

SKRIPSI
ANALISIS MIKROPLASTIK DENGAN METODE
LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROSES PRODUKSI
SABLON DI INDUSTRI KECIL KALIBRASI PEDAN



DISUSUN OLEH:

MUTIARA PANCA SARI
NPM.17.0501.0012

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S1)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
TAHUN AKADEMIK
2021

SKRIPSI
ANALISIS MIKROPLASTIK DENGAN METODE
LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROSES PRODUKSI
SABLON DI INDUSTRI KECIL KALIBRASI PEDAN

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
Program Studi Teknik Industri Jenjang Strata satu (S-1) Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang



DISUSUN OLEH:

MUTIARA PANCA SARI
NPM.17.0501.0012

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S1)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
TAHUN AKADEMIK
2021

HALAMAN PENEGASAN

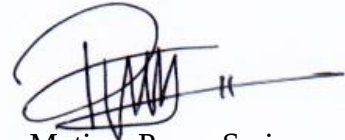
Tugas Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber baik yang saya kutip maupun merujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Mutiara Panca Sari

NPM : 17.0501.0012

Program studi : Teknik Industri

Magelang, 23 Agustus 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'M' followed by a series of vertical strokes and a horizontal line extending to the right.

Mutiara Panca Sari

NPM 17.0501.0012

PERNYATAAN KEASLIAN

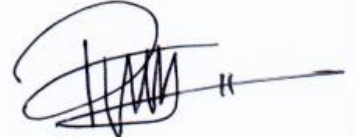
Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Mutiara Panca Sari
NPM : 17.0501.00112
Program Studi : Teknik Industri S1
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : **ANALISIS MIKROPLASTIK DENGAN METODE
LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROSES
PRODUKSI SABLON DI INDUSTRI KECIL
KALIBRASI PEDAN**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari hasil karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa karya ini merupakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi administrasi maupun sanksi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran yang sebenarnya serta penuh tanggung jawab.

Magelang, 18 Agustus 2021



Mutiara Panca Sari
NPM.17.0501.0012

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS MIKROPLASTIK DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROSES PRODUKSI SABLON DI INDUSTRI KECIL KALIBRASI PEDAN

Dipersiapkan dan disusun oleh

Mutiara Panca Sari
NPM. 17.0501.0012

Telah dipertahankan didepan dewan penguji
Pada Tanggal 18 Agustus 2021

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I


Yun Arifatul Fatimah, M.T., Ph.D
NIDN. 1006067403

Pembimbing II


Affan Rifa'i, S.T., M.T.
NIDN. 0601107702

Penguji I


Ir. Mochamad Aman, M.T.
NIDN. 0613066301

Penguji II


Oesman Raliby Al Manan, S.T., M.Eng.
NIDN. 0603046801

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu alat persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri

Tanggal 18 Agustus 2021

Dekan



Yun Arifatul Fatimah, M.T., Ph.D
NIK. 987408193

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Mutiara Panca Sari
NPM : 17.0501.0012
Fakultas / Jurusan : Teknik /Teknik Industri S1
Email address : Mutiaratiara43@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada perpustakaan UM Magelang Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah

☐ LKP/KP ☐ TA/SKRIPSI ☐ TESIS ☒ Artikel Jurnal *)
yang berjudul :

“MICROPLATIC ANALYSIS ON SCREEN PRINTING PRODUCTION PROCESS”

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti NonEksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right) ini Perpustakaan UMMagelang berhak menyimpan, mengalih-media/ format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan. Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMMagelang, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikina pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Dibuat di : Magelang

Pada Tanggal : 18 Agustus 2021.

Penulis,

Mengetahui,
Dosen pembimbing



Mutiara Panca Sari



Yun Arifatul Fatimah.ST.MT.,Ph.D
NIDN. 1006067403

KATA PENGANTAR

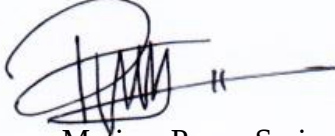
Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rossullulah Muhammad SAW sebagai suri tauladan umat Islam.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak mendapat bantuan pihak, sehubungan dengan hal tersebut diucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D., selaku dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Magelang
2. Affan Rifai, ST., MT., selaku kepala Program Studi Teknik Industri S1 Universitas Muhammadiyah Magelang.
3. Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penyusunan skripsi ini.
4. Affan Rifai, ST., MT., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Moehamad Aman, M.T., dan Oesman Raliby Al Manan, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji skripsi ini.
6. Dosen Fakultas Teknik, pimpinan dan staf Universitas Muhammadiyah Magelang untuk bimbingan dan pelayanan yang diberikan.
7. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
8. Teman – teman laboratorium Teknik Industri yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2017 yang saling mendukung satu sama lain.
10. Para sahabat yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan semoga dokumen ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Magelang, 18 Agustus 2021



Mutiara Panca Sari

NPM.17.0501.0012

DAFTAR ISI

HALAMAN KULIT MUKA	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Permasalahan	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Penelitian-penelitian yang Relevan	4
B. Industri Sablon.....	6
C. Limbah Sablon.....	8
D. Mikroplastik	9
E. Analisis Life Cycle Assessment.....	11
F. SimaPro	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
A. Flowchart Metode Penelitian.....	25
B. Jenis Penelitian	26
C. Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
D. Tahapan Penelitian	26
BAB V PENUTUP	49
A. Kesimpulan.....	49
B. Saran.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Proses Sablon Secara Umum	7
Tabel 3.1 Simbol dan Penjelasan Rumus	29
Tabel 3.2 Life Cycle Inventory	29
Tabel 3. 3 Life Cycle Impact Assessment.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	25
---------------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

ABSTRAK

ANALISIS MIKROPLASTIK DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROSES PRODUKSI SABLON DI INDUSTRI KECIL KALIBRASI PEDAN

Oleh : Mutiara Panca Sari
Pembimbing : 1. Yun Arifatul Fatimah, M.T., Ph.D
2. Affan Rifa'i, S.T., M.T.

Industri kecil Kalibrasi Pedan adalah salah satu industri tekstil yang bergerak di bidang sablon. Terletak di Jl. Kedungan, Jalinan, Kedungan, Kec. Pedan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, 57468. Dengan jumlah karyawan sebanyak 10 orang, rata – rata Kalibrasi Pedan dalam sebulan memproduksi 7.000 pcs sablon. Berdasarkan hasil dari observasi, ditemukan permasalahan yaitu proses produksi sablon menghasilkan mikroplastik yang susah terturai. Sehingga akan dilakukan analisis mikroplastik pada proses produksi sablon kain dengan metode *Life Cycle Assessment* menggunakan *software SimaPro*. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses sablon merupakan proses produksi yang mempunyai nilai dampak lingkungan paling tinggi. Kategori dampak lingkungan yang nilainya paling tinggi adalah *carcinogens* disebabkan oleh limbah mikroplastik pada senyawa PVC. Dengan nilai kontribusi *carcinogens* sebesar 0,029 kg C₂H₃Cl-eq. Terdapat 3 alternatif perbaikan yaitu dengan mengganti penggunaan zat warna tinta plastisol dengan menggunakan zat warna alam, pembuatan filter mikroplasti dengan media cangkang kerang. Dan bisa juga dengan bioremediasi menggunakan bakteri indigenous.

Kata kunci: Mikroplastik, *Life Cycle Assessment*, Industri Sablon, *Carcinogens*

ABSTRACT

MICROPLASTIC ANALYSIS WITH LIFE CYCLE ASSESSMENT METHOD ON SCREEN PRINTING PRODUCTION PROCESS IN SMALL INDUSTRY KALIBRASI PEDAN

By : Mutiara Panca Sari
Mentor : 1. Yun Arifatul Fatimah, M.T., Ph.D
2. Affan Rifa'i, S.T., M.T.

Small industry Kalibrasi Pedan is one of the textile industries engaged in the field of screen printing. Located at Jl. Kedungan, Jalinan, Kedungan, Kec. Pedan, Klaten Regency, Central Java, 57468. With an average of 10 employees, the average Pedan Calibration in a month produces 7,000 pcs of screen printing. Based on the results of observations, it was found that the process of screen printing production produces microplastics that are difficult to break down. So that microplastic analysis will be carried out on the T-shirt screen printing production process with the Life Cycle Assessment method using SimaPro software. The results of the analysis showed that the screen printing process is a production process that has the highest environmental impact value. The category of environmental impact that is the highest value is carcinogens caused by microplastic waste in PVC compounds. With a contribution value of carcinogens of 0.029 kg C₂H₃Cl-eq. There are 3 alternative improvements, namely by replacing the use of plasticol ink color substances using natural color substances, making microplastic filters with shell media. And it can also be with bioremediation using indigenous bacteria.

Keywords: *Microplastict; Life Cycle Assessment, Screen printing Industry, Carcinogens.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Salah satu industri yang paling berkembang pesat di Indonesia saat ini adalah industri tekstil, khususnya industri sablon. Industri sablon adalah industri terapan yang bersifat praktis berupa kegiatan mencetak desain grafis menggunakan kain gasa (*screen*) pada bidang tertentu secara cetak gambar yang tercetak sesuai dengan desain yang ada pada screen (Prabawa & Budhi, 2017). Pada tahun 2021 terdapat 118 perusahaan sablon yang sudah terdaftar di Kementerian Perindustrian Indonesia.

Teknik cetak sablon merupakan teknik cetak yang paling sederhana dan dapat dilakukan secara manual dengan cara menyiapkan gambar yang akan dicetak di kain. Pada industri sablon, selain menghasilkan produk jadi yang bernilai ekonomi, proses produksi sablon juga menghasilkan limbah yang berdampak pada lingkungan sekitar. Limbah dari proses sablon berupa limbah cair dari proses pencucian screen, limbah padat (sisa - sisa potongan kain) dan tumpahan dari tinta pewarna yang dipakai untuk proses penyablonan (Lussa, 2017).

