kedua	Penjemuran
Carcinogens		0,0010	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0012
Resp. Organics		2,68E-06	3,12E-06	3,24E-06	3,18E-06	3,12E-06	3,43E-06
Resp. Inorganics		0,0033	0,0035	0,0036	0,0036	0,0035	0,0038
Climate Change		0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008
Radiation		5,31E-06	5,53E-06	5,75E-06	5,64E-06	5,54E-06	6,09E-06
Ozone Layer		5,07E-06	5,19E-06	5,38E-06	5,28E-06	5,19E-06	5,71E-06
Ecotoxicity		0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Acidification/ Eutrophication		0,000106	0,000116	0,000120	0,000118	0,000116	0,000127
Land Use		0,0027	0,0037	0,0039	0,0038	0,0037	0,0041
Minerals		3,56E-05	3,87E-05	4,04E-05	3,97E-05	3,90E-05	4,29E-05
Fossil Fuels		0,0021	0,0024	0,0025	0,0025	0,0024	0,0027

© 2017, *Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP*



Gambar 2. Pembobotan Kategori Dampak



Gambar 3. Diagram Nilai *Single Score*

4.8 Analisis

Karakterisasi merupakan tahapan dalam mengidentifikasi dampak dari penggunaan input dari *Life Cycle Inventory* (LCI). Kategori kerusakan pada metode *Eco-Indicator* 99 terbagi menjadi *human health, ecosystem quality*, dan *resources* yang memiliki kategori dampaknya masing-masing.

a. *Human Health*

Human Health atau Kesehatan Manusia mengandung gagasan bahwa setiap manusia baik di masa sekarang maupun masa yang akan datang harus bebas dari berbagai penyakit menular, cacat, maupun kematian dini. Unit satuan pad *human health* adalah DALY atau *Disability Adjusted Life Year*. Kategori dampak pada *human health* terbagi menjadi:

- *Carcinogens* atau karsinogen merupakan suatu zat yang menyebabkan penyakit kanker. Karsinogen dapat berupa bahan kimia, virus, maupun benda padat (Klaunig & Wang, 2014).
- *Resp. Organics* merupakan suatu keadaan terganggunya kesehatan manusia terutama pada sistem pernapasan manusia yang disebabkan dari efek penggunaan bahan organik tertentu. Berdasarkan *database* dari SimaPro v.9.0.0.49, bahan organik tersebut misalnya *Benzene, Toulene, Xylene*, VOC (*Volatile Organic Compounds*), Parafin, dan lain sebagainya.
- *Resp. Inorganics* ini sama dengan *respiratory organics*, perbedaannya

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

adalah emisi penyebab *respiratory inorganics* adalah penggunaan bahan inorganik. Berdasarkan *database* dari SimaPro v.9.0.0.49, bahan inorganik tersebut misalnya Ammonia, Nitrogen Dioksida, Nitrogen Monoksida, Sulfur Dioksida, Sulfur Monoksida, dan lain sebagainya.

- *Climate Change* atau perubahan iklim merupakan fenomena perubahan cuaca di dunia yang terkait dengan peningkatan suhu rata-rata global. Perubahan iklim ini berdampak pada mencairnya es di kutub utara dan selatan sehingga tinggi permukaan air dapat meningkat dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Intergovermental Panel on Climate Change, 2019).
- *Radiation* atau radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu ruang dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik/cahaya dari sumber radiasi. Sumber radiasi terbagi menjadi dua yaitu sumber radiasi alam dan sumber radiasi buatan. Sumber radiasi alam misalnya sumber radiasi kosmik dan sumber radiasi dari dalam tubuh manusia, sedangkan sumber radiasi buatan misalnya sinar-x dan reaktor nuklir (Asriwati, 2017).
- *Ozone Layer Depletion* atau penipisan lapisan ozone adalah suatu fenomena menipisnya lapisan di atmosfer bumi yang mengandung konsentrasi ozon (O_3) yang relatif tinggi (Sivasakthivel & Reddy, 2011).

