

**PENERAPAN PENDEKATAN *LEAN AND GREEN MANUFACTURING* DALAM
PRODUKSI BATIK UNTUK PENGURANGAN *ENVIRONMENTAL WASTE* PADA
PROSES BATIK TULIS
(STUDI KASUS: UKM SRI KUNCORO BANTUL)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri Program Sarjana - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Iqbal Hilal Mujafar
No. Mahasiswa : 20522151

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 9 September 2024



(Iqbal Hilal Mujafar)

20522151

SURAT BUKTI PENELITIAN

BATIK TULIS SRI KUNCORO

Alamat: Jalan Imogiri Timur Km. 14, Giriloyo, Karang Kulon, Wukirsari, Kec.
Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

SURAT KETERANGAN

Dengan ini UKM Batik Tulis Sri Kuncoro menerangkan bahwa:

Nama : Iqbal Hilal Mujafar
NIM : 20522151
Jurusan : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Yang bersangkutan diatas telah selesai melakukan penelitian (research) gunan
untuk penulisan skripsi di UKM Batik Tulis Sri Kuncoro selama periode 29 Februari –
29 Maret 2024. Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan
sebagaimana mestinya.

Bantul, 25 Agustus 2024

Pemilik UKM Sri Kuncoro



Ibu Imaroh

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENERAPAN PENDEKATAN *LEAN AND GREEN MANUFACTURING*
DALAM PRODUKSI BATIK UNTUK PENGURANGAN *ENVIRONMENTAL*
WASTE PADA PROSES BATIK TULIS
(STUDI KASUS: UKM SRI KUNCORO BANTUL)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Iqbal Hilal Mujafar

No. Mahasiswa : 20522151



Yogyakarta, 03 Oktober 2024

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Yuli', is written over a horizontal line.

(Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENERAPAN PENDEKATAN *LEAN AND GREEN MANUFACTURING*
DALAM PRODUKSI BATIK UNTUK PENGURANGAN *ENVIRONMENTAL*
WASTE PADA PROSES BATIK TULIS
(STUDI KASUS: UKM SRI KUNCORO BANTUL)**

TUGAS AKHIR**Disusun Oleh :**

Nama : Iqbal Hilal Mujafar
No. Mahasiswa : 20 522 151

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 03 – 10 – 2024**

Tim Penguji

Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng

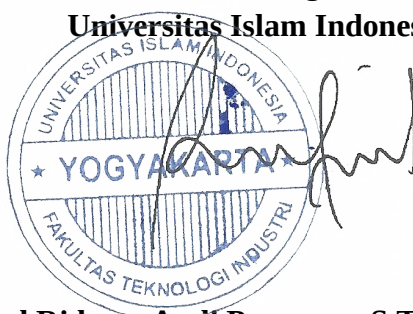
Ketua

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

Anggota I

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T

Anggota II

Mengetahui,**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana****Fakultas Teknologi Industri****Universitas Islam Indonesia****Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.****NIK. 015220101**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alam

Dengan mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT yang maha mengetahui hati seseorang. Dengan ini saya persembahkan hasil penelitian tugas akhir saya kepada kedua orang tua saya, yaitu Almarhum Bapak Surti dan Ibu Suparti yang senantiasa mendukung, mendoakan, serta memberikan kesempatan saya menyelesaikan masa perkuliahan, Selanjutnya kepada dosen pembimbing saya Bapak Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng. yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing saya dengan sabar. Serta teman-teman yang selalu memberikan segala bentuk dukungan, semangat dan ketersediaan menemani saya ketika pengerjaan tugas akhir ini hingga selesai.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”
(Al-Baqoroh:286)

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.”
(Al-Insyirah:5)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkan ku tidak menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkan ku”
(Umar Bin Khattab)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamini, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di UKM Sri Kuncoro dan penyusunan laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya yang telah membimbing manusia keluar dari zaman jahiliyah menuju zaman dengan penuh ilmu pengetahuan.

Tugas Akhir ini menjadi salah satu syarat dari Program Studi Teknik Industri FTI UII bagi mahasiswanya untuk memperoleh gelar Strata-1 (S1). Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan penulis dapat mengetahui penerapan serta mengimplementasikan terkait keilmuan Teknik Industri di melalui studi kasus yang terdapat di perusahaan terkait. Selain itu, diharapkan juga Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak gambaran kepada penulis terkait dunia kerja agar dapat mempersiapkan diri sebelum memasukinya. Penulis mengharapkan dengan penulisan laporan kerja praktik ini yang berjudul **“Penerapan Pendekatan *Lean And Green Manufacturing* Dalam Produksi Batik Untuk Pengurangan *Environmental Waste* Pada Proses Batik Tulis (Studi Kasus: UKM Sri Kuncoro Bantul)”** dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri, pembaca, pihak Universitas Islam Indonesia terkhusus Program Studi Teknik Industri, maupun bagi UKM Sri Kuncoro

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari orang-orang yang telah berkontribusi baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu, izinkan penulis untuk mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN, Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama pelaksanaan tugas akhir hingga penyusunan laporan tugas akhir
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material sehingga penulis dapat melaksanakan tugas akhir dengan baik.
5. UKM Sri Kuncoro yang telah memberikan penulis kesempatan dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian.
6. Ibu Imaroh selaku pemilik UKM Sri Kuncoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melaksanakan penelitian.
7. Rafif dan Dede selaku partner penelitian yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta bekerjasama penuh kepada penulis selama tugas akhir.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namun telah memberikan semangat dan dukungan penuh kepada penulis.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlimpah serta rahmat dan karunia-Nya kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi selama penulis melaksanakan tugas akhirnya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih belum sempurna sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat melengkapi kekurangan laporan ini. Serta, penulis juga meminta maaf atas semua kekurangan yang terdapat di dalam laporan tugas akhir ini dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak sebagaimana mestinya. ***Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Yogyakarta, 9 September 2024



Iqbal Hilal Mujafar

NIM 20522151

ABSTRAK

Yogyakarta, sebagai pusat industri batik terbesar di Indonesia. Namun, proses produksi batik tulis seringkali mengalami pemborosan, terutama pada proses pelorodan lilin, penggunaan kayu bakar, dan pewarnaan sintetis. Hal ini dapat berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan pemborosan penggunaan bahan baku dan dampak lingkungan dari produksi per unit. Diharapkan, penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi sumber daya dan membantu melestarikan lingkungan. *Process activity mapping* dilakukan untuk mengidentifikasi *environmental waste*, kemudian dilakukan *Current Environmental Value Stream Mapping* untuk menggambarkan alur pada produksi batik tulis dari awal hingga akhir. Kemudian dilakukan pembobotan menggunakan *Life cycle Assessment*, sehingga ditemukan masalah tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar pada pelorodan, penggunaan bahan bakar tidak terbarukan seperti minyak tanah pada nembok, dan penggunaan lilin tidak terbarukan pada pemolaan. Perbaikan yang diusulkan meliputi penggantian tungku berbahan bakar kayu sebanyak 9 Kg dengan kompor LPG, pergantian kompor berbahan minyak tanah sebanyak 0,5 liter dengan kompor listrik sebesar 6316 wh, dan lilin dengan *Bio paraffin substitusi*. Didapatkan penurunan hasil *human health, resouces dan ecosystem quality* dari proses produksi batik tulis.

Kata Kunci: *Lean Manufacturing, Process Activity Mapping, Value Stream Mapping, Life Cycle Assesment.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Literatur	6
2.1.1 Process Activity Mapping (PAM).....	6
2.1.2 Environmental Value Stream Mapping (EVSM).....	8
2.1.3 Life Cycle Assessment.....	10
2.1.4 Diagram Fishbone	12
2.2 Landasan Teori.....	19
2.2.1 Konsep lean Manufacture	19
2.2.2 Konsep Green Manufacturing.....	21
2.2.3 Perbandingan lean manufacturing dengan green manufacturing	22
2.2.4 Environmental waste	23
2.2.5 Environmental Values Stream Mapping (EVSM)	25
2.2.6 Process Activity Mapping (PAM).....	30
2.2.7 Life Cycle Assessment (LCA)	30
2.2.8 Diagram Fishbone	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Objek Penelitian	33
3.2 Subjek Penelitian.....	33
3.3 Jenis Data	33
3.4 Metode Pengumpulan Data	34
3.5 Alur Penelitian	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	39
4.1 Pengumpulan Data	39
4.1.1 Profil UKM	39
4.1.2 Tahapan Proses Pembuatan Batik Tulis.....	39
4.1.3 Data Waktu Kerja dan Jumlah Operator	42
4.1.4 Data Waktu Aktivitas Produksi.....	43
4.2 Pengolahan Data.....	50
4.2.1 Process Activity Mapping	51
4.2.2 Diagram Current State Environmental Value Stream Mapping	70