Diidentifikasi bahwa tinta yang digunakan untuk menyablon kaos adalah tinta jenis plastisol. Tinta berjenis plastisol mengandung senyawa plastik berupa *Polyvinilchloride* (PVC) yang menghasilkan mikroplastik. Adanya mikroplastik pada ekosistem memberikan dampak yang buruk bagi biota maupun konsumen. Sifatnya yang mudah menyerap racun serta bahan-bahan kimia yang berada di lingkungan sekitar menjadikan mikroplastik mudah menjadi cemaran yang ada dalam bahan pangan (Putri, 2017).

Kalibrasi Pedan merupakan salah satu industri sablon yang berkembang cukup pesat, terletak di Tamengbayan, Tambakboy, Pedan, Klaten. Industri ini menerapkan sistem *made by order*, dengan rata rata jumlah produksi perbulan adalah 7.000 pcs sablon. Kalibrasi Pedan sudah memiliki pelanggan tetap brand kaos ternama seperti nimco dan rocket chicken selain itu, juga menerima pesanan di luar pelanggan tetap dalam partai besar maupun kecil.

Industri ini memiliki 10 karyawan yang bekerja pada shift pagi dan sore. Berdasarkan survey awal di industri, proses produksi pada Kalibrasi Pedan menghasilkan banyak pembuangan sisa tinta sablon pada saat pembersihan *screen* sablon. Jumlah tinta yang terbuang diprediksi sebanyak 2 lt/bulan. Disisi yang lain, kurangnya kesadaran perusahaan akan bahaya mikroplastik yang ditimbulkan oleh proses produksi sablon, mengakibatkan pembuangan sisa produksi belum dikelola dengan baik yaitu dibuang ke saluran air perkampungan atau selokan sehingga dikhawatirkan akan membahayakan lingkungan dan masyarakat sekitar.

Berdasar permasalahan ini, maka perlu dilakukan analisis mikroplastik pada proses produksi sablon kaos di Kalibrasi Pedan dengan menggunakan metode analisa *Life cycle Assesement* (LCA). LCA merupakan metode efektif yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi total dampak bagi lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu produk, proses atau layanan (Aziz & Febriardy, 2016).

Penelitian dengan menggunakan LCA ini diharapkan dapat memberikan solusi perbaikan untuk pencegahan dampak buruk mikroplastik pada air bekas cuci *screen* sablon di industry Kalibrasi Pedan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Bagaimana analisa mikroplastik pada proses produksi sablon dengan pendekatan *Life Cycle Assessment* di Kalibrasi Pedan ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah : Menganalisis mikroplastik pada proses produksi sablon dengan metode *Life Cycle Assesement* pada Kalibrasi Pedan.

D. Manfaat Penelitian

Apabila tujuan penelitian ini tercapai, maka diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan kepada pelaku industri sablon kaos tentang bahaya mikroplastik.
2. Sebagai bahan pertimbangan Kalibrasi Pedan untuk mengatasi dampak lingkungan dari mikroplastik yang dihasilkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian-penelitian yang Relevan

Sebagai dasar dalam melaksanakan penelitian, maka beberapa literatur yang relevan digunakan sebagai referensi, sebagai berikut :

1. Penelitian oleh (Rahmadhani, 2019) dengan judul Identifikasi Dan Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Pelagis Dan Demersal Serta Sedimen Dan Air Laut Di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. Penelitian ini mengangkat permasalahan pada tingginya kadar mikroplastik pada ikan pelagis dan demersal serta sedimen dan air laut di perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kandungan mikroplastik pada ikan pelagis, demersal, sedimen, dan air laut yang ada di perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. Metode yang digunakan adalah FT-IR. Hasil penelitian menunjukkan Mikroplastik yang ditemukan pada ikan pelagis jenis ikan tongkol (*Euthynnus*) dan lemuru (*Sardinella*) di perairan Pulau Mandangin Sampang, adalah tipe film. Mikroplastik yang ditemukan pada ikan demersal jenis ikan kerapu (*Epinephelus*) dan kerisi (*Nemiptenus*) di perairan Pulau Mandangin Sampang, yaitu tipe film dan filamen. Mikroplastik yang ditemukan pada sedimen kasar di zona pelagis yaitu film, filamen, fragmen, granual. Mikroplastik yang ditemukan pada air laut di zona pelagis menunjukkan tipe mikroplastik yang ditemukan yaitu fragmen dan filamen. Dari penelitian disimpulkan bahwa mikroplastik pada ikan pelagis jenis polimer tersebut tertinggi dan pada jenis PVC sejumlah 41% dan terendah yaitu EPDM sejumlah 3%. Pada ikan demersal jumlah polimer mikroplastik tertinggi yaitu pada jenis PVC sejumlah 41% dan yaitu sejumlah dan terendah yaitu EPDM sejumlah 4%. Mikroplastik pada air laut di zona pelagis tertinggi jenis polimer yaitu PVC 38% dan terendah EPDM 3%.
2. Penelitian ini dilakukan oleh (Aji, 2017) dengan judul Identifikasi Mikroplastik di Perairan Bangsring-Jawa Timur. Penelitian ini mengangkat permasalahan kelimpahan serta apa saja jenis dari mikroplastik pada perairan pantai Bangsring. Tujuan dari penelitian ini adalah

Mengidentifikasi jenis mikroplastik pada perairan Pantai Bangsring, serta membandingkan jumlah mikroplastik pada perairan dan sedimen di pantai Bangsring Banyuwangi Jawa Timur. Metode yang digunakan adalah deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis mikroplastik yang paling dominan di perairan adalah jenis flamen yang berasal dari limbah bekas cuci pakaian. Sedangkan pada sedimen pantai bangsring, total mikroplastik yang ditemukan adalah 69 buah/2500 gr. Dari penelitian disimpulkan bahwa jenis mikroplastik yang paling dominan baik di perairan maupun di sedimen pantai adalah flamen, sedangkan pada perairan yang paling sedikit adalah mikroplastik jenis foam dan pada sedimen berupa granule.

3. Penelitian yang dilakukan oleh (Khairona, 2019) dengan judul Analisis Kategori Dampak Lingkungan Proses Pembuatan Cup Polystyrene Menggunakan Metode Life Cycle Assessment. Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai cara mengevaluasi dan seberapa besar dampak lingkungan yang terjadi akibat *polystyrene*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan evaluasi pada kategori dampak yang dihasilkan dari proses pembuatan cup *polystyrene*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment* dengan penilaian *cradle-to- gate*. Hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa Dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari proses pembuatan cup ada 5 kategori yaitu acidification potential (pengasaman), global warming (GWP), photochemical ozone formation-human health (IHHM), terrestrial eutrophication (TE), dan aquatic eutrophication (AE. Berdasarkan hasil LCA, persentase kategori dampak tiap proses yang ditimbulkan yaitu penggunaan bahan baku sebesar 86.94%, proses thermoforming sebesar 10.77%, proses pengepresan sebesar 0.01%, proses pemotongan sebesar 2.29%. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa dampak lingkungan yang timbul adalah dampak terbesar yang disebabkan oleh penggunaan bahan baku PS terjadi pada kategori IHHM karena pada PS memiliki senyawa organik yang mengeluarkan emisi ke udara berupa gas metana 0,0337 kg dan hydrocarbons 0,00476 kg.

4. Penelitian yang dilakukan oleh (Ilhamdika, 2017) dengan judul Analisis Dampak Lingkungan Dari Proses Daur Ulang Plastik Dengan Pendekatan *Life Cycle Assesement*. Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan dari siklus hidup produk daur ulang biji plastik dan belum adanya penanganan untuk mengatasi masalah limbah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui limbah dan dampak yang dihasilkan dari siklus hidup daur ulang biji plastik. Metode penelitian yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment*. Hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa limbah dari bahan baku *Polyethylene* (PE) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dalam proses produksi adalah limbah plastik berupa scrap plastik yang mencapai 18.955 kg per tahun, dan pencemaran udara berupa CO₂ dan SO₂. Dari penelitian disimpulkan bahwa dampak lingkungan yang timbul berupa penipisan ozon, peningkatan kadar asam, dan terbentuknya ozon dibawah lapisan atmosfer

Dari penelitian - penelitian diatas, membahas mengenai dampak lingkungan dari perusahaan secara umum. Sedangkan penelitian ini lebih memfokuskan pada dampak lingkungan akibat mikroplastik yang dihasilkan dari proses produksi sablon secara detail dengan menggunakan metode LCA.

B. Industri Sablon

Industri sablon adalah industri terapan yang bersifat praktis berupa kegiatan mencetak desain grafis menggunakan kain gasa (*screen*) pada bidang tertentu secara cetak gambar yang tercetak sesuai dengan desain yang ada pada screen. Cetak sablon merupakan teknik cetak yang paling sederhana dan memungkinkan untuk dilakukan secara manual. Teknik Cetak sablon juga menjadi cara yang efektif dan efisien pada perkembangan industri tekstil (Prabawa & Budhi, 2017).

Sablon merupakan teknik untuk mencetak tinta diatas bahan dengan desain yang kita kehendaki. Dengan bantuan screen sablon dan rakel sablon dalam proses pengerjaannya. Cetak sablon merupakan bagian dari teknik yang dikembangkan oleh orang berkebangsaan Jepang yaitu, Yuzenzai Miyasaki pada tahun 1654-1736 dan Zinkukeo Hirose pada tahun 1822-1890 (Haninda, 2018).

Jadi, industri sablon merupakan sebuah aktivitas produksi mencetak gambar dengan tinta sablon diatas bahan dengan desain yang dikehendaki. Industri sablon merupakan perkembangan dari trend pakaian era globalisasi yang semakin berwarna.