b. *Ecosystem Quality*

Ecosystem Quality atau Kualitas Ekosistem mengandung gagasan bahwa setiap spesies non-manusia tidak boleh menderita akibat perubahan populasi dan geografi. Unit satuan pada *ecosystem quality* adalah PDF*m^{2}yr atau *Potentially Disappeared Fraction of Species*. Kategori dampak dari *ecosystem quality* terbagi menjadi:

- *Ecotoxicity* merupakan suatu keadaan menurun atau rusaknya kualitas ekosistem akibat emisi zat ekotoksik yang mencemari udara, air, maupun tanah (Muthu, Li, Hu, & Mok, 2009).
- *Acidification/Eutrophication*, *acidification* atau pengasaman merupakan suatu fenomena yang disebabkan oleh sulfur dan nitrogen oksida yang dipancarkan dari sumber alami dan sumber antropogenik (timbul akibat pengaruh aktivitas manusia) (Pawlowski, 1996). Sedangkan *eutrophication* atau eutrofikasi adalah hasil dari peningkatan nutrisi yang berlebihan sehingga dapat menyebabkan percepatan pertumbuhan ganggang dan tanaman serta berdampak pada ekosistem perairan seperti hilangnya keanekaragaman hayati perairan dan tumbuhnya ganggang beracun dengan sangat cepat (European Environment Agency, 2016).
- *Land Use* merupakan suatu kategori dampak yang terdiri dari konsekuensi lingkungan, yang berdampak pada lingkungan akibat penggunaan lahan itu sendiri misalnya melalui penanaman monokultur atau vegetasi buatan, alih fungsi lahan, dan lain sebagainya (Brentrup, Küsters, Lammel, & Kuhlmann, 2002).

c. *Resources*

Resources atau Sumberdaya mengandung gagasan bahwa pasokan dari alam yang berupa benda mati dan penting bagi kehidupan manusia harus tersedia tidak hanya untuk generasi sekarang namun juga untuk generasi mendatang. Unit satuan pada *resources* adalah MJ *Surplus*. Kategori dampak dari *resources* terbagi menjadi:

- *Minerals* merupakan suatu padatan senyawa kimia homogen, non organic, dan memiliki bentuk kristal secara alami. Pada sumber daya mineral, parameter kualitas yang paling penting adalah konsentrasi. Semakin rendah konsentrasinya maka akan semakin besar upaya untuk mengekstraksinya (Kaya, 2001).
- *Fossil Fuels* atau bahan bakar fosil meliputi batu bara, gas alam, minyak bumi, minyak serpih, dan bitumen merupakan sumber utama panas dan energi listrik (Chmielewski, 1999)

Berdasarkan hasil normalisasi didapatkan bahwa dampak lingkungan terbesar dari proses produksi batik encim adalah *respiratory inorganics*, *land use*, dan *fossil fuels*.

Pembobotan merupakan suatu tahap mengubah nilai hasil kategori pada dampak menggunakan faktor pembobotan yang menunjukkan kepentingan relatif kategori dampak. Faktor pembobotan menunjukkan nilai 400 untuk kategori *human health*, 400 untuk kategori *ecosystem quality*, dan 200 untuk kategori *resource* (*Eco-Indicator* 99). Pada tahap pembobotan ini, faktor pembobotan untuk masing-masing kategori dikalikan dengan nilai yang didapatkan dari tahap normalisasi. Unit pengukuran yang didapatkan adalah dalam satuan mata uang Euro.

Tahap terakhir pada *Life Cycle Impact Assessment* adalah tahap *single score*. *Single score* merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar dampak kategori terhadap setiap prosesnya.

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Berdasarkan nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi paling besar terhadap dampak lingkungan. Penentuan nilai *single score* didasarkan pada *input* nilai material, energi yang digunakan, maupun nilai produk *output* dan non-produk *output*. *Single score* bertujuan untuk mengklasifikasi nilai kategori dampak dari setiap proses atau aktivitas.

Berdasarkan pengukuran dengan metode *Eco-Indicator* 99 didapatkan total nilai *single score* total sebesar € 47,1546 atau sebesar Rp 699.373,647 untuk setiap 10 lembar batik encim.

Setelah melalui perhitungan *Life Cycle Assessment*, maka dapat dilihat kategori dampak yang timbul akibat proses produksi batik encim. Setiap kategori dampak tersebut memiliki pengaruh masing-masing terhadap lingkungan maupun makhluk hidup. Berikut merupakan analisis dari setiap kategori dampak yang timbul.