4.2.3	Life Cycle assessment	71
4.2.4	Fishbone Diagram	90
4.2.5	Usulan Perbaikan	94
4.2.6	Future Environmental Value Stream Mapping	97
BAB V PEMBAHASAN.....		101
5.1	Analisis Process Activity Mapping (PAM).....	101
5.2	Analisis <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	102
5.3	Penilaian <i>Life Cycle Assessment</i>	104
5.3.1	Characterization	104
5.3.2	Damage Assessment.....	107
5.3.3	Normalization.....	107
5.3.4	Weighting.....	108
5.3.5	Single Score	108
5.4	Analisis <i>Fishbone</i> Diagram.....	109
5.5	Analisis Usulan Perbaikan	110
5.6	Analisis <i>Future Environmental Value Stream Mapping</i>	111
BAB VI PENUTUP		115
6.1	Kesimpulan	115
6.2	Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA		117
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Kajian Literatur.....	14
Tabel 2. 2 Strategi penghapusan limbah hijau setiap tahapan <i>helical rolling process</i> ...	27
Tabel 2. 3 Kegiatan untuk meminimalkan sampah ramah lingkungan.....	28
Table 4.1 Data Operator.....	42
Table 4.2 Data Waktu Produksi.....	43
Table 4.3 Aktivitas Produksi	43
Table 4.4 <i>Process Activity Mapping</i> UKM Sri Kuncoro	52
Table 4.5 Daftar Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas.....	69
Table 4.6 Material Proses Produksi	71
Table 4.7 Faktor Emisi Untuk Sektor Industri.....	74
Table 4.8 Faktor Emisi Jaringan Ketenaga Listrikan	75
Table 4.9 <i>Characterization</i> Dampak Lingkungan	81
Table 4.10 <i>Damage Assessment</i> Dampak Lingkungan.....	83
Table 4.11 <i>Normalization</i> Dampak Lingkungan	85
Table 4.12 <i>Weighting</i> Dampak Lingkungan	87
Table 4.13 <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan	89
Table 4.14 Selisih Usulan Perbaikan <i>Human Health</i>	95
Table 4.15 Perbedaan Dampak <i>Resources</i>	96
Table 4.16 Perbedaan Setelah Penerapan Usulan Perbaikan	97
Table 4.17 Mitigasi Permasalahan.....	98
Table 4.18 Perbandingan <i>Current State Mapping</i> dan <i>Future State Mapping</i>	100
Table 4.19 Hasil Usulan Perbaikan Dengan <i>Software Simapro</i>	110
Tabel 5.1 Perbandingan Kategori <i>Human Health</i>	111
Tabel 5.2 Perbandingan Kategori <i>Ecosystem Quality</i>	112
Tabel 5.3 Perbandingan Kategori <i>Resources</i>	112
Tabel 5.4 Total Keseluruhan Sumber Daya, Emisi Dan Limbah	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>The three pillars of sustainable</i>	21
Gambar 2. 2 <i>Filosofi green dan lean manufacturing</i>	23
Gambar 2. 3 Penambahan commom waste menjadi environmental parameters	26
Gambar 2. 4 Contoh <i>Environmental Values Stream Mapping</i>	26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Alur Penelitian (Lanjutan)	35
Gambar 4.1 Alur Proses Membatik.....	39
Gambar 4.2 <i>Current State Map Environmental Waste</i>	70
Gambar 4.3 Grafik <i>Characterization</i> Dampak Lingkungan	80
Gambar 4.4 Grafik <i>Damage Assessment</i> Dampak Lingkungan	82
Gambar 4.5 Grafik <i>Normalization</i> Dampak Lingkungan	84
Gambar 4.6 Grafik <i>Weighting</i> Dampak Lingkungan.....	86
Gambar 4.7 Grafik <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan	88
Gambar 4.8 Diagram <i>Fishbone Human Health</i>	90
Gambar 4.9 Diagram <i>Fishbone Ecosystem Quality</i>	92
Gambar 4.10 Diagram <i>fishbone Resources</i>	93
Gambar 4.11 Kompor Gas	95
Gambar 4.12 <i>Liquefied petroleum gas</i>	95
Gambar 4.13 Kompor Listrik.....	96
Gambar 4.14 Ilustrasi <i>Bio-Paraffin Substitute</i>	97
Gambar 4.15 <i>Future Environtmental Value Stream Mapping</i>	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yogyakarta merupakan pusat industri batik terbesar di Indonesia. Bahkan setiap kabupaten DIY memiliki motif yang berbeda-beda ada yang dari batik Sleman, batik Bantul, batik Kulonprogo yang memiliki kekhasan tertentu. Sejarah keberadaan batik di Yogyakarta diawali dari kraton yang digunakan untuk mendukung kegiatan kebudayaan kraton. Batik yang awalnya hanya digunakan dikawasan kraton saja mulai menyebar ke masyarakat luas (Widowaty et al., 2022). Oleh karena itu, batik saat ini tidak hanya diproduksi sebagai produk budaya tetapi sudah menjadi produk industrial (Rochman et al., 2024).

Industri batik Sri Kuncoro merupakan salah satu industri batik yang berada di kampung batik Giriloyo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sejarah singkat dari kampung Giriloyo diperkirakan telah ada sejak abad ke-17 pada masa pemerintahan kerajaan mataram dibawah kepemimpinan Sultan Agung. Pada saat itu kampung Giriloyo dijadikan sebagai makam raja-raja dengan penjagaan para abdi dalem kerajaan. Interaksi antara para abdi dalem dengan masyarakat sekitar menjadikan masyarakat Giriloyo menjadi mahir dalam membuat batik tulis. Hingga saat ini kampung batik Giriloyo menjadi tujuan wisatawan untuk belajar mengenai proses membatik maupun hanya sekedar berbelanja kain batik hasil produksi.

Pengamatan yang dilakukan peneliti menunjukkan bahwa proses produksi batik tulis seringkali mengalami pemborosan secara substansial terkhusus pada proses pelorodan lilin, penggunaan kayu bakar dan pemberian warna yang menggunakan pewarnan sintetis yaitu naphtol. Penggunaan bahan kimia menyebabkan iritasi pada tangan apabila terkena langsung serta dapat meningkatkan jumlah limbah cair yang dihasilkan karena dalam satu kali pewarnaan batik tulis kurang lebih membutuhkan air sebanyak 14 liter. Bahan pewarna kimia pada batik tergolong tidak ramah lingkungan apabila dibuang ditanah atau sungai sehingga bisa merusak ekosistem yang ada (Muhammad Arif Jati Purnomo & Agung Cahyana, 2020). Dalam proses pelorodan seringkali terdapat sisa lilin dan air yang tidak terpakai sehingga menyebabkan kurang maksimal dalam penggunaan lilin, dalam sekali pelorodan terdapat 3 liter air dengan kayu bakar sebanyak 9 kg yang dapat

menimbulkan pembakaran tidak sempurna ditambah perpindahan panas yang tidak efisien mengakibatkan efisiensi termal rendah dan menimbulkan emisi polutan seperti CO, H₂S, N₂O, dan partikel debu (Goembira et al., 2019). Apabila tidak dapat dikelola dengan baik semua dampak ini bisa mengakibatkan permasalahan lingkungan dimasa yang akan datang. Proses mencating dengan menggunakan minyak tanah dalam tiga hari kurang lebih menghabiskan satu liter untuk 3 hari, apabila pengrajin mencat selama satu bulan penuh maka diperlukan minyak tanah sebanyak 10 liter minyak tanah yang akan dihabiskan. Penggunaan bahan baku minyak tanah ketika membuat mengakibatkan pemanasan global, kesehatan manusia terutama pada pernafasan dan menimbulkan rasa pedih dimata serta menipisnya bahan bakar fosil karena penggunaan bahan baku berlebihan (Nanis Susanti & Joko Santoso, 2021). Berdasarkan wawancara dengan pihak UKM Sri Kuncoro menggunakan kualitas lilin yang terbaik atau grade A untuk membuat, sehingga penggunaan daur ulang lilin bisa menghemat biaya bahan baku. Dalam penelitian (Li et al., 2020) mengemukakan bahwa kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, regulasi lingkungan merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi dalam jangka pendek maupun jangka panjang sehingga perlu menentukan cara efektif seperti teknologi dan industri untuk meningkatkan efisiensi lingkungan. Penggunaan material yang tidak efektif dapat mempengaruhi terhadap dampak lingkungan yang akan terjadi (Muslimah, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan pemborosan penggunaan bahan baku seperti air, energi, material serta dampak lingkungan dari produksi per unit. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi sumber daya yang dikeluarkan dalam proses produksi karena semakin sedikit sumber daya atau energi yang terbuang maka semakin banyak yang akan dimanfaatkan hal ini sekaligus dapat membantu melestarikan lingkungan dan pengembangan ekonomi daerah. Dalam konteks keberlanjutan, penelitian ini juga dapat membantu industri batik menjadi ramah lingkungan, misalnya dalam penggunaan kompor listrik, pewarnaan sintetis, lilin yang digunakan sekaligus mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan upaya menekan dalam penggunaan bahan bakar dan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan dan untuk meminimasi dampak lingkungan yang ditimbulkan setelah proses produksi batik tulis. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan wawasan baru