Secara global, proses produksi sablon dijelaskan pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2. 1 Proses Sablon Secara Umum

No.	Proses	Gambar Proses Desain
1.	Membuat master desain menggunakan screen sablon.	
2.	Agar desain pada kertas hvs tercetak pada screen, maka perlu dilakukan proses afdruk.	
3.	Setelah screen terafdruk sesuai dengan gambar desain, siapkan material yang akan disablon dan tuangkan tinta pada screen.	
4.	Mengaplikasikan tinta pada screen dengan bantuan rakel untuk meratakan tinta supaya berbentuk sesuai desain yang sudah tercetak pada screen.	
5.	Setelah tercetak sempurna , lalu keringkan kain dengan hair dryer. (Haninda, 2018).	

Sumber : (Luzar, 2010)

C. Limbah Sablon

Pada setiap proses produksi, selain menghasilkan produk jadi yang bernilai tambah, juga menghasilkan limbah. Limbah adalah bahan sisa atau buangan dari suatu proses produksi yang sudah tidak terpakai lagi. Limbah juga tidak memiliki nilai ekonomi dan daya guna, tetapi sangat membahayakan jika sudah mencemari lingkungan sekitar. Terutama limbah yang mengandung bahan kimia dan tidak mudah terurai oleh bakteri. Bentuk limbah yang dihasilkan oleh industri sablon dapat berupa limbah cair (Putra, 2020).

Di industri sablon, limbah yang dihasilkan merupakan limbah cair, hasil dari pencucian *screen* dan juga limbah tinta sablon yang sering tumpah pada saat proses penuangan. Limbah cair sablon termasuk dalam limbah tekstil yang mengandung bahan kimia berbahaya bila langsung dibuang ke lingkungan, terutama daerah perairan. Salah satu bahan yang terkandung dalam limbah tekstil adalah zat warna, terutama zat warna sintetik. Zat warna sintetik merupakan molekul dengan sistem elektron terdelokalisasi dan mengandung dua gugus yaitu kromofor dan auksokrom (Lussa, 2017).

Air limbah industri rumahan sablon diketahui mengandung bahan pewarna organik rantai panjang dan logam berat yang sulit terdegradasi bila langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan khusus. Air limbah zat pewarna tekstil yang dihasilkan dari proses produksi sablon ini termasuk dalam Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sulit terurai diolah dengan proses biologi (Wijayanti & Hadisoebroto, 2020).

Khusus industri penyablonan pakaian sebagai penyebab pencemaran air yang berasal dari proses pewarnaan, proses produksi film dan pelat processor. Bahan pencemar mengandung unsur/bahan kimia berbahaya seperti alkohol/aseton dan esternya serta logam berat seperti chrom, cobalt, mangan dan timah terdapat di tinta warna, bahan pelarut, bahan pencair dan bahan pengering (Pawestri, Budiono, & Abdullah, 2020).

Diketahui bahwa tinta sablon berjenis plastisol merupakan tinta tekstil yang berbahan baku minyak dan mengandung resin PVC. PVC yang menempel di *screen* sablon tidak bisa larut dengan air, maka dalam membersihkan *screen* tersebut membutuhkan solar. Limbah cair sablon menyebabkan air tercemar

oleh minyak. Pencemaran air ini dapat menimbulkan dampak sebagai berikut : Menyebabkan penetrasi sinar matahari pada air berkurang, karena adanya lapisan film pada minyak terjadi penghambatan pengambilan oksigen di dalam air, lapisan minyak di dalam air juga akan mengganggu kehidupan hewan yang hidup di dalam air (Alisyahbana, 2020).

Di dalam PVC sendiri terkandung banyak mikroplastik yang tidak bisa larut dalam air, dan akan berdampak pada lingkungan sekitar industri jika tidak dikelola dengan baik. Akan berbahaya bagi kesehatan dan juga berdampak pada lingkungan sekitar industri.

D. Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang diameternya berukuran kurang lebih 5 mm. Batas minimum ukuran partikel yang tergolong dalam mikroplastik belum didefinisikan secara pasti namun kebanyakan penelitian mengambil objek minimal 300 μm . Mikroplastik terbagi menjadi 2 kategori ukuran besar yaitu (1-5 mm) dan kecil (Sari, 2018).

Menurut (Rahmadhani, 2019), tipe mikroplastik dapat dibedakan dalam beberapa jenis yaitu :

- a. Fiber atau filamen mikroplastik jenis ini biasanya berasal dari pemukiman penduduk di daerah pesisir dengan sebagian besar masyarakat yang bekerja sebagai nelayan. Aktivitas nelayan menangkap ikan dengan menggunakan berbagai alat tangkap yang biasanya berasal dari tali (jenis fiber) atau karung plastik yang telah mengalami degradasi. Mikroplastik jenis fiber biasanya digunakan untuk pembuatan pakaian, tali temali, berbagai tipe alat penangkapan ikan seperti pancing dan jaring tangkap (Widianarko & Hantoro, 2018).
- b. Film merupakan polimer plastik sekunder yang berasal dari fragmentasi plastik kemasan maupun kantong plastik dan memiliki densitas rendah. Film mempunyai densitas lebih rendah dibandingkan tipe mikroplastik lainnya sehingga lebih mudah ditransportasikan hingga pasang tertinggi (Widianarko & Hantoro, 2018).

- c. Fragmen Mikroplastik jenis ini berasal dari buangan limbah atau sampah dari pertokoan dan warung-warung makanan yang berada di lingkungan sekitar. Contohnya adalah : kantong-kantong plastik baik kantong plastik yang berukuran besar maupun kecil, bungkus nasi, kemasan-kemasan makanan siap saji dan botol-botol minuman plastik. Sampah plastik tersebut terurai menjadi serpihan-serpihan kecil hingga tipe fragmen (Widianarko & Hantoro, 2018).
- d. Granual berasal dari pabrik plastik. Mikroplastik jenis granual berbentuk butiranyang berwarna putih maupun kecoklatan dan bertekstur padat. Granual merupakan partikel kecil yang digunakan untuk bahan produksi di industri (Sari, 2018).

Mikroplastik dapat tercerna oleh organisme terkecil di habitat tersebut dan menimbulkan dampak yang serius. Karena ukuran, komposisi kimia, dan sifat fisiknya, mikroplastik sangat berpotensi dapat mempengaruhi organisme air dan kesehatan manusia. Dan dapat tertelan oleh manusia jika hewan tersebut dikonsumsi oleh manusia.

Selain itu mikroplastik dapat berfungsi sebagai faktor patogen, berpotensi membawa spesies mikroba ke perairan, mikroplastik yang telah mengkontaminasi biota diberbagai tingkat trofik, ada kekhawatiran bahwa puing-puing dari plastik atau bahan kimia yang teradopsi dapat berakumulasi di tingkat tropik yang lebih rendah. Selanjutnya organisme tingkat trofik yang lebih rendah dikonsumsi, biomagnifikasi berpotensi terjadi pada tingkat trofik yang lebih tinggi, ini akan mempengaruhi kesehatan manusia (A'yun, 2019).

Beberapa hasil penelitian telah melaporkan bahwa keberadaan mikroplastik telah terdeteksi secara global pada perairan dalam jumlah yang terus meningkat baik di sungai, danau dan pada tingkat yang sangat tinggi. Mikroplastik yang ditemukan terdiri dari PVC, nilon dan *polietilen tereftalat* (PET), yang lebih cenderung tenggelam, dan *polietilen* (PE), *polipropilen* (PP) dan *polistiren* (PS), yang lebih cenderung mengapung. Polimer lainnya termasuk *polivinil alkohol* (PA), dan *poliamida* (PA) (Rachmayanti, 2020).

E. Analisis Life Cycle Assessment

Analisis LCA merupakan suatu metode yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi total dampak bagi lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu produk, proses atau layanan (Aziz and Febriardy, 2016).

Selain itu, LCA berguna untuk memberi informasi yang detail akan konsumsi material dan energi selama masa produksi, jenis dan jumlah limbah dan emisi yang dihasilkan, serta posisi input dan output material selama masa produksi maupun masa daur hidup produk tersebut. Pada dasarnya, seluruh aktivitas yang dilakukan oleh manusia pasti berdampak terhadap batasan ruang lingkup dan lingkungannya. Dampak serta aliran massa maupun energi dalam kajian LCA dikuantifikasi secara detil dengan batasan yang sudah ditetapkan.

Tahap pertama pada analisis LCA adalah menyusun dan menginventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan produk yang akan dihasilkan. Kemudian melakukan evaluasi terhadap potensi dampak lingkungan yang berhubungan dengan masukan dan keluaran dari produk tersebut, serta menginterpretasikan hasil analisis dan asesmen dampak dari setiap tahapan yang berhubungan dengan objek studi. LCA dapat memberikan informasi dampak lingkungan dari siklus produk dari ekstraksi bahan mentah, proses produksi, penggunaan produk dan limbah dari produk yang dihasilkan dari kegiatan produksi.

Nilai penting dan manfaat dari LCA adalah untuk mengambil keputusan yang lebih baik tentang pemilihan produk dan sistem produksi, guna mengidentifikasi dampak yang terjadi terhadap lingkungan dan tahap-tahap daur hidup produk tersebut, serta memberikan langkah-langkah perbaikan yang bagus bagi lingkungan. Pihak yang dapat menerapkan perbaikan menggunakan LCA ini antara lain perancang produk dan produsen barang (pabrik), pemegang saham, ahli keuangan (akuntan) dan pihak asuransi, pelanggan, LSM lingkungan dan lembaga pelindung konsumen, pembuat kebijakan atau pemerintah (Azis, 2020).