- *Carcinogens*
  Kontribusi besar akan timbulnya dampak lingkungan *carcinogens* disebabkan oleh proses penggunaan zat pewarna sintesis dan sabun detergen. Diketahui sekitar 40% zat pewarna sintesis yang digunakan secara global mengandung klorin yang bersifat karsinogenik (Khan & Malik, 2014). Bahan-bahan mengandung zat karsinogenik tersebut dalam jangka panjang tidak baik untuk kesehatan, dimana dapat memicu berbagai penyakit hingga dapat meningkatkan resiko seseorang terkena kondisi kanker.
- *Resp. Organics*
  Respiratory Organics merupakan dampak yang timbul pada lingkungan terkait kesehatan manusia. Saluran pernapasan mengalami gangguan dipicu oleh asap atau kabut akibat emisi bahan organik di udara. Pemicu timbulnya dampak lingkungan *resp. organics* adalah penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar dan selanjutnya disusul oleh penggunaan kain mori. Pembakaran dengan kayu bakar memungkinkan terbangnya debu-debu dari sisa kayu bakar yang terbakar dan terhirup oleh manusia. Begitu juga dengan kain mori yang memungkinkan sisa serbuk-serbuk kain berterbangan di udara. Selain itu jika ditarik lebih jauh ada keterkaitan antara penggunaan listrik pada proses pembuatan kain mori yang dominan menggunakan bahan baku batu bara, sehingga menimbulkan debu emisi hasil pembakaran.
- *Resp. Inorganics*
  Respiratory Inorganics dipicu oleh emisi bahan inorganik. Pemicu timbulnya dampak lingkungan *resp. inorganics* adalah penggunaan kain mori serta polusi udara dari pembakaran minyak dan campuran malam. Penjelasan dari penggunaan kain mori sama dengan yang telah dijelaskan pada *resp. organics*.
- *Climate Change*
  Pada proses produksi batik encim di Kampoeng Batik Kauman, berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan bahwa gas CO_2 ini dihasilkan dari proses pembakaran bahan baku kayu. Selain itu, pada proses pembuatan bakan baku kain mori juga memerlukan penggunaan energi listrik yang menghasilkan gas CO_2. Dampak dari *climate change* juga berpengaruh terhadap kondisi alam yang dapat menyebabkan bencana alam misalnya kebakaran hutan, kekeringan, banjir, dan badai. Selain berdampak terhadap bencana alam, juga dapat berdampak terhadap kesehatan manusia (Keman, 2007).
- *Radiation*
  Radiasi merupakan energi yang dikeluarkan oleh sumber energi seperti panas matahari, sinar gamma unsur radioaktif, gelombang mikro dari oven, dan lain sebagainya. Pada proses produksi batik encim, proses pengolahan bahan baku batik encim menyumbang kontribusi dampak lingkungan *radiation*. Bahan baku tersebut antara lain kain mori dan minyak kelapa sawit. Dalam mengolah bahan baku, diperlukan penggunaan energi listrik yang bersumber dari batu bara. Dampak radiasi didapatkan secara tidak langsung dari paparan debu batu bara yang memiliki sifat radioaktif. Dampak dari paparan radiasi untuk kesehatan antara lain katarak, kemandulan, sindrom radiasi akut, hingga kanker (European Commission, 2002).
- *Ozone Layer*
  Ozone layer depletion atau kerusakan lapisan ozon dapat terjadi karena adanya zat CFC (*chlorofluorocarbon*). Zat CFC terkandung dalam pengharum ruangan, pendingin ruangan, maupun kulkas. Tak hanya zat CFC, penipisan lapisan ozon dapat juga disebabkan oleh penggundulan hutan, efek rumah kaca, maupun penggunaan bahan kimia. Faktor dampak lingkungan *ozone layer* disebabkan penggunaan energi listrik dalam pembuatan bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi Pada proses produksi batik encim mulai dari pemotongan hingga penjemuran, tidak digunakan mesin dan tidak menggunakan energi listrik dalam proses produksinya. Penipisan lapisan ozon dapat menyebabkan kebutaan sementara atau permanen, kanker kulit, maupun penurunan imunitas tubuh (Anwar, Chaudhry, Nazeer, Zaman, & Azam, 2016).
- *Ecotoxicity*
  Ecotoxicity merupakan suatu keadaan menurun atau rusaknya kualitas ekosistem