dalam studi mengenai pengelolaan produksi keberlanjutan di industri batik. Adapun tools yang digunakan yaitu *Process Activity Mapping* yang bertujuan untuk mengetahui secara detail aktivitas selama proses produksi kemudian dikelompokkan kedalam jenis penggunaan bahan bakar yang ada yaitu energi, material, emisi, transportasi, limbah, air dan keanekaragaman hayati, selanjutnya yaitu melakukan *Environmental Value Stream Mapping* digunakan untuk memetakan alur proses produksi batik tulis, setelah identifikasi penggunaan sumber daya dan emisi selanjutnya akan dilakukan evaluasi dampak proses produksi terhadap lingkungan, kesehatan manusia dan sumber daya alam sehingga dapat menghasilkan rekomendasi terhadap proses produksi industri batik tulis menggunakan metode *life cycle assessment*. Setelah permasalahan mengenai dampak lingkungan diidentifikasi langkah terakhir yaitu menentukan akar penyebab sebuah permasalahan menggunakan diagram *fishbone* yang terjadi pada proses produksi batik tulis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan dan wawancara dengan pemilik UKM Sri Kuncoro dan pengrajin, diketahui bahwa dalam proses pelorodan menggunakan tiga liter air dengan kayu bakar sebanyak sembilan kilogram, proses lainnya yaitu mencating menggunakan minyak tanah kurang lebih menghabiskan satu liter untuk tiga hari. Sedangkan proses pewarnaan memerlukan penggunaan pemberian warna yang menggunakan pewarna sintetis yaitu naphtol. Penggunaan bahan yang tinggi emisi seperti kayu bakar, minyak tanah dan material pewarna yang dapat menyebabkan permasalahan kesehatan seperti iritasi pada tangan, mata perih serta pernapasan terganggu. Dalam meminimalisir permasalahan iritasi pada tangan apabila terkena langsung, pemilik telah melakukan mitigasi antara lain penggunaan sarung tangan industri untuk proses pewarnaan, untuk permasalahan bahan bakar kayu yang memiliki emisi yang relatif tinggi pengrajin melakukan tindakan pengurangan dampak yaitu melakukan proses membatik diluar ruangan, mengganti bahan bakar yang lebih ramah lingkungan walaupun belum keseluruhan proses. Sehingga permasalahan utama yang dihadapi yaitu masih tingginya penggunaan kayu bakar dan minyak tanah sebagai bahan bakar serta masih adanya penggunaan bahan kimia seperti pewarna buatan dan lilin dalam proses membatik, hal ini dapat memberikan dampak negatif terhadap ekosistem maupun kesehatan manusia disekitar.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka *research question* pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Environmental waste* apa yang yang terjadi pada proses produksi batik tulis di UKM Sri Kuncoro?
2. Apa saja akar penyebab terjadinya *environmental waste* pada proses produksi batik tulis di UKM Sri Kuncoro?
3. Apakah usulan perbaikan untuk mengurangi *environmental waste* yang terjadi pada produksi batik tulis Sri Kuncoro sehingga diperoleh produksi batik yang ramah lingkungan?
4. Perubahan apa yang terjadi setelah penerapan usulan perbaikan pada *waste environment*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi *environmental waste* yang yang terjadi pada proses produksi batik tulis di UKM Sri Kuncoro
2. Mengetahui akar penyebab terjadinya *environmental waste* pada proses produksi batik tulis di UKM Sri Kuncoro
3. Memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi *environmental waste* yang terjadi pada produksi batik tulis Sri Kuncoro sehingga diperoleh produksi batik yang ramah lingkungan
4. Mengetahui perubahan setelah penerapan usulan perbaikan pada *waste environment*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat untuk penelitian tugas akhir ini untuk beberapa pihak adalah:

1. Bagi peneliti, penelitian ini dapat memberikan pengetahuan baru pada peneliti mengenai bagaimana mengidentifikasi *environmental waste* yang yang terjadi pada proses produksi, peneliti juga dapat mengetahui akar penyebab dan memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi *environmental waste* pada proses produksi. Serta peneliti dapat melakukan praktik secara langsung khususnya pada *lean and green manufacturing*.
2. Bagi pemilik usaha, hasil penelitian ini akan memberikan evaluasi pemborosan lingkungan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan dari proses produksi

batik tulis dari bahan baku hingga limbah. Sehingga memberikan peningkatan perbaikan lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan ruang lingkup penelitian yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada tanggal 29 Februari – 29 Maret 2024
2. Penelitian hanya terfokus mengenai dampak lingkungan proses produksi batik tulis
3. Penelitian hanya terfokus pada proses pembuatan batik, sehingga peneliti tidak melakukan pengukuran dampak lingkungan pada tahap *supply chain* maupun setelah produk ditangan konsumen.
4. Penilaian potensial dampak lingkungan pada UKM Sri kuncoro menggunakan *software Simapro*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian, peneliti menjelaskan teori dan metode yang digunakan dalam penelitian yang diperoleh melalui telaah jurnal yang bereputasi dan terindeks serta diterbitkan maksimal 5 tahun sebelum penelitian ini dilaksanakan. Didalam kajian literatur memuat perkembangan dan kekurangan penelitian sebelumnya. Sedangkan landasan teori bersumber dari buku, jurnal maupun artikel dan sebagainya yang memiliki korelasi antara topik penelitian, landasan teori digunakan sebagai acuan untuk pemecahan permasalahan didalam penelitian.

2.1 Kajian Literatur

Dalam mengalisis dan menyelesaikan masalah penelitian ini perlu adanya penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi peneliti terkait topik yang akan dibawa, topik penelitian ini mengenai green manufarture sebagai berikut:

2.1.1 *Process Activity Mapping (PAM)*

Penelitian yang berjudul “Penerapan *Lean Manufacturing* Untuk Mengidentifikasi Dan Menurunkan *Waste* (Studi Kasus CV Tanara Textile)” dilakukan oleh Kusbiantoro & Nursanti (2019) yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan meminimalisir *waste* yang terjadi pada proses produksi dengan menggunakan pendekatan *lean manufacturing*. Dari pengamatan yang telah dilakukan ditemukan permasalahan yang terjadi yaitu *unnecessary inventory* sehingga menyebabkan hilangnya waktu produksi karena kegiatan yang kurang efisien, dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping* untuk menggambarkan aliran proses produksi, PAM (*Process Activity Mapping*) untuk mengetahui jenis pemborosan yang terjadi dan FMEA untuk mengetahui penyebab pemborosan terjadi dan pemberian usulan perbaikan menggunakan PDCA (*plan, do, check, action*). Hasilnya penelitian yaitu *waste* terbesar *unnecessary inventory* sebesar 28.71% dikarenakan penumpukan bahan baku, *work in proses*, *sparepart* yang tidak terpakai dan penimbunan produk jadi. Sebelum perbaikan, proses produksi memerlukan 16 hari 9 jam, dengan *Value Added* selama 6 hari 4 jam dan *Lead Time* selama 10 hari 4 jam. Setelah perbaikan, proses produksi hanya memerlukan 14 hari 5 jam, dengan *Value Added* yang tetap 6 hari 4 jam dan *Lead Time* selama 8 hari 1 jam. Dengan demikian, *process cycle efficiency* meningkat sebesar 17,19%, dan *lead time*

mengalami penghematan sebesar 2,546%, sementara waste mengalami penurunan sebesar 8,31.

Dalam penelitian yang dilakukan PT. Semen Gresik Packaging Industri (IKSG) Tuban yang merupakan anak perusahaan yang didirikan oleh PT. Semen Gresik (Persero) TBK. Penelitian ini berjudul “*Implementation of Waste Reduction at Operational Division with Lean Manufacturing Concept*” dipublikasi oleh (Lukmandono et al., 2019). Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah pemborosan kantong produksi cacat, mesin produksi sering berhenti ditengah proses produksi, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengurangi waste yaitu berupa cacat, menunggu dan kelebihan produksi serta memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan metode *lean manufacture*, analisis VALSAT untuk menghilangkan kegiatan yang tidak bernilai tambah dan PAM (*Process Activity Mapping*) digunakan untuk pemetaan aktivitas yang ada sehingga ditemukan peningkatan sebesar 3,18%, penerapan metode master *production schedule* (MPS) pada pemetaan SCRM dengan jumlah hasil produksi yang lebih optimal, serta penerapan pemeliharaan dan kebijakan dalam proses produksi untuk mengurangi cacat pada pemetaan QFM.

Dalam penelitian berjudul “Perbaikan Aliran Proses Produksi Cokelat Bar Dengan Metode *Value Stream Mapping*” dilakukan oleh Indriati et al. (2019) ditemukan permasalahan berupa pemborosan waste pada proses produksi. Oleh sebab itu diperlukan perbaikan pada proses produksi agar dapat meminimalisir waste sehingga proses produksi lebih efektif dan efisien. Pendekatan untuk permasalahan ini adalah *lean manufacturing* dengan metode *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Process Activity Mapping* (PAM). Hasil penelitian terdapat waste pada produksi berupa *environmental, health and safety, transportation dan waiting*. Perbaikan berupa menggabungkan beberapa proses dan mengganti proses yang awalnya manual menjadi *automatic*, sehingga analisis pada *future state mapping* menunjukkan adanya perbaikan berupa peningkatan efektifitas dan efisiensi pada aliran produksi cokelat bar. Menurunkan nilai waktu siklus sebesar 45,50% dan *lead time* sebesar 44,86%.