Konsep LCA didasarkan pada pemikiran bahwa suatu sistem industri akan selalu berkaitan dan berdampak dengan lingkungan tempat industri itu berada. LCA secara umum merupakan pendekatan untuk mengukur dampak lingkungan

yang diakibatkan oleh produk atau aktivitas mulai dari pengambilan raw material, diikuti proses produksi dan penggunaan, serta berakhir pada pengolahan sampah atau limbah. Prosedur dari LCA merupakan bagian dari ISO 14000 series, dalam ISO 14040 : 2006 dan ISO 14044 : 2006 (ISO 14044 yang diganti dengan versi dari ISO 14041 - ISO 14043) (Effendi, 2016).

Ada empat pilihan utama untuk menentukan batasan system yang digunakan berdasarkan standard ISO 14044 didalam sebuah LCA (Bendiyasa dkk, 2012) .

Ada 4 fase standart yang ada pada LCA . Hasil tahapan pada setiap fase berhubungan dari fase pertama sampai terakhir.

Metodologi LCA terdiri atas empat fase, yaitu :

1. *Goal and Scope Definition*

Merupakan pendefisian tujuan dan ruang lingkup rencana kerja yang akan diteliti menggunakan metode LCA. Dalam menentukan ruang lingkup pada LCA terdapat beberapa bagian antara lain:

- a. *Cradle to grave*, termasuk bahan dan rantai produksi energi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi, transportasi dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.
- b. *Cradle to gate*, meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.
- c. *Gate to gate*, meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir-fase kehidupan siklus hidupnya, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.
- d. *Gate to gate* meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses (Azis, 2020).

2. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Analisis persediaan adalah fase penilaian siklus hidup yang melibatkan kompilasi dan kuantifikasi input dan output untuk produk sepanjang siklus hidupnya didalam batasan (sistem produk) yang ditentukan dari tujuan penelitian. Data berikutnya yang harus dikumpulkan adalah data input-output

untuk produksi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk (termasuk bahan primer atau sekunder) (Fitriani, 2019).

3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokkan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang diperoleh pada tahapan LCI. Tujuan LCIA adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan produk berdasarkan hasil LCI dalam lingkup proyek yang diberikan dan menentukan kepentingan relatif setiap aliran dasar dalam masalah lingkungan yang diberikan. ISO mengembangkan standar untuk melakukan penilaian dampak berjudul ISO 14042, LCA ISO 1998, yang menyatakan bahwa ada tiga langkah yaitu pertama mengkategorikan dampak seleksi, kedua klasifikasi, dan yang ketiga yaitu karakterisasi merupakan langkah langkah wajib untuk LCIA. Dalam LCIA, efek yang dijelaskan merupakan semua efek dari aliran input dan output system menurut (Khairona, 2019) :

a. Memilih dan menentukan kategori dampak

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memilih dampak pada keseluruhan siklus hidup LCA . Langkah ini harus diselesaikan terlebih dahulu untuk panduan pengisian data LCI. Pada LCIA sendiri, dampak didefinisikan sebagai konsekuensi yang dapat disebabkan oleh input dan output aliran sistem pada kesehatan manusia, tanaman, dan hewan, atau masa depan ketersediaan sumber daya alam.

b. Klasifikasi

Tujuan klasifikasi (*classification*) adalah untuk mengetahui dan mengelompokkan dampak hasil dari LCI kedalam kategori dampak yang berhubungan. Sebagai contoh, emisi karbon dioksida dapat diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global. Penentuan hasil LCI ke kategori dampak harus mempertimbangkan dua situasi penentuan hasil LCI yang memiliki kemiripan antara satu kategori dengan satu kategori dampak dan identifikasi hasil LCI yang berkontribusi lebih dari satu kategori efek (ISO 14044 2006).

c. Karakterisasi

Karakterisasi atau faktor kesetaraan adalah mengkonversi serta menggabungkan hasil LCI menjadi indikator perwakilan dampak terhadap kesehatan manusia dan ekologi. Karakterisasi menyediakan cara untuk langsung membandingkan hasil LCI dalam setiap kategori dampak. Dengan kata lain, faktor-faktor karakterisasi menerjemahkan input persediaan yang berbeda ke dalam indikator dampak langsung dibandingkan.

d. Normalisasi

Menyatakan data indikator dampak dengan cara yang dapat dibandingkan antara kategori dampak. Prosedur ini menormalkan hasil indikator dengan membagi dengan nilai referensi yang dipilih. Tujuan dan lingkup LCA dapat mempengaruhi pilihan dari nilai referensi yang sesuai

e. Pengelompokan

Bertujuan untuk menyortir dan mengelompokkan indikator. Pengelompokan memberikan kategori dampak ke dalam satu atau lebih set untuk lebih memudahkan interpretasi hasil ke wilayah tertentu yang menjadi perhatian.

f. Pembobotan

Menilai atau memberikan nilai relatif terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan yang mereka pahami atau relevansi. Pembobotan ini penting karena kategori dampak juga harus mencerminkan tujuan belajar dan nilai-nilai stakeholder. Langkah pembobotan ini merupakan langkah paling penting namun juga kontroversial dalam metodologi LCA karena menggunakan penilaian subjektivitas yang tinggi (Khairona, 2019).

4. *Interpretation*

Interpretasi siklus hidup adalah fase akhir dari prosedur LCA, di mana hasil LCI atau LCIA atau keduanya diringkas dan didiskusikan sebagai dasar untuk pengambilan kesimpulan, pemberian rekomendasi dan pengambilan keputusan sesuai dengan definisi tujuan dan ruang lingkup yang telah

ditetapkan di tahap awal dari LCA. Interpretasi harus mencerminkan fakta bahwa hasil LCIA didasarkan pada pendekatan relatif, bahwa hal itu mengindikasikan dampak lingkungan yang potensial, dan tidak memprediksi dampak aktual pada titik akhir kategori atau ambang batas (Sirait, 2020).

Elemen utama dari fase ini adalah evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari studi ini. Fase ini terdiri dari beberapa tahap yaitu pengecekan mengenai konsistensi dengan tujuan untuk menentukan apakah asumsi, metode, model dan data konsisten terhadap tujuan dan lingkup studi mengenai siklus hidup produk dan opsi lainnya, Pengecekan mengenai kelengkapan dengan tujuan untuk memastikan semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk fase interpretasi sudah tersedia lengkap.

Analisis kontribusi dimana terjadi perhitungan kontribusi keseluruhan pada hasil dari berbagai faktor. Analisis ini menjawab pertanyaan tentang kontribusi dari aliran lingkungan, proses dan dampak yang spesifik terhadap nilai akhir, Analisis gangguan yang mempelajari efek dari perubahan kecil didalam sistem dari hasil LCA, Analisis sensitivitas ketidak pastian. Elemen ini menilai pengaruh dari hasil variasi dalam data proses, pemilihan model, dan variabel lainnya. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi dilakukan berdasarkan hasil (Azis, 2020).

Pada kualitas ekosistem, faktor yang menjadi indikasi adalah efek pada keanekaragaman species khususnya pada tanaman vaskular dan organisme yang lebih rendah. Dampak lingkungan level mid point yang masuk dalam kategori kualitas ekosistem adalah *ecotoxicity*, *acidification*, *eutrophication*, dan *land-use*. Sedangkan pada permasalahan pengurangan sumber daya alam kondisi yang dipertimbangkan adalah kelebihan energi yang dibutuhkan dimasa depan untuk mengekstrak sumber mineral dan sumber daya mineral yang berkualitas lebih rendah. Penipisan sumber mineral dipertimbang dalam kategori dampak mineral resource depletion. Berikut ini penjelasan mengenai masing-masing kategori dampak.

a. *Carcinogenic Effects*

Carcinogenic effects terjadi akibat emisi zat karsinogenik pada udara, air, dan tanah. Zat karsinogenik adalah suatu zat yang bisa menyebabkan kanker. Kanker terjadi karena berubahnya DNA sel, namun tidak semua zat karsinogenik menyebabkan kanker dengan mempengaruhi DNA secara langsung, tetapi bisa dengan cara lain seperti menyebabkan sel membelah pada tingkat yang lebih cepat dari biasanya dan meningkatkan kemungkinan perubahan DNA dapat terjadi. *The International Agency for Research on Cancer* (IARC, 2004) yang merupakan bagian dari *World Health Organization* (WHO) melakukan evaluasi potensi penyebab kanker lebih dari 900 kandidat potensial dan mengelompokkannya kedalam 5 kelompok. Kelompok pertama adalah group 1 yang merupakan karsinogenik terhadap manusia, group 2A kemungkinan besar karsinogenik terhadap manusia, group 2B kemungkinan kecil karsinogenik terhadap manusia, group 3 tidak terklasifikasikan sebagai karsinogenik pada manusia, group 4 kemungkinan bukan karsinogenik terhadap manusia. Kategori dampak lingkungan karsinogenik dinyatakan dalam kg C₂H₃Cl-eq sementara kerusakannya (damage categories) dinyatakan dalam *disability adjusted life years* (Daly)/kg emisi.

b. *Respiratory Organics/Inorganics*

Respiratory effects adalah salah satu kategori dampak lingkungan yang terjadi pada kesehatan manusia khususnya pada saluran pernapasan. *Respiratory effects* terdiri dari *respiratory organics* dan *respiratory inorganics*. *Respiratory organics* merupakan permasalahan pada saluran pernapasan yang terjadi akibat *summer smog* karena emisi zat organik di udara. Sedangkan *respiratory inorganics* diakibatkan oleh *winter smog* karena emisi debu, sulfur, dan nitrogen oksida ke udara (Pre, 2016). Kategori dampak lingkungan *respiratory organics* dinyatakan dalam kg C₂H₄-eq sedangkan *respiratory inorganics* dinyatakan dalam kg PM_{2.5}-eq. Kedua kategori dampak *respiratory* menyebabkan kerusakan

terhadap kesehatan manusia dan kerusakannya (*damage categories*) dinyatakan dalam *disability adjusted life years* (Daly)/kg emisi.