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

akibat emisi zat ekotoksik atau senyawa kimia berbahaya yang mencemari lingkungan. Pada proses produksi batik encim di Kampoeng Batik Kauman, *ecotoxicity* disebabkan oleh penggunaan material kain mori, kayu bakar, serta kandungan zat kimia. Hal tersebut dikarenakan apabila serbuk sisa potongan kain maupun sisa pembakaran dari kayu bakar dibuang ke lingkungan maka dapat mencemari ekosistem baik tanah, air, maupun udara. Zat kimia yang dilepaskan ke ekosistem air misalnya, juga dapat membahayakan lingkungan karena kandungan yang ada didalamnya dapat membahayakan makhluk hidup. Contohnya adalah detergen, jika langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan pencemaran air dan eutrofikasi. Zat kimia didalamnya juga dapat menyebabkan iritasi mata dan kulit (Walker, 2014).

- *Acidification/Eutrophication*
  Acidification ini timbul karena polusi udara dan membuat air bersifat asam. Selain itu *acidification* juga dapat menyebabkan pengasaman air baik di laut maupun sungai, kerusakan hutan, hujam asam, dan gangguan kesehatan manusia seperti kanker paru-paru, *bronchitis*, asma (Gusnita, 2010). Sedangkan *eutrophication* terjadi akibat air mengandung kelebihan nutrisi sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. *Eutrophication* merupakan pertumbuhan fitoplankton yang berlebih sehingga dapat menyebabkan pencemaran sungai. Jika keadaan semakin parah, kualitas air sungai akan menurun, air berubah menjadi keruh, oksigen terlalu rendah, hingga timbulnya gas-gas berancun lainnya (Sugiura, et al., 2004). Pada proses produksi batik encim, dampak lingkungan *acidification/eutrophication* disebabkan oleh penggunaan detergen yang mengandung senyawa *phosphate* dan dapat memicu eutrofikasi pada ekosistem air.
- *Land Use*
  Land use berhubungan dengan berkurangnya keragaman jenis makhluk hidup karena penggunaan lahan oleh manusia. Penyebab *land use* antara lain pembukaan lahan baru, kerusakan hutan, maupun alih fungsi lahan. Pada produksi batik encim ini, dampak lingkungan land use disebabkan paling besar oleh penggunaan minyak kelapa sawit, disusul dengan penggunaan kayu bakar dan penggunaan kain mori. Pada proses produksi minyak kelapa sawit contohnya, memerlukan lahan untuk penanaman kelapa sawit yang kemudian diambil *Crude Palm Oil* (CPO) atu minyak sawit mentahnya. CPO selanjutnya akan diolah sehingga menghasilkan minyak kelapa sawit. Penggunaan lahan untuk penanaman tersebut menjadi penyebab dari dampak lingkungan land use.
- *Minerals*
  Penyebab dampak lingkungan *minerals* antara lain penggunaan batu bara (sumber energi tidak dapat diperbarui) untuk energi listrik dalam pembuatan bahan baku untuk batik encim.
- *Fossil Fuels*
  Fossil Fuels atau bahan bakar fosil meliputi batu bara, gas alam, minyak bumi, minyak serpih, dan bitumen yang menjadi sumber utama panas dan energi listrik. Penyebab dampak lingkungan *fossil fuels* sama seperti penyebab dampak lingkungan *minerals*, yaitu penggunaan batu bara untuk energi listrik dalam pembuatan bahan baku untuk batik encim.

Pada produk batik encim ini, didapatkan indeks eko-efisiensi sebesar 1,178. Indeks eko-efisiensi tersebut tergolong dalam kategori nilai di atas 1 yang artinya produk masuk ke dalam kategori *affordable and sustainable*. *Affordable* berarti produk telah efisien secara ekonomi dan mampu memberikan keuntungan bagi IKM Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, hal ini terlihat dari nilai *eco-cost* atau biaya penanggulangan limbah yang lebih kecil daripada nilai *net value*. Sedangkan, *sustainable* produk batik encim menandakan bahwa dalam proses produksinya tidak membahayakan lingkungan (Purwaningsih, Susanto, Adiaksa, & Putri, 2020).