Penelitian yang dilakukan oleh Suhardi et al. (2020) berjudul “*Implementation Of Value Stream Mapping To Reduce Waste In A Textile Products Industry*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah dari produksi produk tekstil dengan pendekatan *Waste Assessment Model, Process Activity Mapping* (PAM) digunakan untuk analisis alat pemetaan, dan penggambaran *Value Stream Mapping* (VSM) keadaan masa mendatang.

Hasil dari penelitian ini bahwa gerakan yang tidak perlu adalah yang paling dominan dalam proses produksi model Bra. Dengan menghilangkan dan menyederhanakan kegiatan-kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah, waktu produksi model Bra dapat dipercepat sebesar 3 menit dan nilai rata-rata efisiensi lini meningkat sebesar 6,17%.

Penelitian lain dilakukan oleh Putri & Dona (2019) berjudul “*Application of lean manufacturing concept for redesigning facilities layout in Indonesian home-food industry*”. Bertujuan untuk mendesain kembali tata letak lantai produksi dengan menggunakan metode *lean manufacture* untuk mengurangi waste dengan menggunakan pendekatan, *activity relationship chart* (ARC) dan BLOCPLAN algorithm digunakan untuk mendesain fasilitas layout serta *Process Activity Mapping* (PAM) digunakan untuk mengidentifikasi proses produksi *home-food industry* yang terdiri dari informasi mengenai informasi kegiatan, jenis aktivitas, jarak, waktu aktivitas dan orang-orang dalam produksi. Hasil dari penelitian ini adalah tata letak optimal dapat meningkatkan output dengan biaya produksi yang rendah, Tata letak baru yang diperoleh dapat mempersingkat total waktu produksi dan meminimalkan biaya perpindahan material.

2.1.2 *Environmental Value Stream Mapping (EVSM)*

Penelitian yang dilakukan oleh Sultan et al. (2021) berjudul “*A Simulation-Based Performance Investigation of Downstream Operations in The Indian Surimi Supply Chain using Environmental Value Stream Mapping*”. Permasalahan yang dihadapi yaitu suplay chain kurang bekerja dengan efektif karena adanya penundaan, waktu tunggu yang lama dan penurunan kualitas karena terlalu banyak menunggu sehingga meningkatkan biaya bahan baku, emisi dan permasalahan dimasa mendatang. Pendekatan yang sesuai dengan permasalahan ini adalah integrasi antara *lean manufacture* yaitu *Environmental Value Stream Mapping*” digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan berupa air, energi, dan bahan mentah yang digunakan sepanjang rantai pasok, serta mengidentifikasi dan mengurangi limbah yang dihasilkan. Hasil yang didapatkan yaitu reduksi waktu tunggu: integrasi vertikal akan mengurangi waktu tunggu sebesar 74,52%, pengurangan emisi: dengan mengendalikan seluruh proses produksi, integrasi vertikal akan mengurangi emisi sebesar 79,68%, efisiensi energi: integrasi vertikal akan mengurangi konsumsi energi sebesar 81,66%. Oleh karena itu, menciptakan rantai pasok dengan hilir yang lebih bersih akan mengarah pada peningkatan keberlanjutan.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Wiese et al. (2022) berjudul “*Enviromental And Technical Evaluation Of Additive Manufacturing: Enabling Process*

Chain Perspective By Energy Value Stream Mapping” membahas mengenai proses *Additive Manufacturing* yang kurang dalam mengidentifikasi permasalahan teknis dan lingkungan, sehingga pendekatan yang digunakan adalah *Environmental Value Stream Mapping* untuk rantai proses produksi komponen dan menggabungkan konsep *lean manufacture* berdasarkan dimensi energi. Hasilnya didapatkan perlu adanya metode evaluasi holistik untuk menyelesaikan permasalahan berbasis *Additive Manufacturing* dan pengaruhnya terhadap produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Shahbazi et al. (2019) berjudul “*Comparison Of Four Environmental Assessment Tools In Swedish Manufacturing: A Case Study*” membahas pertimbangan lingkungan kedalam produksi dan sistem manajemen kinerja yang masih menggunakan pendekatan top-down, sehingga *lean manufacture* berusaha mengisi kesenjangan tersebut menggunakan metodologi terperinci berupa *Green Performance Map* (GPM), *Environmental Value Stream Mapping* (EVSM), *Waste Flow Mapping* (WFM), dan *Life Cycle Assessment* (LCA) sehingga dari beberapa metode bisa mengkombinasikan berbagai jenis pengumpulan dan analisis data untuk memasukkan dampak lingkungan yang berbeda untuk penentuan prioritas dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Penelitian selanjutnya berjudul “*The Application of Green Lean Six Sigma*” dipublikasi oleh Gholami et al. (2021) bertujuan untuk meningkatkan kinerja kelestarian lingkungan dengan mengintegrasikan konsep *green*, *lean* dan *six sigma* dalam satu aplikasi yang terpadu dengan menggunakan pendekatan berbasis *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC) yang merupakan salah satu metode *Six Sigma* yang terkenal diusulkan untuk mensistematisasi *Environmental Value Stream Mapping* (EVSM). Penelitian ini menyelarasakan metodologis *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* (DMAIC) dengan *Environmental Value Stream Mapping* (EVSM) dan mempertimbangkan pemborosan lingkungan disetiap fase produksi. Hasil yang didapatkan menunjukkan efektivitas pendekatan berbasis DMAIC dalam mensistematisasi *Environmental Value Stream Mapping* dan meningkatkan efektifitas keberlanjutan lingkungan. Analisis studi kasus menunjukkan bahwa metodologi ini secara signifikan dapat mengurangi konsumsi bahan kimia dan energi dalam sistem masing-masing sebesar 28% dan 21%.

Penelitian berjudul “*Green Value Stream Mapping Approach To Improving Productivity And Environmental Performance*” yang dilakukan oleh Muñoz-Villamizar

et al. (2019). Penelitian ini bertujuan untuk memperkenalkan metode baru yang disebut *overall greenness performance for value stream mapping (OGP-VSM)* dengan menggunakan *value-added concepts*, pendekatan ini dapat untuk mengintegrasikan, mengukur, mengontrol dan meningkatkan kinerja produktif dan lingkungan sesuai dengan perusahaan. Metode yang digunakan adalah pendekatan *OGP-VSM* dan mengintegrasikan aspek lingkungan dari alat dan pendekatan *lean thinking* yang ada. Penerapan metode ini pertama kali di perusahaan otomotif yang berada di Spanyol dengan hasilnya yaitu perusahaan semakin banyak memperhatikan keberlanjutan lingkungan dan melihat kinerja yang ramah lingkungan yang seringkali menimbulkan beberapa dampak terhadap ekosistem.

2.1.3 *Life Cycle Assessment*

Penelitian yang dilakukan oleh Astuti (2019) berjudul “Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan *Life Cycle Assessment (LCA)*”. Permasalahan yang dihadapi berupa adanya dampak negatif budidaya tebu terhadap lingkungan sehingga perlu adanya usaha meminimalisir dampak negatif tersebut melalui penggunaan energi, sumber daya alam dan pengolahan limbah yang efisien. Metode yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment (LCA)*, yang bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan dari budidaya tebu. Namun, dalam analisis ini, tidak mempertimbangkan penggunaan tebu panen sebagai bahan baku industri gula (*gate to gate*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi sumber daya alam (SDA) berupa lahan tebu seluas 0,233 hektar, air sebanyak 2.223,117 meter kubik, dan energi sebesar 19.234,254 megajoule, potensi dampak lingkungan yang dianalisis menggunakan *OpenLCA* menghasilkan lima dampak lingkungan tertinggi, yaitu perubahan iklim (134.275,23 kilogram CO₂ setara), eutrofikasi (120,24 kilogram PO₄ setara), asidifikasi (1,54 kilogram SO₂ setara), oksidasi foto kimia (0,36 kilogram etilena setara), dan toksisitas manusia (0,15 kilogram 1,4-diklorobenzena setara); 3) alternatif perbaikan yang direkomendasikan berupa penggunaan pupuk anorganik dengan dosis yang tepat dan memanfaatkan limbah pasca panen.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Naddya Sumarata et al. (2019) berjudul “Analisa Dampak Lingkungan Material Dan Energi Proses Pembuatan Batik Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* Studi Kasus: Batik Tobal Pekalongan” membahas permasalahan limbah pewarnaan sintetis batik yang sulit larut, penggunaan lilin, air dan bahan bakar yang berlebihan sehingga memiliki kontribusi

terhadap lingkungan yang buruk sehingga dari permasalahan tersebut perlu dilakukan identifikasi pada material dan energi yang digunakan untuk proses pembuatan batik menggunakan *SimaPro software*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode *Life Cycle Assessment (LCA)* sehingga hasil dari penelitian ini adalah dampak setelah perbaikan *human health* menurun sebesar 0,672 Pt., *kategori ecosystems* menurun sebesar 0,1209 Pt, kategori *resources* menurun sebesar 1,69 Pt. Dengan kata lain, dampak kerusakan setelah simulasi usulan perbaikan mengurangi *single score* akhir pada kategori *human health* sebesar 38,90%, *ecosystems* sebesar 41,02%, dan *resources* sebesar 38,32%.