c. *Climate Change*

Climate change adalah dampak lingkungan akibat pergeseran musim yang menyebabkan kemarau atau hujan berkepanjangan dan pergeseran arus arah angin. *Climate change* terjadi karena *global warming* atau pemanasan global yang terjadi karena meningkatnya emisi gas rumah kaca pada atmosfer. *The New Mexico Solar Energy Association* (NMSEA, ND) mendefinisikan pemanasan global sebagai kenaikan suhu permukaan rata-rata bumi akibat efek gas rumah kaca, seperti emisi karbon dioksida dari pembakaran fosil atau dari penggundulan hutan, yang menjebak panas matahari sehingga tidak bisa keluar dari bumi. Efek rumah kaca terjadi karena adanya emisi GHG di atmosfer yang menghalangi keluarnya panas matahari dari bumi. Matahari memancarkan radiasi panas ke bumi, sekitar setengah dari radiasi tersebut diserap oleh permukaan bumi, sebagian dipantulkan oleh atmosfer, dan sisanya dipantulkan kembali oleh permukaan bumi. Radiasi (sinar inframerah) yang dipantulkan oleh permukaan bumi diteruskan melewati atmosfer untuk keluar dari bumi. Namun, adanya emisi GHG yang berlebihan mengganggu proses ini dengan menyerap atau memancarkan sinar inframerah kesegala arah. Hal ini mengakibatkan peningkatan suhu pada atmosfer disekitar permukaan bumi. Gas Rumah Kaca (GRK) atau *Greenhouse Gas* (GHG) merupakan gas-gas yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap efek rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim (BPKIMI, 2012). *United Nation Framework Convention On Climate Change* (UNFCCC, 2014) menyebutkan bahwa terdapat enam jenis gas yang mempengaruhi efek rumah kaca secara langsung, yaitu CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (*nitrous oxide*), PFC (*perfluorocarbons*), HFC (*hydrofluorocarbons*), dan SF₆ (*sulfur heksafluorida*). Sedangkan gas yang tidak secara langsung mempengaruhi efek rumah kaca adalah SO₂ (sulfur dioksida), NO_x (nitrogen oksida), CO (karbon monoksida),

dan NMVOC. Namun dari semua gas tersebut, terdapat 6 macam gas yang paling berkontribusi terhadap efek rumah kaca yaitu CO₂, CH₄, NO_x, CO, PFC, dan SF₆. Dari 6 macam GHG tersebut, CO₂ memiliki kontribusi terbesar dengan jumlah mencapai 76%, kemudian diikuti oleh CH₄ dengan jumlah 16%, N₂O sebanyak 6%, dan flourinate gases (PFC dan SF₆) sebanyak 2%. CO₂ merupakan GHG yang jumlahnya paling banyak di alam, oleh karena itu CO₂ menjadi pendekatan dalam mengukur emisi gas rumah kaca. Satuan yang digunakan untuk mengukur emisi GHG adalah CO₂-e (CO₂ ekuivalen). Aktivitas dan pola hidup manusia memiliki peranan besar dalam produksi emisi GHG. Aktivitas manusia yang berpengaruh adalah produksi energi listrik (25%), kegiatan industri (21%), kegiatan pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan (24%), transportasi (14%), bangunan (6%), dan penggunaan energi lainnya sebanyak 10%.

d. *Radiation*

Radiation atau radiasi adalah sebuah energi yang dipancarkan oleh suatu sumber tertentu contohnya panas atau cahaya matahari, gelombang mikro dari oven, sinar x dari tabung x-ray, dan sinar gamma dari unsur radioaktif. Radiasi dibedakan menjadi dua yaitu ionizing radiation dan non-ionizing radiation. Perbedaan kedua jenis radiasi ini adalah pada jumlah energi yang dimilikinya, ionizing radiation terjadi apabila radiasi memiliki cukup energi untuk memindahkan sebuah elektron dari atom atau molekul (Division of Chemistry Education, 2017). Sedangkan *World Health Organization* (WHO, 2017) mendefinisikan ionizing radiation sebagai radiasi dengan energi yang cukup sehingga selama interaksi dengan atom, radiasi ini dapat melepaskan elektron yang terikat ketat dari orbit atom, menyebabkan atom tersebut terisi atau terionisasi. Dalam pengaruhnya terhadap kesehatan manusia, ionizing radiation sering diasumsikan terjadi apabila radiasi sama dengan ionisasi air yaitu sebesar 1216 kJ/mol, hal ini karena 70-90% jaringan tubuh makhluk hidup terdiri dari air. *Electromagnetic radiation* yang ada dalam kehidupan sehari-hari adalah *heat waves*, *radio waves*, *infrared light*, *visible light*,

ultraviolet light, *x-ray*, dan *gamma ray*. Electromagnetic radiation yang memiliki panjang gelombang lebih panjang atau frekuensi gelombang yang lebih rendah contohnya heat dan radio memiliki energi lebih sedikit dibandingkan dengan panjang gelombang yang lebih pendek atau frekuensi gelombang yang lebih tinggi seperti sinar x dan sinar gamma. Radiasi yang memiliki jumlah energi yang cukup dapat menyebabkan kerusakan pada kesehatan. Diluar ambang batas tertentu radiasi dapat menyebabkan gangguan fungsi jaringan atau organ dan dapat menyebabkan efek akut seperti kemerahan kulit, rambut rontok, luka bakar radiasi, sindrom radiasi akut. Jika dosis radiasi rendah dan diberikan selama jangka waktu yang lama maka akan memiliki resiko yang lebih rendah karena ada kemungkinan terjadinya perbaikan, namun hal ini juga dapat memicu terjadinya kanker. Selain itu paparan radiasi terhadap ibu hamil dapat menyebabkan kerusakan otak pada janin dan meningkatnya resiko kanker. Kategori dampak lingkungan radiation dinyatakan dalam Bq C-14 eq sedangkan dampak radiation menyebabkan kerusakan terhadap kesehatan manusia dan kerusakannya (damage categories) dinyatakan dalam disability adjusted life years (Daly)/kg emisi.

e. *Ozone Depletion*

Lapisan ozon adalah sabuk gas ozon alami yang berada 15-30 km diatas bumi (pada lapisan stratosfer) dan berfungsi sebagai pelindung dari radiasi ultraviolet B (UVB) yang dipancarkan oleh matahari (National Geographic, 2015). Kerusakan pada lapisan ozon atau *ozone depletion* terjadi karena adanya emisi gas yang mengandung bahan kimia klorin dan bromin. Chlorofluorocarbons (CFC) merupakan bahan kimia yang banyak ditemukan di semprotan aerosol yang banyak digunakan oleh negara-negara industri selama 50 tahun terakhir adalah penyebab utama kerusakan lapisan ozon. Ketika CFC mencapai atmosfer bagian atas, senyawa tersebut akan terpecah menjadi zat yang mengandung klorin akibat terkena sinar ultraviolet. Klorin bereaksi dengan atom oksigen di ozon dan merobek molekul ozon. Satu atom klorin dapat menghancurkan

lebih dari seratus ribu molekul ozon (EPA, 2015). Meskipun penggunaan CFC telah dilarang di negara-negara industri seperti Amerika Serikat dan Eropa, namun diperkirakan akan memakan waktu selama 50 tahun agar kadar klorin di atmosfer kembali ke tingkat alami. Kerusakan pada lapisan ozon dapat meningkatkan masuknya UVB ke permukaan bumi. Jumlah UVB yang meningkat akan berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2015) menyatakan bahwa peningkatan jumlah UVB dapat menyebabkan kanker kulit non-melanoma dan berperan besar dalam pengembangan melanoma ganas. Selain itu, UVB telah dikaitkan dengan perkembangan katarak yang mengaburkan lensa mata. Pada hewan, radiasi UVB juga menghambat siklus reproduksi fitoplankton, organisme bersel tunggal seperti ganggang yang membentuk anak tangga terbawah dari rantai makanan. Dengan terganggunya rantai makanan terbawah, dikawatirkan bahwa pengurangan populasi fitoplankton akan berdampak pada populasi hewan lain. Peneliti juga telah mendokumentasikan perubahan tingkat reproduksi pada hewan laut seperti ikan muda, udang, dan kepiting serta hewan amfibi seperti katak dan salamander yang terkena radiasi UVB. Kategori dampak lingkungan ozone depletion dinyatakan dalam kg KFC-11 eq sedangkan dampak ozone depletion menyebabkan kerusakan terhadap kesehatan manusia dan kerusakannya (damage categories) dinyatakan dalam *disability adjusted life years* (Daly)/kg emisi.