Meskipun berdasarkan hasil dari perhitungan EEI didapatkan bahwa proses produksi batik encim tidak membahayakan lingkungan, namun tetap saja terbentuk limbah dari proses produksi yang memiliki dampak terhadap keberjalanan ekosistem lingkungan. Dampak dari limbah tersebut antara lain *respiratory effect caused inorganic substances, damage caused by land use, damages caused by extraction of fossil fuels*. Biaya dampak lingkungan atau *eco-cost* yang timbul akibat limbah yang dihasilkan ini harus dikeluarkan oleh perusahaan guna menanggulangi dampak yang terjadi pada lingkungan.

Jika dibandingan dengan penelitian lain untuk produk batik yang pernah dilakukan oleh Supartini, Hartini, & Rinawati (2013) yaitu pada batik tulis dengan pewarna alam, didapatkan nilai tingkat *eco-efficiency index* (EEI) sebesar 1,14. Meskipun tidak menggunakan pewarna alam yang lebih ramah lingkungan, nilai EEI pada penelitian batik encim ini lebih besar dibandingkan penelitian tersebut. Faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan EEI ini antara lain besarnya nilai *net value* maupun *eco-cost*. Penggunaan pewarna alam juga memungkinkan timbulnya dampak lingkungan yang lebih besar misalnya disebabkan oleh pengambilan bahan-bahan dari alam, sehingga *eco-cost* yang ditimbulkan juga dapat lebih besar.

Eco-cost pada penelitian ini sebatas biaya dampak lingkungan yang timbul selama proses

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

produksi batik encim saja, tanpa melihat siklus hidup produk secara keseluruhan. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *eco-cost* sebesar Rp 69.937,365 dan *net value* sebesar Rp 82.400. Pada produksi batik encim, didapatkan nilai EVR sebesar 0,849. Semakin kecil EVR dapat diartikan semakin baik dan semakin layak produk batik encim untuk diproduksi, karena semakin efisien suatu kegiatan produksi maka semakin rendah dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan (Windrianto, Rachmawati, & Berlianty, 2016).

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai *eco-efficiency ratio rate* produk batik encim sebesar 15,125%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat eko-efisiensi dari proses produksi batik encim masih rendah dan perlu ditingkatkan lagi.

Perhitungan *eco-efficiency ratio rate* juga memperhatikan nilai *eco-cost* di dalam penentuan harga produksi yang mana akan berpengaruh terhadap penentuan harga jual. Dengan perhitungan *eco-efficiency rate ratio* ini, diharapkan IKM pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan memperhatikan besanya nilai *eco-cost* dalam menentukan biaya produksi dan harga jual sehingga dapat meningkatkan eko-efisiensi dari produk batik encim. Upaya untuk meningkatkan *eco-efficiency rate ratio* antara lain dengan meningkatkan *net value* atau dengan meminimasi kontributor biaya baik biaya produksi maupun biaya lingkungan. Minimasi kontributor biaya dapat dilakukan dengan cara meminimasi pemborosan bahan baku produksi, menggunakan material yang lebih ramah lingkungan, dan menghindari proses ganda atau berulang dalam proses produksi.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis pada penelitian ini, maka diberikan beberapa rekomendasi untuk meningkatkan tingkat eko-efisiensi dari proses produksi batik encim guna meningkatkan nilai EER:

1. Meminimasi penggunaan sumber daya air.
   Efisiensi penggunaan air perlu dilakukan terlebih lagi dalam mengatasi sumber daya air akibat perubahan iklim. Perlu juga untuk melanjutkan gerakan hemat air untuk segala keperluan (Rejekiningrum, 2014). Meminimasi penggunaan air pada proses produksi batik encim, misalnya dengan meminimasi volume air dalam proses pencucian maupun pewarnaan.
2. Substitusi bahan baku kain mori primissima menjadi kain rayon viscose.
   Dalam rangka menekan tingginya nilai *single score* dan mengurangi dampak lingkungan *land use*, dapat dilakukan substitusi bahan baku kain mori primissima menjadi kain rayon viscose. Berdasarkan hasil perhitungan dengan *software* SimaPro v.9.0.0.49 dengan metode *Eco-Indicator* 99 didapatkan penurunan nilai *single score* dari € 47,1546 menjadi € 22,2676.
3. Membuat cerobong asap dan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD).
   Pembuatan cerobong asap dan penggunaan APD dapat menekan dampak lingkungan terbesar yaitu *respiratory effects inorganics*. Cerobong asap dapat menyalurkan asap pembakaran kayu dari proses nglorod ke udara yang lebih tinggi dan terbuka sehingga dapat mengurangi dampak negatif bagi kesehatan (Sari, Hartini, Rinawati, & Wicaksono, 2012). Kemudian, guna mencegah potensi kanker kulit dan menempelnya partikel-partikel zat kimia pada pekerja, sebaiknya pada saat proses pewarnaan dan sejenisnya, pekerja menggunakan APD berupa sarung tangan (Nurainun, Heriyana, & Rasyimah, 2008). Penggunaan APD juga dapat membantu mencegah dampak lingkungan *carcinogens* yang berbahaya bagi manusia.
4. Mengolah limbah cair dari proses produksi.
   Limbah dapat diolah dulu dengan melakukan proses fisika berupa pengenceran untuk mempermudah dalam proses penjernihan. Kemudian setelah itu dilakukan proses kimia dengan menambahkan koagulan dan dipisahkan endapannya dengan filtrat. Filtrat dapat disaring dengan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari sekam padi atau arang (Nurainun, Heriyana, & Rasyimah, 2008). Pengolahan limbah ini dapat menekan dampak lingkungan *ecotoxicity* dan *eutrophication*.
5. Memanfaatkan kembali malam sisa nglorod.
   Minimasi limbah yang dihasilkan dapat dilakukan dengan memanfaatkan malam sisa nglorod. Malam tersebut dapat diolah kembali menjadi malam untuk proses pengecapan, sehingga malam yang masih bagus dapaat digunakan kembali dan tidak dibuang begitu saja.

4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah hasil perhitungan LCA dengan software SimaPro v.9.0.0.49 didapatkan nilai *eco-cost* produk batik encim sebesar Rp 699.373,647 untuk 10 batik encim atau setara Rp 69.937,365 untuk selembarnya. Biaya dampak lingkungan atau *eco-cost* terbesar disebabkan oleh kategori dampak *resp. inorganics* dan *land use*.

Berdasarkan hasil perhitungan *eco-efficiency index* didapatkan nilai EEI sebesar 1,178. Nilai EEI berada pada kategori nilai lebih dari 1, hal ini menunjukkan bahwa produk sudah *affordable* dan *sustainable*. *Affordable* berarti produk telah efisien secara ekonomi dan mampu memberikan keuntungan bagi IKM Kampoeng Batik Kauman Pekalongan, hal ini terlihat dari nilai *eco-cost* atau biaya penanggulangan limbah yang lebih kecil daripada nilai *net value*. Sedangkan, *sustainable* produk batik encim menandakan bahwa dalam proses produksinya tidak

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

membahayakan lingkungan. Nilai *eco-efficiency ratio rate* dari produk batik encim sebesar 15,125%.

DAFTAR PUSTAKA

Aka, C. K. (2008). *Pekalongan Inspirasi Indonesia.* Pekalongan: Kirana Pustaka Indonesia.

Anwar, F., Chaudhry, F. N., Nazeer, S., Zaman, N., & Azam, S. (2016). Causes of Ozone Layer Depletion and Its Effects on Human: Review. *Atmospheric and Climate Sciences*, 129-134.

Asriwati. (2017). *Fisika Kesehatan dalam Keperawatan*. Yogyakarta: Deepublish.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., & Kuhlmann, H. (2002). Life Cycle Impact Assessment of Land Use Based on Hemeroby Concept. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 339-348.

Chmielewski, A. G. (1999). *Environmental Effects on Fossil Fuel Combustion.* Polandia: Institute of Nuclear Chemistry and Technology.