Penelitian berjudul “Analisis Tingkat Eko-Efisiensi Pada Pewarna Batik dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* Pada UKM Batik Semarang” dilakukan oleh Pujotomo et al. (2019) dengan pembahasan utama yaitu proses produksi batik menghasilkan limbah cair sebanyak 80% sehingga perlu adanya usulan untuk meningkatkan nilai *eco-efficiency* produk tersebut dan untuk menghitung *eco cost* pada penggunaan material penyusun perwarna alam dan pewarna kimia. Pendekatan yang digunakan untuk permasalahan tersebut yaitu *Life Cycle Assessment (LCA)* yang dibantu *tools software SimaPro* dengan metode *eco-cost*. Didapatkan hasil menggunakan pewarna kimia menunjukkan nilai *eco-cost* sebesar Rp 308.083,23 per lot (10 kain) dengan tingkat *eko-efisiensi* sebesar 66,6%. Sementara itu, hasil perhitungan untuk batik cap dengan pewarna alam menghasilkan nilai *eco-cost* sebesar Rp 375.128,86 per lot (10 kain) dengan tingkat *eko efisiensi* 84,2%, usulan yang perlu dilakukan yaitu pemanfaatan limbah lilin kembali, SOP yang jelas dan pengubahan minyak tanah ke LPG sehingga mengurangi dampak negatif pada proses batik cap.

Penelitian yang dilakukan oleh Irawan & McLellan (2024) berjudul “A Comparison Of *Life Cycle Assessment (LCA)* Of Andungsari Arabica Coffee Processing Technologies Towards Lower Environmental Impact”. Penelitian ini mengenai produsen kopi Indonesia yang menghasilkan dampak lingkungan yang tinggi sehingga perlu adanya upaya *Sustainable Coffee Production* dan *zero waste*. Namun, tetap menciptakan produk kopi yang berkualitas dan bersaing di market. Pendekatan yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment (LCA)* diterapkan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari produksi kopi, dari pertanian hingga berbagai produk kopi, dengan fokus pada potensi pemanasan global. Hasil yang didapatkan dari data operasi produksi yaitu emisi karbon untuk satu kg dari *Coffee Powder* dari *Semi-wash* adalah 0,765 kg

sedangkan metode *Full-wash* 0,741 kg sehingga perlu adanya pertimbangan lebih lanjut untuk sistem yang lebih efektif terhadap produksi kopi berkelanjutan.

Penelitian lain dengan judul “*A Low Carbon Embedded Low Water/Binder Cement-Based Composites (LW/BCC) Based On Steel Slag Powder And Microwave Precuring: Experiments and Life Cycle Assessment (LCA)*” dilakukan oleh Wang et al. (2023) membahas mengenai desain baru untuk komposit berbasis air rendah karbon termasuk pengujian dan *Life Cycle Assessment*. Metode yang digunakan dalam permasalahan ini adalah *Life Cycle Assessment* (LCA) yang digunakan untuk mengevaluasi seluruh siklus rendah karbon dari proses produksi. Hasil yang didapatkan adalah sistem pra pengawetan efektif dalam mempersingkat siklus pengawetan dan meningkatkan kekuatan tekan sampel sekitar 150%. Berdasarkan metode LCA dapat menurunkan penipisan sumber daya alam, pelapisan ozon, ekotoksitas dan emisi karbon masing masing 94,7%, 87,3%, 90,4% dan 84,4%.

2.1.4 Diagram *Fishbone*

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Krisnanti & Garside (2022) berjudul “Penerapan *Lean Manufacturing* untuk Meminimasi Wase Percetakan Box” masing berkaian dengan metode ini yaitu penerapan *lean manufacture*, beberapa tools yang digunakan seperti *Process Activity Mapping*, *value stream mapping tool* dengan VALSAT digunakan untuk pemetaan aktivitas dan jenis *defect*, diagram *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari *detailed waste* serta penentuan prioritas mode kegagalan dan penyebab kegagalan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis*. Hasil yang didapatkan jenis *waste* kritis adalah *defect* (18,02), *transportation* (16,14%), dan *unnecessary motion* (15,06%), usulan yang dapat diberikan berupa perbaikan SOP pada proses kontrol mesin cetak, *relayout* lantai produksi dan pemasangan *visual display*.

Penelitian yang dilakukan oleh Effective et al. (2022) berjudul “*Enhancing Effective Industrial Sustainability through Green Manufacturing Practices by Waste Reduction using Lean Tools in Manufacturing Sector via Productivity Improvement, Economic and Enviro-Economic Perspective*” membahas mengenai pengaruh proses *manufacturing* yang dapat memberikan risiko tinggi terhadap peningkatan polusi sehingga perlu adanya solusi yang efektif untuk semua jenis organisasi untuk mengurangi limbah yang dihasilkan. Sistem *lean* melibatkan peningkatan berkelanjutan disemua tahap produksi. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa *tools* berupa *Value Stream*

Mapping (VSM) digunakan untuk mengevaluasi, memetakan proses untuk teknik pengurangan limbah, menganalisis proses sehingga dapat memberikan aliran produksi yang lebih baik, *tool* lainnya berupa diagram fishbone, *Root Cause Analysis* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dan Analisis FMEA sebagai alat yang efektif untuk mengukur keandalan dan untuk mengidentifikasi berbagai kegagalan, penyebab, dan efeknya dalam proses. Sehingga didapatkan hasil berupa menurunnya limbah yang dihasilkan dengan tetap menjaga kualitas produk, keselamatan kerja, pemanfaatan sumber daya yang ada.

Penelitian selanjutnya berjudul “*Waste Minimization Efforts towards Green Logistic at PT Nardevchem Kemindo*” karya Agustinus & Imaroh (2021) membahas mengenai permasalahan pemborosan yang terjadi melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 1% dan selalu meningkat setiap tahunnya. Sehingga tujuan dari penelitian ini berupa mengetahui akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya pemborosan dan memberikan rekomendasi yang sesuai dengan menggunakan metode DMAIC yang dikolaborasikan dengan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi permasalahan dan FMEA untuk memberikan rekomendasi bagi perusahaan. Hasil yang dapat diberikan berupa pelatihan untuk *team marketing*, pemberian fasilitas berupa AC dan *thermostat* digudang serta pembuatan SOP untuk inspeksi barang masuk.

Berdasarkan kajian literatur yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang membahas mengenai *green manufacture* menggunakan kombinasi beberapa *tools* dan metode seperti *Life Cycle Assessment (LCA)*, *Environmental Value Stream Mapping (EVSM)*, BLOCKPLAN, PDCA dan *seven tools*. Pada penelitian ini, integrasi antara *Life Cycle Assessment (LCA)*, *Environmental Value Stream Mapping (EVSM)* dan *Process Activity Mapping (PAM)*, FMEA dan diagram *fishbone* yang dapat membantu peneliti dalam mengidentifikasi permasalahan dan memberikan rekomendasi terkait dampak negatif terhadap lingkungan pada produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Tabel Kajian Literatur

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	<i>Fishbone</i>
1	Kusbiantoro & Nursanti	2019	“Penerapan Lean Manufacturing Untuk Mengidentifikasi Dan Menurunkan Waste (Studi Kasus CV Tanara Textile)” <i>“Implementation of Waste Reduction at Operational Division with Lean Manufacturing Concept”</i>	√			
2	Lukmandono et al.	2019	“Perbaikan Aliran Proses Produksi Cokelat Bar Dengan Metode Value Stream Mapping” <i>“Implementation Of Value Stream Mapping To Reduce Waste In A Textile</i>	√			
3	Indriati et al.	2019					
4	Suhardi et al.	2020					

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	Fishbone
			<i>Products Industry”.</i>				
5	Putri & Dona	2019	“Application of lean manufacturing concept for redesigning facilities layout in Indonesian home-food industry”.	√			√
6	Sultan et al.	2021	“A Simulation-Based Performance Investigation of Downstream Operations in The Indian Surimi Supply Chain using Environmental Value Stream Mapping”	√	√		
7	Wiese et al.	2022	“Enviromental And Technical Evaluation Of Additive Manufacturing:		√		

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	Fishbone
8	Shahbazi et al.	2019	Enabling Process Chain Perspective By Energy Value Stream Mapping” “Comparison Of Four Environmental Assessment Tools In Swedish Manufacturing: A Case Study”		√	√	
9	Gholami et al.	2021	“The Application of Green Lean Six Sigma” “Green Value Stream Mapping Approach To		√		√
10	Muñoz-Villamizar et al.	2019	Improving Productivity And Environmental Performance” “Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari	√	√		
11	Astuti	2019	Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle			√	