f. *Ecotoxicity*

Ecotoxicity adalah kemampuan suatu senyawa kimia atau limbah berbahaya dalam memberikan dampak buruk terhadap lingkungan dan organisme yang ada di dalamnya. *Ecotoxicity* diukur dalam dua bagian yang berbeda yaitu pada ekosistem air tawar dan ekosistem tanah atau lahan. Emisi dari beberapa zat seperti logam berat dapat memberikan dampak pada ekosistem, pengukuran *ecotoxicity* dilakukan dengan mengukur seberapa besar toleransi kerusakan yang dapat diterima oleh ekosistem. Contoh komponen penyebab *ecotoxicity* yang umum ditemui

adalah *polychlorinated biphenyls* (PCBs) yang banyak ditemukan di cairan pendingin dan isolasi, pestisida, cetakan dan mikotoksin lainnya, phthalates yang ditemukan pada kemasan plastik, *volatile organic compounds* (VOCs) senyawa organik yang mudah menguap seperti *formaldehyde*, logam berat, *chloroform*, dan *chlorine* yang biasa ditemukan pada pembersih rumah tangga. Dampak dari *ecotoxicity* bagi makhluk hidup dapat dialami secara langsung maupun tidak langsung. Contoh dampak secara langsung adalah melalui konsumsi langsung senyawa berbahaya atau bahan makanan yang telah tercemar senyawa berbahaya. Akibat dari konsumsi secara langsung adalah permasalahan pada perkembangan dan reproduksi, beberapa kasus bahkan dapat merusak struktur genetic contohnya pada penggunaan pestisida yang berlebihan. Sedangkan dampak secara tidak langsung adalah hilangnya sumber makanan akibat senyawa berbahaya, hal ini juga akan mengganggu keseimbangan ekosistem karena akan mengganggu rantai makanan. Kerusakan akibat *ecotoxicity* dinyatakan dalam *potentially affected fraction (PAF)*m²*year/kg emisi*.

g. *Acidification/Eutrophication*

Acidification merupakan dampak lingkungan yang dapat menyebabkan hujan asam maupun polusi air. Hujan asam dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan, tumbuhan, serta dapat menyebabkan korosi pada logam. Penyebab terjadinya *acidification* adalah karena adanya polusi udara yang menyebabkan menurunnya kadar pH pada air sehingga menyebabkan air bersifat asam. Sedangkan *eutrophication* adalah kerusakan lingkungan akibat air mengandung terlalu banyak nutrisi. Kelebihan nutrisi pada air akan mengganggu keseimbangan ekosistem, contohnya pada danau akan ditumbuhi tanaman air dalam jumlah yang banyak, akibatnya organisme lain di air akan kekurangan oksigen dan mati. *Acidification* dan *eutrophication* termasuk kedalam kategori dampak lingkungan yang merusak ekosistem, kerusakannya dinyatakan dalam *potentially disappeared fraction (PAF)*m² *years/kg emission*.

i. *Land-Use*

Land use merupakan dampak lingkungan yang berhubungan dengan berkurangnya keragaman spesies terutama akibat penggunaan lahan oleh manusia. Dampak dari land use adalah hilangnya kesempatan bagi hewan dan tumbuhan dalam memanfaatkan lingkungan sebagai tempat tinggal dan mencari makan. Penyebab dampak lingkungan land use adalah pembukaan lahan baru, alih fungsi lahan, serta kerusakan hutan. Kerusakan akibat land use dinyatakan dalam $\text{potentially disappeared fraction (PAF)} \times \text{m}^2 \times \text{years}$ yang berarti potensial kehilangan spesies per m^2 tiap tahunnya.

j. *Mineral Resource Depletion*

Mineral resource depletion adalah dampak lingkungan yang ditimbulkan karena penggunaan sumber daya mineral seperti minyak bumi dan hasil tambang yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan sumber daya secara terus menerus akan menimbulkan dampak lingkungan ini. Kerusakan yang terjadi karena kategori dampak lingkungan ini dinyatakan dalam surplus energi karena manusia akan selalu mengekstrak sumber daya terbaik terlebih dahulu, kemudian menyisakan sumber daya yang berkualitas kurang baik. Generasi selanjutnya akan memerlukan usaha yang lebih untuk mendapatkan sumber daya berkualitas, sehingga kerusakan dinyatakan dalam jumlah surplus energi yang diperlukan untuk mengekstrak sumber daya di masa depan (Saputra, 2017).

F. SimaPro

Software SimaPro merupakan salah satu alat yang bisa digunakan dalam membantu analisa LCA. Dimana software ini membantu menganalisis aspek-aspek lingkungan dari produk maupun jasa secara sistematis dan konsisten. SimaPro ini dikembangkan dan dipasarkan oleh Pre Konsultan, didirikan pada tahun 1990, di Belanda (Fitriani, 2019).

Beberapa fitur yang tersedia pada SimaPro sebagai berikut:

1. Pemodelan siklus hidup yang kompleks dan produk yang kompleks.
2. Fitur analisis lanjutan.

3. Termasuk metode penilaian persediaan (LCI) database dan dampaknya.
4. Ecoinvent database yang disertakan, opsional untuk versi pendidikan.
5. Tersedia dalam berbagai versi (*single / multi user*) dan dalam berbagai bahasa seperti Perancis, Jerman, Italia, Spanyol, Jepang, Swedia, Korea, Belanda dan Inggris (Yola, 2013).

Tahapan analisa LCA pada software SimaPro yakni:

1. Menentukan *Goal and Scope*
 - a. *Text field*, untuk menginput data pemilik, judul penelitian, tanggal, komentar, alasan dan tujuan melakukan penelitian LCA.
 - b. Pemilihan *libraries*, untuk memilih metode yang akan digunakan dalam analisi LCA.
 - c. Input data yang terdiri dari material dan energi yang digunakan saat proses produksi.
 - d. Output yang dihasilkan dari proses produksi, berupa emisi.
2. Melakukan inventarisasi
 - a. *Process*, memasukan data mengenai input dan output, documentation, parameter, dan system descriPTION mengenai proses produksi pada industri tersebut.
 - b. *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
 - c. *System descriPTION*, rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem
 - d. *Waste types*, terdapat *waste scenarios* (material dibuang) dan disposal scenarios (produk yang digunakan kembali).
3. Penilaian Terhadap Cemar
 - a. *Characterization*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 impact category yang terdapat pada LCA. Pada *characterization* akan disajikan nilai presentasi masing masing emisi karsinogen yang dihasilkan oleh sub proses terhadap 1 kategori dampak.
 - b. *Normalization*, merupakan penilaian dengan membandingkan hasil dari impact category indicator dengan nilai normal. Hal ini bertujuan

menyetarakan satuan sesuai ketentuan satuan masing-masing impact category secara internasional. Seperti pada impact climate change, hasil emisi dikonversi dalam unit pt.

- c. *Weighting*, merupakan proses mengkalikan *impact category indicator* dengan *weighting score* dan diakumulasikan sebagai *total score*.
- d. *Single score*, merupakan proses yang memperlihatkan proses produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.

4. Interpretasi data

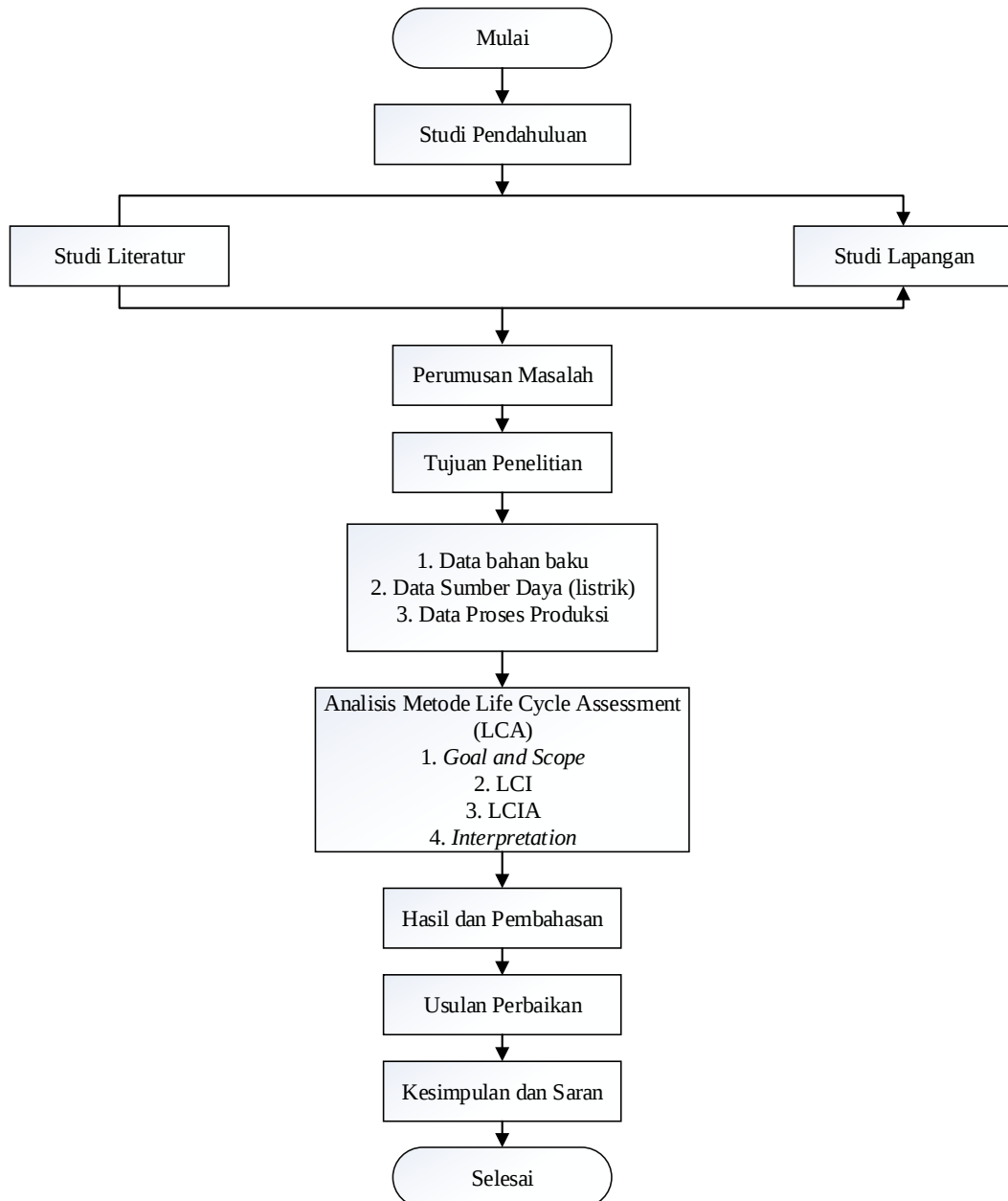
Mengevaluasi suatu kesimpulan untuk digambarkan dan bagaimana dapat dipertanggung jawabkannya (Azis, 2020).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Flowchart Metode Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan flowchart metode penelitian yang akan dijakankan pada penelitian ini.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif, dengan metode *Life Cycle Assessment*. Dengan tahap *Goal and Scope*, *Life Cycle Inventory*, dan *Life Cycle Impact Assessment* untuk menganalisa dampak mikroplastik pada proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan.

C. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam waktu 2 bulan, yaitu pada bulan April sampai dengan Mei 2021. Penelitian ini bertempat Kalibrasi Pedan Klaten.

D. Tahapan Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Permasalahan difokuskan pada proses produksi sablon yang terjadi pada Kalibrasi Pedan yang menghasilkan mikroplastik susah terturai. Sehingga akan dilakukan analisis mikroplastik pada proses produksi sablon kaos dengan metode LCA menggunakan aplikasi SimaPro.

2. Studi Pendahuluan

Pada Tahap ini, dilakukan pengamatan pada objek penelitian. Studi pendahuluan ini dilakukan dengan 2 cara yaitu :

a. Studi Lapangan

Merupakan salah satu kegiatan mengamati objek penelitian yaitu mikroplastik pada proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan. Yang bertujuan untuk mencari permasalahan yang ada di lapangan, serta untuk mengetahui data data yang berhubungan dengan mikroplastik dengan metode LCA.

b. Studi Literatur

Merupakan kegiatan awal dari proses pencocokan data sementara dengan referensi mengenai mikroplastik dan bertujuan untuk mendalami dan memahami mengenai penggunaan metode LCA yang terdapat pada buku, jurnal, dan artikel ilmiah dari penelitian sebelumnya. Serta mempelajari tentang penggunaan aplikasi SimaPro untuk menganalisis dampak lingkungan yang timbul akibat mikroplastik.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan garis besar objek penelitian yang akan dicari solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Perumusan masalah pada penelitian ini adalah : Bagaimana analisa mikroplastik pada proses produksi sablon dengan pendekatan *Life Cycle Assessment* di Kalibrasi Pedan ?

4. Tujuan Penelitian :

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan perumusan masalah yang ada. Tujuan penelitian adalah Menganalisis mikroplastik pada proses produksi sablon dengan metode LCA pada Kalibrasi Pedan. Penelitian ini bersifat *cradle to gate* yang menganalisis mulai dari proses cetak sablon (*cradle*), proses produksi, sampai dengan finishing (*gate*).

5. Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah :

a. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara wawancara langsung dan pengamatan langsung kepada pihak industri. Data primer yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah:

- 1) Data bahan baku / material (input) yang dibutuhkan selama proses produksi. Bahan baku yang dibutuhkan selama proses produksi meliputi : Tinta sablon berjenis plastisol, bremoltex, kertas hvs, tinta print kertas, solar, kaporit, dan air.
- 2) Data Proses Produksi meliputi waktu, jumlah produksi, dan produk jadi serta mikroplastik yang dihasilkan selama proses produksi (*output*).

Adapun sampel dari populasi yang ditujukan pada kuesioner dan wawancara ini adalah pihak-pihak yang terkait di Kalibrasi Pedan, seperti karyawan, dan pembimbing lapangan.

b. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan teknik kepustakaan dan dokumentasi.

- 1) Profil perusahaan yang merupakan data perusahaan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini.

- 2) Manajemen perusahaan, meliputi jumlah operator didalam setiap proses produksi, jam kerja, data jumlah permintaan.

6. Analisis *Life Cycle Assessment*

Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan mulai diolah dengan metode LCA. Tahap ini akan dilakukan analisis dampak dari mikroplastik terhadap lingkungan yang akan dihasilkan dari aktivitas produksi menggunakan LCA. Beberapa tahapan diantaranya sebagai berikut:

a. *Goal and scope*

Penentuan *goal* dan *scope* dari penelitian ini adalah sebagai arahan dan batasan yang jelas untuk penelitian ini. *Goal* yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisis mikroplastik pada proses produksi di Kalibrasi Pedan dan mengetahui potensi dampak dari proses produksi sablon ini. Sedangkan *scope* LCA adalah memfokuskan pada Analisa dampak mikroplastik pada proses produksi produk sablon mulai dari proses cetak desain sampai dengan proses finishing. Kategori dampak yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah *carcinogens* dan *ecotoxicity*. Pada proses produksi sablon, bahan bakar yang paling banyak digunakan adalah listrik. Dari mulai proses print desain pada kertas sampai dengan proses press kain semuanya menggunakan tenaga listrik. Proses tersebut akan menghasilkan emisi, sampah, dan dampak lingkungan. Dalam SimaPro, dampak lingkungan yang dihasilkan akan dilakukan penilaian menggunakan metode Eco Indicator 99(H).

b. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Hasil dari tahap LCI adalah sebuah analisa persediaan berupa material yang digunakan selama proses produksi, jumlah energi, dan emisi yang dilepaskan ke lingkungan. Langkah pada LCI adalah :

- 1) Mengidentifikasi tahap-tahap yang dilakukan pada proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan.
- 2) Mengidentifikasi jumlah mesin dan alat bantu yang digunakan pada setiap tahap produksi sablon di Kalibrasi Pedan.
- 3) Mengamati dan menentukan input, output dan proses yang dilakukan pada setiap tahap proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan.

- 4) Mengidentifikasi daya yang diperlukan mesin saat beroperasi pada setiap tahap produksi sablon, dan juga mengamati berapa lama waktu yang dibutuhkan mesin tersebut untuk menyelesaikan pekerjaannya.
- 5) Menghitung emisi yang dihasilkan pada setiap tahap proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan.

Perhitungan emisi didasarkan pada konsumsi energi pada proses produksi untuk emisi listrik dan limbah cair menurut (Nugraha, Suparno, & Indrasti, 2020) :

$$ECO_2 = QL \times FE \dots\dots\dots(1)$$

$$CH_4 = VLC \times FE \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan mengenai rumus diatas dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.1 Simbol dan Penjelasan Rumus

Simbol	Penjelasan
A	Data Aktifitas (kWH listrik, liter minyak tanah, dsb)
FE	Faktor emisi (0,84kg CO ₂ /kWH)
VLC	Volume Limbah Cair (L)
FE	Faktor Emisi (0,025kg CH ₄)

Pada tabel 3.2 dapat dilihat life cycle inventory yang akan dihasilkan pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Life Cycle Inventory

Input	Proses	Output
Material, energy, resources	Proses 1	Unit, emisi, polusi
Material, energy, resources	Proses 2	Unit, emisi, polusi
Material, energy, resources	Proses 3	Unit, emisi, polusi
Material, energy, resources	Proses 4	Unit, emisi, polusi

c. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Pada tahap LCIA, peneliti mengevaluasi potensi yang mengakibatkan terganggunya kesehatan manusia dan dampak lingkungan yang terjadi dari proses LCI. Penilaian dampak membahas mengenai efek dari proses produksi sablon terhadap kesehatan manusia dan juga lingkungan. Dalam SimaPro, dampak lingkungan yang dihasilkan akan dilakukan penilaian menggunakan metode Eco Indicator 99(H). Menurut penelitian dari (Hevira, Alwinda, & Hilaliyati, 2020) diketahui bahwa penggunaan pewarna sintetis dapat memicu dampak karsinogen pada tubuh dan lingkungan. Dalam proses sablon, jenis pewarna yang digunakan adalah pewarna sintetis, jadi kategori dampak yang dipilih oleh penulis adalah *charcinogens*, dan *ecotoxicity*. Hasil penginputan data LCI diperoleh grafik dari setiap proses dimana menunjukkan nilai impact assessment yang menjadi prioritas. Prioritas impact assessment pada penelitian ini akan dipilih berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan oleh mikroplastik. Sehingga dari 14 impact assessment dieleminasi sesuai dengan jumlah emisi yang diinput. Langkah - langkah yang dilakukan pada tahap LCIA dijelaskan pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Life Cycle Impact Assessment

No.	Proses	Penjelasan
1.	Seleksi dan Mengidentifikasi Kategori Dampak	Mengidentifikasi kategori dampak lingkungan yang sesuai dengan proses produksi sablon. Seperti <i>Carcinogens</i> , <i>Ozone Layers</i> , dan <i>ecotoxicity</i> .
2.	Klasifikasi	Mengklasifikasikan hasil dari tahap LCI pada kategori dampak. Seperti emisi mikroplastik berdampak pada <i>Carcinogens</i> .
3.	Karakterisasi	Pemodelan dari hasil tahap LCI pada kategori dampak yang telah ditentukan menggunakan faktor konversi berbasis ilmu pengetahuan. Seperti pemodelan dampak potensial mikroplastik pada <i>ecotoxicity</i> .

Tabel 3. 4 Life Cycle Impact Assessment (lanjutan)

No.	Proses	Penjelasan
4.	Normalisasi	Menunjukkan dampak potensial yang terjadi dengan cara melakukan pembagian nilai yang diperoleh dari impact category yang telah dipilih dengan nilai normal. Impact category terpilih penelitian ini ditentukan berdasarkan dampak terbesar yang timbul akibat kegiatan industri sablon Kalibrasi Pedan.
5.	Pengelompokan	Menyortir dengan menggunakan suatu indikator. Semisal menyortir indikator berdasarkan lokasi.
6.	Pembobotan	Melakukan pembobotan pada kategori dampak yang paling potensial

d. *Interpretation*

Pada tahap ini, menjabarkan hasil dari goal and scope yang telah ditentukan, serta analisis LCI dan LCIA dengan metode Eco Indicator 99. Pengaruh prosedur ini pada hasil harus dibahas dalam fase "interpretasi". Berisikan evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari penelitian ini.