European Commission. (2002). *Understanding The Effects of Radiation on Health.* Luxembourg: European Communities.

European Environment Agency. (2016). *European Assessment of Eutrophication Abatement Measures Across Land-Based Source, Inland, Coastal and Marine Waters*. Jerman: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters.

Gusnita, D. (2010). Deposisi Asam dan Dampaknya Terhadap Lingkungan.

Intergovermental Panel on Climate Change. (2019). *Climate Change and Land.*

ISO 14001. (2004). *Environmental Management System - Requirements with Guidance For Use.* Geneva: ISO.

ISO 14044. (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.* Jenewa: International Organization for Standardization.

Kaya, M. (2001). Environmental Impacts of Mineral Resource Exploitation and Use. *International Mining Congress and Exhibition on Tukey*, 485-491.

Keman, S. (2007). Perubahan Iklim Global, Kesehatan Manusia dan Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 195-204.

Kementerian Perindustrian. (2017, Januari 8). Retrieved from https://kemenperin.go.id/artikel/16828/Kemenperin-Berikan-Perhatian-IKM-Kapal-dan-Batik-di-Pekalongan

Khan, S., & Malik, A. (2014). *Environmental and Health Effects of Textile Industry Wastewater*. Dordrecht: Springer.

Khasreen, M. M., Banfill, P. F., & Menzies, G. F. (2009). Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review. *Sustainability*, 674-701.

Klaunig, J., & Wang, Z. (2014). *Carcinogenicity*. USA: Elsevier.

Lehtinen, H., Saarentaus, A., Rouhiainen, J., Pitts, M., & Azapagic, A. (2011). *A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs.* Manchester: Europe Innova Biochem.

Lewis, H., & Demmers, M. (2013). Life Cycle Assessment and Environmental Management. *Journal of Environmental Management*.

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J.-Y., & Mok, P.-Y. (2009). An Exploratory Comparative Study on Eco-Impact of Paper and Plastic Bag. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 307-320.

Nurainun, Heriyana, & Rasyimah. (2008). Analisis Industri Batik di Indonesia. *Fokus Ekonomi*, 124-135.

Pawlowski, L. (1996). Acidification: its impact on the environment and mitigation strategies. *Ecological Engineering*, 271-288.

Purwaningsih, R., Simanjuntak, C. F., & F., R. Z. (2020a). Analysis of Eco-Efficiency Ratio of Pencil Production Using Life Cycle Assessment (LCA) to Incrase the Manufacture Sustainability. *Jurnal Teknik Industri*.

Purwaningsih, R., Susanto, N., Adiaksa, D. A., & Putri, A. A. (2020b). Analysis of the Eco-Efficiency Level in the Dining Table Production Process Using Life Cycle Assessment Method to Increase Industry Sustainability. *Annual Conference on Industrial and System Engineering*.

Rebitzer, G. (2004). Life Cycle Assessment Part I: Framework, Goal and Scope Definition, Inventory Analysis, and Applications. *Journal of Environment International 30*, 701-720.

Rejekiningrum, P. (2014). Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumberdaya Air: Identifikasi, Simulasi, dan Rencana Aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 1-15.

Sari, D. P., Hartini, S., Rinawati, D. I., & Wicaksono, T. S. (2012). Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menegah Batik. *Jurnal Teknik Industri*, 137-144.

Sivasakthivel, T., & Reddy, S. K. (2011). Ozone Layer Depletion and Its Effects: A Review. *International Journal of Environmental Science and Development*.

Sonnemann, G., Castells, F., & Schuhmacher, M. (2003). *Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes.* Boca Raton: Lewis Publishers.

Sugiura, N., Utsumi, M., Wei, B., Iwami, N., Okano, K., Kawauchi, Y., & Maekawa, T. (2004). Assessment for The Complicated Occurence of Nuisance Odours from Phytoplankton and Environmental Factors in a Eutrophic Lake. *Journal Lakes & Reservoirs*.

Supartini, Hartini, S., & Rinawati, D. I. (2013). Pengukuran Tingkat Sustainabilitas Batik

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Tulis Pewarna Alam dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) (Studi Kasus di Industri Batik Mahkota Laweyan, Solo). *Undip E-Journal Systems*.