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	<i>Fishbone</i>
12	Naddya Sumarata et al.	2019	Assessment (LCA)". "Analisa Dampak Lingkungan Material Dan Energi Proses Pembuatan Batik Menggunakan Metode <i>Life Cycle</i>			√	√
			Assessment (LCA) Studi Kasus: Batik Tobal Pekalongan" "Analisis Tingkat Eko-Efisiensi Pada Pewarna Batik dengan Menggunakan Metode <i>Life Cycle</i>			√	
13	Pujotomo et al.	2019	Assessment (LCA) Pada UKM Batik Semarang"				
			"A <i>Comparison Of Life Cycle</i>			√	
14	Irawan & McLellan,	2024					

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	Fishbone
15	Wang et al.	2023	<i>Assessment (LCA) Of Andungsari Arabica Coffee Processing Technologies Towards Lower Environmental Impact”.</i> <i>“A Low Carbon Embedded Low Water/Binder Cement-Based Composites (LW/BCC) Based On Steel Slag Powder And Microwave Precuring: Experiments and Life Cycle Assessment (LCA)”</i> <i>“Quality Control of Written Batik Cv. Batik Tulis Al Huda With Statistical</i>			√	
16	Handayani et al.	2021					√

No	Penulis	Tahun	Judul	Kata Kunci			
				PAM	EVSM	LCA	Fishbone
17	Sunardi & Suef	2023	<i>Quality Control (Sqc) Method” “Reducing Production Waste Using Lean Manufacture (Case Study at PT JM Fertilizo)”</i>		√		√
18	Hardono et al.	2019	<i>“Analisis Cacat Produk Green Tyre dengan Pendekatan Seven Tools”</i>				√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Konsep lean Manufacture

Konsep *lean manufacture* merupakan *tools* dan metode yang diciptakan untuk mengurangi pemborosan, waktu tunggu, menaikkan kinerja serta memaksimalkan penggunaan biaya yang ada (Pradana et al., 2018). Konsep ini pertama kali digunakan pada perusahaan Toyota *Production System* yang digagas oleh Taiichi Ohno, Eiji Toyoda dan Shingeo Shingo dalam upaya pengembangan industri Jepang setelah adanya perang dunia II. Konsep ini kemudian dipopulerkan di Amerika oleh *Massachusetts Institute of Technology*. Tujuan dari konsep ini untuk meminimalisir pemborosan yang terjadi dan meminimumkan penggunaan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah pada produk dan memberikan perbaikan berkelanjutan terhadap proses tersebut (Ponda et al., 2022).

Menurut Suhartono dalam penelitian yang dilakukan Imanuel (2019) menjelaskan bahwa terdapat tujuh jenis pemborosan dalam proses produksi di *Toyota Production System*, yaitu sebagai berikut:

- a. *Overproduction*, yaitu pemborosan yang disebabkan oleh produksi yang berlebihan, pemborosan yang maksud memproduksi barang yang berlebihan dengan jumlah yang dibutuhkan atau dipesan oleh konsumen, atau bisa juga memproduksi barang terlalu cepat sehingga menyebabkan jenis *waste* yang lain.
- b. *Waiting*, merupakan kegiatan menunggu proses selanjutnya. *Waiting* merupakan selang waktu ketika seorang operator tidak melakukan kegiatan yang meningkatkan kualitas produk karena menunggu produksi sebelumnya.
- c. *Transportation*, Dalam proses hilirisasi, transportasi merupakan kegiatan yang penting tetapi tidak memberi nilai tambah pada suatu produk. Transportasi proses memindahkan suatu barang dari suatu titik ke titik lainnya menggunakan bantuan mesin seperti *conveyor*, *truck* atau *forklift*. Transportasi bisa menjadi *waste* apabila jarak yang ditempuh terlalu jauh dan tidak efisien sehingga menimbulkan permasalahan lainnya.
- d. *Overprocessing*, yaitu kegiatan yang terjadi ketika urutan proses produksi kurang fleksibel, hal ini disebabkan karena proses produksi belum standarisasi sehingga bisa menyebabkan produk mengalami penurunan kualitas.
- e. *Inventories*, merupakan kegiatan menyimpan produk atau material didalam sebuah ruangan dalam jangka waktu yang lama, hal ini sebabkan karena persediaan material atau produk terlalu banyak.
- f. *Motion*, merupakan aktivitas tidak seharusnya dilakukan oleh operator yang tidak memberikan nilai tambah pada produk dan memperlambat proses sehingga *lead time* menjadi lama
- g. *Defects*, adalah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah disepakati sebelumnya dengan konsumen. Hal ini dapat menyebabkan *rework* yang kurang efektif, munculnya komplain dari konsumen serta kerugian lainnya yang menyebabkan *profit* perusahaan berkurang.

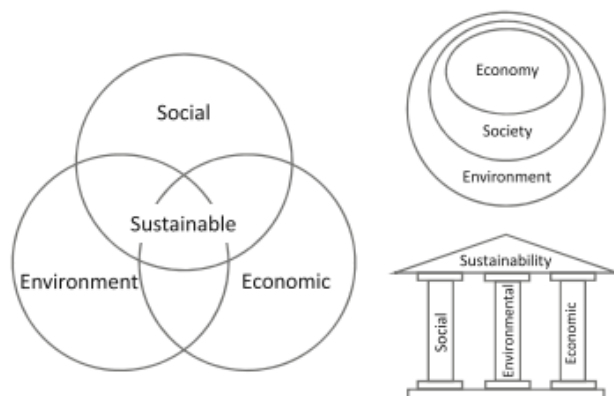
Dalam mengatasi terjadinya ketujuh pemborosan tersebut, perlu adanya pemikiran untuk mengatasi permasalahan tersebut. Maka munculah apa yang disebut *lean thinking* sebagai pedoman prinsip dalam *lean manufacturing* yang terdiri lima prinsip. Womack dan Jones menyimpulkan *lean thinking* dalam penelitian Purnama & Ikatrinasari (2013) terdiri sebagai berikut: mendefinisikan nilai dari sudut pandang konsumen, indentifikasi aliran nilai (*value stream*), proses mengalir secara kontinu (*continuous flow*), sistem

produksi tarik (*pull production*) dan melakukan penyempurnaan dengan *continuous improvement*.

2.2.2 Konsep *Green Manufacturing*

Green manufacturing merupakan sebuah metode yang dilakukan untuk mendorong sistem yang selaras dengan perbaikan lingkungan proses produksi sehingga limbah yang dihasilkan tidak mengganggu ekosistem hewani maupun nabati lainnya (Auliya et al., 2021). Tujuan *green manufacturing* adalah *sustainable manufacturing*, artinya pembuatan produk yang bernilai ekonomis melalui rangkaian proses produksi yang tetap melestarikan sumber daya alam, energi, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sehingga menjamin keberlanjutan ekosistem di bumi. Penerapan antara *green manufacturing* dan *lean manufacturing* adalah saling bersinergi untuk meningkatkan kinerja (Lesmana et al., 2024).

Dalam penelitian Hanafi (2016) menjelaskan tantangan terbesar dalam *sustainable manufacturing* karena kurangnya kesadaran terkait isu keberlanjutan. Sehingga perlu adanya kesadaran yang melibatkan manajemen dalam implementasi *green manufacturing*. Keberlanjutan dikaitkan dengan pendekatan *triple bottom line* yaitu lingkungan, ekonomi dan social yang harus dipenuhi sehingga perusahaan bisa tetap berkembang tanpa menimbulkan dampak buruk pada lingkungan. Konsep bagaimana hubungan antara manufaktur dengan tiga pilar keberlanjutan digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *The three pillars of sustainable*
(Sumber: Purvis et al., 2019)