Fase ini terdiri dari beberapa tahap:

- 1) Pengecekan mengenai konsistensi dengan tujuan untuk menentukan apakah asumsi, metode, model dan data konsisten terhadap tujuan dan lingkup studi mengenai siklus hidup produk dan opsi lainnya. Pengecekan mengenai kelengkapan dengan tujuan untuk memastikan semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk fase interpretasi sudah tersedia lengkap.
- 2) Analisis kontribusi dimana terjadi perhitungan kontribusi keseluruhan pada hasil dari berbagai faktor. Analisis ini menjawab pertanyaan tentang kontribusi dari aliran lingkungan, proses, dan dampak yang spesifik terhadap nilai akhir.
- 3) Analisis gangguan yang mempelajari efek dari perubahan kecil di dalam sistem dari hasil LCA.

- 4) Analisis sensitivitas dan ketidakpastian Elemen ini menilai pengaruh dari hasil variasi dalam data proses, pemilihan model, dan variabel lainnya. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi dilakukan berdasarkan hasil.

7. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, maka selanjutnya kita dapat menganalisis lebih rinci dari hasil pengolahan data tersebut. Analisis tersebut akan mengacu pada tujuan penelitian dan akan menjawab pertanyaan pada perumusan masalah

8. Usulan Perbaikan

Setelah selesai analisa dan pembahasan mengenai permasalahan mikroplastik yang dihasilkan dari industri sablon di Kalibrasi Pedan tersebut, dibuat usulan perbaikan bagaimana cara mengurangi dan menanggulangi dampak lingkungan agar tidak berkepanjangan dan merusak alam.

9. Kesimpulan dan saran

Pada bagian ini berisi kesimpulan dari kegiatan penelitian yang akan dilakukan disertai dengan saran-saran yang dapat dijadikan sebagai bahan masukan atau bahan pertimbangan perusahaan dalam mengatasi mikroplastik dari proses produksi sablon.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa, analisis LCA pada proses produksi sablon di Kalibrasi Pedan menghasilkan dampak mikroplastik yang signifikan, ditunjukkan dengan tingginya kandungan *carcinogens* sebesar 0,029 kg C₂H₃Cl-eq dan *ecotoxicity* sebesar 0,0032 (PAF)*m²*year/kg.
2. Strategi usulan perbaikan untuk mengurangi mikroplastik pada proses produksi sablon adalah dengan mengganti penggunaan zat warna tinta plastisol dengan menggunakan zat warna alam. Atau dengan pembuatan filter mikroplasti dengan media cangkang kerang. Selain itu, bisa juga dengan bioremediasi menggunakan bakteri indigenous.

B. Saran

Diharapkan perusahaan dapat mengganti material zat warna tinta plastisol menggunakan zat warna alam untuk mengurangi dampak lingkungan di sekitar tempat produksi. Saran untuk peneliti selanjutnya untuk dapat menghitung juga emisi yang dihasilkan dari distribusi bahan baku dan distribusi produk jadi ke konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, N. Q. (2019). Analisis Mikroplastik Menggunakan Ft-Ir Pada Air, Sedimen, Dan Ikan Belanak (Mugil Cephalus) Di Segmen Sungai Bengawan Solo Yang Melintasi Kabupaten Gresik. *Digilibuinsby*, 70.
- Aji, N. A. T. (2017). *Identifikasi Mikroplastik di Perairan Bangsring-Jawa Timur*.
- Alisyahbana, R. (2020). Pengolahan Air Limbah Sablon Menggunakan Metode Kombinasi Bak Berjenjang Dengan Tanaman Eceng Gondok. *Eprints Ums*, 14.
- Andika, R., & Safarizki, H. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Tambah Dan Komplemen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 1(1), 6.
- Aniza, E. A. (2017). Analisis Dampak Lingkungan Penggunaan Material Pada Produksi Batik Cap Menggunakan Simapro (Studi Kasus : UKM Batik Putra Laweyan , Surakarta). *Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1(1), 17.
- Azis, R. A. (2020). Analisis Dampak Lingkungan Produksi Kayu Lapis Dengan Metode Life Cycle Assessment. *Http://Eprintslib.Ummgl.Ac.Id*, 41.
- Aziz, R., & Febriardy. (2016). Sampah Perkantoran Kota Padang Menggunakan Metode Life Cycle Assessment Analysis Of Solid Waste Management System Of Institutional Source Of Padang City Using Life Cycle Assessment Method. *Jurnal Dampak*, 9.
- Effendi, A. (2016). Implementation Of Life Cycle Assessment (Lca) And Analytical Network Process (Anp) For Environmental Management In Pt. Charoen Pokphand - Krian.
- Enrico. (2019). Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan Dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha. *Moda*, 1(1), 13.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous. *Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan 2018*, (2015), 302–312.
- Fitriani, E. (2019). Penerapan Life Cycle Assessment (Lca) Pada Industri Kecil Menengah Keripik Sanjai Di Bukittinggi. *Http://Ecampus.Sttind.Ac.Id*, 60.
- Haninda, G. L. (2018). Analisa Desain Pada Produk Alat Sablon Portable Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Studi Kasus Pada Industri Sablon Di Daerah Istimewa Yogyakarta). *Dspace.Uii.Ac.Id*, 87.
- Hevira, L., Alwinda, D., & Hilaliyati, N. (2020). Analisis Pewarna Rhodamin B Pada Kerupuk Merah Di Payakumbuh. *Chempublish Journal*, 5(1), 27–35.
- Ilhamdika, M. (2017). Analisa Dampak Lingkungan Dari Proses Daur Ulang Plastik Dengan Pendekatan Life Cycle Assessment. *Studen Journal*, 91.
- Istiqomah, N. (2020). Pemanfaatan Media Cangkang Kerang Sebagai Filter Tambak Untuk Mereduksi Mikroplastik Pada Air Laut. *Digilib.Uinsby.Ac.Id*, 1(1), 88.
- Khairona, M. A. (2019). Analisis Kategori Dampak Lingkungan Proses Pembuatan Cup Polystyrene Menggunakan Metode Life Cycle Assessment. *Dspaceuii*, 14522355.
- Lussa, M. O. (2017). Penyisihan Logam Berat Oleh Karbon Aktif Daun Eceng Gondok Pada Limbah Cair Sablon. *Researchgate*, 4.

- Luzar, L. C. (2010). Kreasi Cetak Sablon Mudah Dan Berkualitas Tinggi Pada Kaos. *Humaniora*, 1(9), 778–791.
- Nugraha, A. W., Suparno, O., & Indrasti, N. S. (2020). Analisis Potensi Jejak Karbon Limbah Cair Dan Listrik Pada Proses Penyamakan Kulit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(3), 256–264.
- Pawestri, D. S., Budiono, Z., & Abdullah, S. (2020). Efisiensi Multi Soil Layering (Msl) Dalam Menurunkan Kadar Chromium Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Sablon Di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas. *Buletin Keslingmas*, 39(3), 131–137.
- Prabawa, A. A. N. P., & Budhi, M. K. S. (2017). Pengaruh Modal, Tingkat Upah, Dan Teknologi Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Dan Produktivitas Pada Industri Sablon Di Kota Denpasar. *E-Jurnal EP Unud*, 6(7), 1157–1184.
- Pujadi, & Yola, M. (2013). Analisis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Http://Repository.Uin-Suska.Ac.Id*, 127.
- Putra, T. sapto adi. (2020). Gambaran Pengelolaan Dan Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Sablon Di Desa Pemogan Tahun 2020. *Jurnal Kesehatan*.
- Putri, C. J. F. (2017). Identifikasi Keberadaan Dan Jenis Mikroplastik Pada Ikan Bandeng (Chanos Chanos, Forskal) Di Tambak Lorok, Semarang. *Repositoryunika*, 13.
- Rachmayanti. (2020). Konsentrasi Mikroplastik Pada Sedimen Di Perairan Burau Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. *Jurnal Universitas Hassanudin*, 30.
- Rahmadhani, F. (2019). Identifikasi Dan Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Pelagis Dan Demersal Serta Sedimen Dan Air Laut Di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Http://Digilib.Uinsby.Ac.Id*, 78.
- SAPUTRA, I. P. E. R. (2017). Penerapan Life Cycle Energy Analysis (Lcea) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Dari Konsumsi Energi Di Hotel Alila Manggis. *TI 141501*, 1(1), 155.
- Sari, K. (2018). Keberadaan Mikroplastik Pada Hewan Filter Feeder Di Padang Lamun Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Journal Trunojoyo*, 59.
- Sirait, M. (2020). Studi Life Cycle Assessment Produksi Gula Tebu : Studi Kasus di Jawa Timur. *Journal of Science and Technology*, 13(2), 197–204.
- Widianarko, B., & Hantoro, I. (2018). *Mikroplastik dalam dari Pantai Utara Jawa Seafood*.
- Widiastuti, & Fitriana, N. (2003). Pengaruh Waktu Fiksasi Dan Waktu Steam Pada Pencapan Screen (Sablon) Menggunakan Zat Warna Alam Terhadap Kualitas Hasil Pencapan Pada Kain Sutra. *Balai Pustaka*, 1(1), 1–21.
- Wijayanti, A., & Hadisoebroto, R. (2020). Pelatihan Pengolahan Air Limbah Industri Rumahan Sablon (Warna Dan B3) Di Kelurahan Krendang , Kecamatan Tambora , Jakarta Barat. *Jurnal Wahana Abdimas Sejahtera*, 1(1), 100–108.