Tak Hur, Song, T., & Hye, J. (2003). A Study on The Eco-efficiencies for Recycling Methods of Plastics Wastes.

Vogtlander, J. G. (2010). *LCA-Based Assessment of Sustainability: The Eco-cost/Value Ratio.* Netherlands: VSSD leeghwaterstraat.

Walker, C. (2014). *Ecotoxicology: Effects of Pollutants on the Natural Environmental.* Spain: CRC Press.

Windrianto, Y., Rachmawati, D., & Berlianty, I. (2016). Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA) untuk Menciptakan Produksi Batik yang Efisien dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*.

© 2017, Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana UNDIP

Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode Life Cycle Analysis (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampoeng Batik Kauman Pekalongan)

ORIGINALITY REPORT

19%	18%	4%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	mcf.gsfc.nasa.gov Internet Source	2%
2	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	1%
3	docplayer.info Internet Source	1%
4	publicaties.vlaanderen.be Internet Source	1%
5	Submitted to Universitas Amikom Student Paper	1%
6	core.ac.uk Internet Source	1%
7	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
8	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
9	www.e3s-conferences.org Internet Source	1%

10	digital.library.ump.ac.id Internet Source	1 %
11	jurnalindustri.petra.ac.id Internet Source	<1 %
12	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
13	123dok.com Internet Source	<1 %
14	www.suara.com Internet Source	<1 %
15	ojs.atmajaya.ac.id Internet Source	<1 %
16	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
17	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
18	de.scribd.com Internet Source	<1 %
19	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
20	eprints.dinus.ac.id Internet Source	<1 %
21	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %

22	www.medcom.id Internet Source	<1%
23	Submitted to Loughborough University Student Paper	<1%
24	jurnal.unikal.ac.id Internet Source	<1%
25	Submitted to Universitas Pelita Harapan Student Paper	<1%
26	jonni70.wordpress.com Internet Source	<1%
27	kemenperin.go.id Internet Source	<1%
28	eprints.umk.ac.id Internet Source	<1%
29	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1%
30	pt.scribd.com Internet Source	<1%
31	balto.opendap.org Internet Source	<1%
32	media.neliti.com Internet Source	<1%
33	publikasi.mercubuana.ac.id Internet Source	<1%

34	Aaron MA. Simanjuntak, Cornelia Desiana Matani. "PELATIHAN PENENTUAN HARGA POKOK PRODUKSI DAN AKUNTANSI SEDERHANA BAGI USAHA TAMBAK IKAN DAN SAGU MASYARAKAT DIKAMPUNG YOBOI, DISTRIK SENTANI, KABUPATEN JAYAPURA", The Community Engagement Journal : The Commen, 2018 Publication	<1 %
35	dinkesjatengprov.go.id Internet Source	<1 %
36	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
37	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
38	fitriyaningrum.wordpress.com Internet Source	<1 %
39	rezaantonius.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
40	ticaablog.blogspot.com Internet Source	<1 %
41	wartapenilai.id Internet Source	<1 %
42	www.murid.co.id Internet Source	<1 %

43	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	<1%
44	journal.student.uny.ac.id Internet Source	<1%
45	pranaindonesia.wordpress.com Internet Source	<1%
46	revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx Internet Source	<1%
47	snhrp.unipasby.ac.id Internet Source	<1%
48	theses.lib.polyu.edu.hk Internet Source	<1%
49	marmoresegranitosdonorte.co.mz Internet Source	<1%
50	repositorio.uss.edu.pe Internet Source	<1%
51	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	<1%
52	www.slideshare.net Internet Source	<1%
53	Dyah Ika Rinawati, Sriyanto, Diana Puspita Sari, Andana Cantya Prayodha. "Eco-efficiency	<1%

Analysis of Furniture Product Using Life Cycle Assessment", E3S Web of Conferences, 2018
Publication

54	Louise Camilla Dreyer, Anne Louise Niemann, Michael Z. Hauschild. "Comparison of Three Different LCIA Methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99", The International Journal of Life Cycle Assessment, 2003 Publication	<1 %
55	doku.pub Internet Source	<1 %
56	repository.syekhnurjati.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	On		