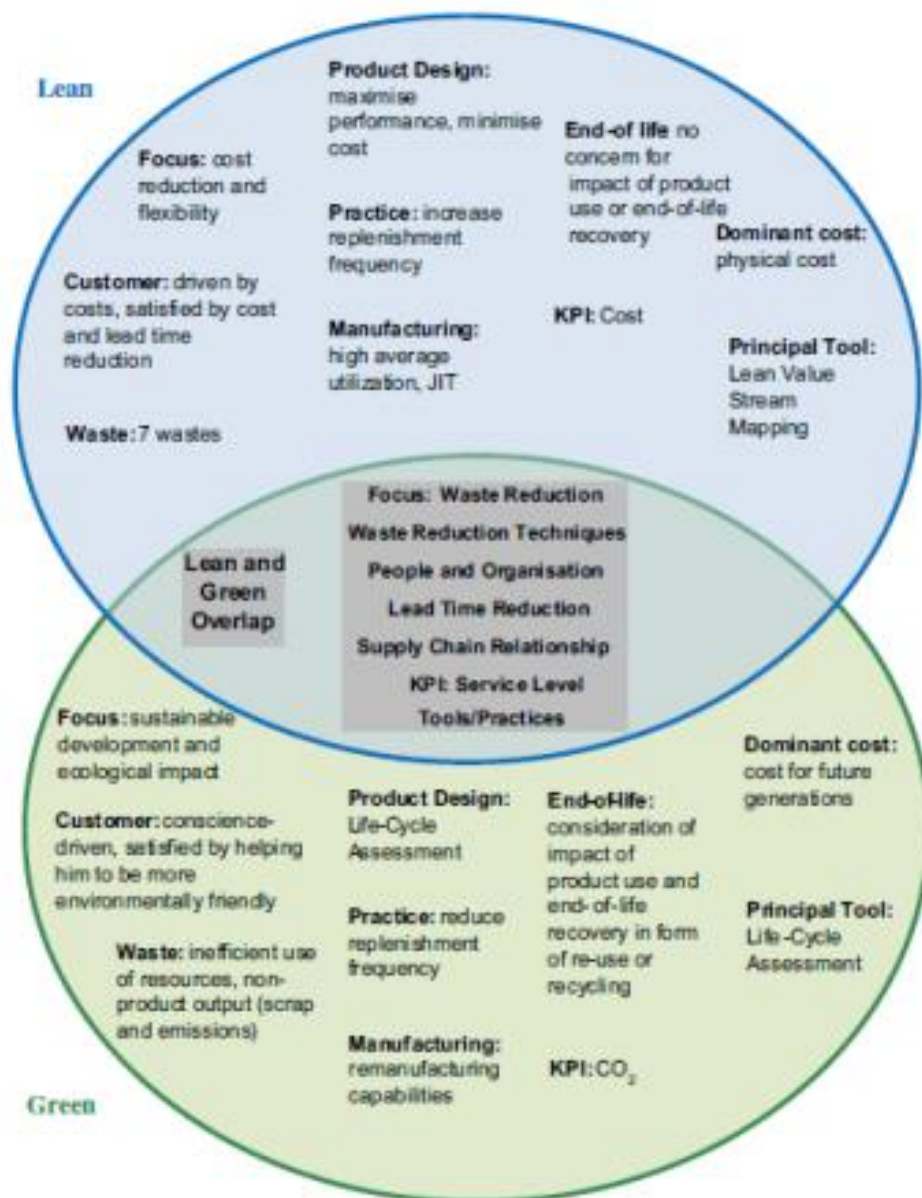
Keberlanjutan ekonomi diartikan bagaimana mempertahankan ekonomi yang kuat dengan tetap menjaga lingkungan dan memenuhi kebutuhan sosial yang ada, keberlanjutan lingkungan merupakan sistem yang secara ekologis memelihara sumber

daya alam yang stabil dengan cara mengurangi polusi dan limbah serta keberlanjutan sosial memastikan bahwa setiap sumber daya manusia memiliki kesempatan kesetaraan baik dalam kesehatan, Pendidikan, dan sebagainya, prinsip TBL mengupayakan *conventional wisdom* yang diartikan dari keuntungan yang ada sebagian disisihkan untuk kegiatan sosial dan menjaga kelestarian lingkungan sehingga tujuan TBL tetap dapat dicapai secara seimbang dan harmonis (Anggalih, 2022).

Green Manufacturing melibatkan beberapa kegiatan seperti mencegah polusi, mengurangi penggunaan bahan yang berbahaya dan merancang keberlanjutan lingkungan. Pencegahan polusi terfokus pada meminimalisir limbah atau emisi melalui daur ulang in-situ. Meminimalisir adanya limbah dari sumber bisa dilakukan dengan berbagai metode yang berhubungan baik dengan proses dan produk yang ada (Bergendahl et al., 2005).

2.2.3 Perbandingan *lean manufacturing* dengan *green manufacturing*

Hal yang menarik apabila membedakan antara *lean manufacturing* dan *green manufacturing*. Kedua istilah seringkali digunakan secara bergantian meskipun memiliki tujuan akhir yang berbeda. *Green manufacturing* berkaitan dengan *sustainable manufacturing* yang diartikan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam sehingga pelestarian alam tetap terjaga, kemudian untuk *lean manufacturing* terfokus pada pengurangan pemborosan yang tidak memberi nilai tambah terhadap kualitas produk (Sampepajung et al., 2023). Perbedaan dari *lean manufacturing* dengan *green manufacturing* dijelaskan pada gambar 2.2 berdasarkan beberapa kriteria yaitu fokus, key performance indicator, definisi waste, dan alat analisis yang dapat digunakan) serta irisan antara keduanya.



Gambar 2. 2 Filosofi green dan lean manufacturing

(Sumber: Amaranti et al., 2017)

Implementasi *lean and green manufacturing* saling mempengaruhi satu sama lain, Terdapat 3 jenis hubungan *lean and green manufacturing*, yaitu *lean* dan *green* saling melengkapi satu sama lain, yang kedua sinergi dua konsep menghasilkan performansi yang lebih baik dan yang ketiga hubungan timbal balik antara *lean* dan meminimalisir efek negatif terhadap lingkungan (Amaranti et al., 2017).

2.2.4 Environmental waste

Permasalahan limbah lingkungan selalu sulit untuk ditangani dan memerlukan biaya untuk penanganan limbah tersebut (Maulidin et al., 2019). Oleh karena itu perlu adanya

alternatif untuk memanfaatkan sumber daya yang masih berharga dan dapat menghasilkan pendapatan bagi perusahaan. Menurut Wills terdapat tujuh jenis *Environmental waste* pada perusahaan yang dikenal dengan *seven green waste* diantaranya energi, air, material, sampah, transportasi, emisi dan keanekaragaman hayati (Sampepajung et al., 2023).

a. Energi

Di dalam konteks lingkungan, penggunaan energi secara khusus diartikan sebagai penggunaan listrik, bahan bakar dan penerangan. Energi adalah salah satu yang dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan sehingga perlu adanya pemanfaatan yang efisien.

b. Air

Limbah air didapatkan dari perusahaan maupun sumber mata air diharapkan dapat digunakan dengan efisien karena apabila pemborosan ketika menggunakan air terjadi maka perlu membayar lebih uang untuk penggunaan air. Limbah air bisa terjadi walaupun air tidak digunakan yaitu ketika manajemen suatu organisasi buruk yang artinya air terkontaminasi zat lain sehingga tidak dapat digunakan kembali.

c. Material

Limbah material terjadi apabila suatu produk yang telah dirancang akan berakhir pada pembuangan akhir sehingga tidak dapat didaur ulang bahkan mengandung bahan berbahaya. Hal ini dapat menimbulkan kerugian yang besar dan menimbulkan efek negatif bagi lingkungan, harapan untuk mengeliminasi material *waste* untuk dapat membuat produk dapat didaur ulang kembali untuk masa pakai yang singkat.

d. Sampah

Pemborosan pada sampah bisa terjadi ketika perlu membayar untuk sesuatu yang akan dibuang, sesuatu ini berarti dapat menyebabkan dampak terhadap lingkungan, harapan dari meminimalisir *waste* sampah adalah penghapusan total sampah yang terjadi ketika proses produksi terjadi.

e. Transportasi

Waste transportasi berasal dari pembayaran yang dibayarkan akibat perjalanan yang berlebihan yang tidak diperlukan sehingga dapat memberikan dampak pada lingkungan berupa pembakaran bahan bakar fosil.

f. Emisi

Waste emisi didapatkan dari pembayaran membuat dan mengeluarkan polutan saat ini dan pembayaran denda akibat hal ini. Emisi memiliki dampak yang besar terhadap polusi yang dapat menyebabkan pemanasan global.

g. Keanekaragaman Hayati

Limbah ini berasal dari kegiatan eksploitasi sumber daya yang tidak sesuai dan berdampak pada lingkungan sehingga dapat menyebabkan musnah flora, fauna dan organisme yang ada dan pemanfaatan berlebihan dari sumber daya alam yang ada.

2.2.5 *Environmental Values Stream Mapping (EVSM)*

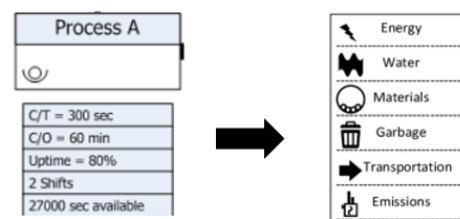
Value Stream Mapping (VSM) diartikan sebagai *tools* yang digunakan untuk memperbaiki proses yang dikembangkan oleh Rother dan Shook (1999). *Tools* ini biasanya digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberi nilai tambah maupun aktivitas bernilai tambah dari aliran informasi dan material dalam *value stream* (Shou et al., 2017), sehingga perusahaan dapat meminimalkan maupun mengurangi aktivitas yang dapat menyebabkan pemborosan yang dapat berakibat pada kualitas dan *cost* yang dikeluarkan (Hutami et al., 2021). Konsep dasar dari *tools* ini adalah untuk memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi (Rochman et al., 2024).

Pengertian lain dari *Value Stream Mapping* adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan semua aktivitas yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk dari bahan mentah menjadi produk jadi (Ponda et al., 2022). Terdapat dua tipe *Value Stream Mapping* menurut Yola et al. (2017) sebagai berikut:

- a. Pemetaan *Current State Map*, memiliki tujuan untuk mengetahui aliran proses produksi dari awal pemesanan hingga barang jadi.
- b. Pemetaan *Future State Value Stream Map* bertujuan untuk menggambarkan perbandingan antara dua keadaan yaitu saat ini dengan masa depan yang sudah dirancang usulan perbaikan sehingga pemborosan yang terjadi pada aktivitas sebelumnya bisa dikurangi.

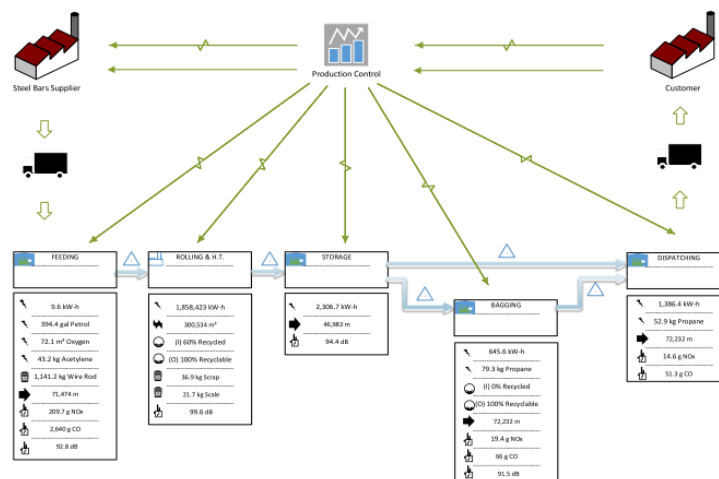
Dalam implementasi *Value Stream Mapping* masih terdapat kekurangan dalam menilai kinerja suatu aktivitas yaitu dari aspek lingkungan (Mishra et al., 2020). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Toress dan gati (2009) memperluas *tools EPA Lean* dan *Environmental toolkit* disebut *Environmental Values Stream Mapping (E-VSM)*, fokus dalam penelitian ini adalah konsumsi air hingga hasil pengeluaran limbah air (Faulkner & Badurdeen, 2014).

Environmental Values Stream Mapping merupakan salah satu *tools* yang digunakan untuk memvisualisasikan aliran produk dan mengidentifikasi pemborosan yang dihasilkan (Maulidin et al., 2019). EVSM tidak hanya memetakan aspek proses, aliran informasi, dan waktu tetapi juga menggambarkan aspek lingkungan seperti limbah, energi, air, material, transportasi, emisi dan keanekaragaman hayati. *Tools* ini juga mempertimbangkan dampak lingkungan yang berhubungan sistem manajemen lingkungan perusahaan (Shahbazi et al., 2019).



Gambar 2. 3 Penambahan commom waste menjadi environmental parameters

Gambar 2.3 menjelaskan mengenai penambahan beberapa poin pada *Value Stream Mapping* yang disebut *commom VSM paramaters* ditambah dengan *environmental parameters* berupa *energy, water, materials, garbage, transportation, emissions*.



Gambar 2. 4 Contoh *Environmental Values Stream Mapping*

Pada gambar 2.4 merupakan contoh *Environmental Values Stream Mapping* yang berisi mengenai informasi waktu proses, energi, dan sebagainya yang dapat membantu manajer untuk untuk mengintegrasikan, mengukur, mengontrol, dan meningkatkan kinerja produktif dan lingkungan perusahaan.

Pada tabel 2.2 menampilkan strategi meminimalisir limbah yang dirancang untuk setiap tahapan *helical rolling process*, sedangkan tabel 2.3 menyajikan aktivitas spesifik

yang bisa digunakan untuk meminimalisir *green wastes* pada tiap tiap waste (Garza-Reyes et al., 2018).

Tabel 2. 2 Strategi penghapusan limbah hijau setiap tahapan *helical rolling process*

Process Stages Wastes	Feeding of Raw Material	Helical Rolling and Heat Treatment	Storage	Bagging	Dispatch
Energi 	• Konservasi • Adaptasi Teknologi • Manajemen energi • Mencari Sumber Alternatif				
Air 		• Konservasi • Menggunakan kembali air yang belum terkontaminasi zat bahaya • Meminimalkan toksisitas			
Material 		• 100% reuse • Daur ulang • Penggunaan yang sesuai tidak berlebihan • Penghapusan bahan yang memiliki dampak negatif		• 100% reuse • Daur ulang • Penggunaan yang sesuai tidak berlebihan • Penghapusan bahan yang memiliki dampak negatif	
Sampah 	• Minimisation • Reuse	• Minimisation • Reuse			
Transportasi 	• Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi		• Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi	• Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi	• Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi
Emisi 	• Mengurangi emisi pada sumber	• Mengurangi emisi pada sumbernya		• Mengurangi emisi pada sumbernya	• Mengurangi emisi pada sumbernya



Dapat diabaikan atau tidak ada pemborosan jenis tersebut pada tahap proses

Tabel 2. 3 Kegiatan untuk meminimalkan sampah ramah lingkungan

Pemborosan	Strategi	Alternatif
Energi 	Konservasi Energi	• Penerapan SOP untuk mematikan perangkat apapun ketika tidak digunakan • Penggunaan teknologi sensor dalam mematikan perangkat secara otomatis saat tidak digunakan • Menggunakan perangkat sesuai dengan keperluan tugas yang diberikan
	Adaptasi teknologi	• Mengganti atau mendapatkan peralatan dengan konsumsi energi kecil • Menggunakan energi dengan teratur, tidak membuang energi dengan percuma
	Memanajemen energi	• Memindahkan penggunaan energi dari waktu sibuk menjadi diluar waktu sibuk
	Mencari sumber alternatif	• Menggunakan pembangkit tenaga alam seperti panas bumi, angin, air, dan panel surya
Air 	Konservasi Air	• Menerapkan SOP dalam penggunaan air dan pemeliharaan peralatan • Menggunakan teknologi hemat air • Menangani sistem air agar tidak mengandung zat berbahaya
	Meminimalkan toksisitas	• Fokus pada menghilangkan zat yang berbahaya • Mengklasifikasikan air yang dibuang berdasarkan tingkat kotornya ▪ Air bersih dapat diminum ▪ Air abu abu berarti tidak dapat diminum tetapi dapat digunakan ▪ Air hitam perlu adanya pengolahan kembali
	Reuse	• Memutuskan dalam penggunaan jenis air

Pemborosan	Strategi	Alternatif
		untuk kegiatan
Material	100% <i>reuse</i>	•Merancang proses yang memungkinkan produk dapat digunakan kembali apabila masa pakai sudah selsai
	Menggunakan bahan daur ulang	•Menggunakan bahan yang berasal dari daur ulang •Merancang produk jadi yang dapat didaur ulang
	Mengurangi penggunaan	•Penerapan praktik yang efektif dan tidak melakukan pemborosan dalam material
	Menghapus dampak negatif bahan	•Menghilangkan bahan yang mempunya resiko tinggi terhadap lingkungan dan sesuai dengan perundang undangan terkait lingkungan
Sampah	Meminimalisir sampah	•Mengidentifikasi asal usul sampah berdasarkan proses dimana sampah dihasilkan •Menganalisis apakah jumlah sampah dapat dikurangi dengan perubahan aktivitas
	<i>Reuse</i>	•Menganalisa bahan yang dapat didaur ulang •Mengubah karakteristik produk jadi agar dapat didaur ulang dengan mudah sehingga dapat terurai dalam jangka waktu yang singkat
Transportasi	Meminimalkan jarak	•Menerapkan <i>cellular manufacturing practices</i>
	Transportasi ramah lingkungan	•Penggunaan transportasi yang ramah lingkungan atau transportasi umum

Pemborosan	Strategi	Alternatif
Emisi		• Mengidentifikasi sumber emisi • Menganalisis apakah proses sesuai dengan desain parameter • Memastikan aktivitas dapat menggunakan sedikit emisi • Mencari pengganti emisi dengan yang lebih ramah lingkungan • Mencari solusi untuk mengubah, mengubah, atau menghilangkan aktivitas yang memicu emis
	Meminimasi sumber emisi	

2.2.6 Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping digunakan untuk mengidentifikasi *waste* atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah yang terjadi pada aliran proses produksi dalam lingkup perusahaan maupun dalam *supply chain*, PAM juga dapat digunakan sebagai *tools* yang dapat menentukan proporsi aktivitas secara rinci. (Indrawati & Ridwansyah, 2015). Konsep dari PAM yaitu memetakan setiap tahapan aktivitas produksi dari kedatangan mulai operasi, *delay*, inspeksi, transportasi hingga akhirnya disimpan pada gudang akhir, kemudian akan dikelompokkan kedalam jenis penggunaan bahan bakar yang ada yaitu energi, material, emisi, transportasi, limbah, air dan keanekaragaman hayati.

Penelitian Putri & Dona (2019) menerangkan terkait tahapan *Process Activity Mapping* diantaranya:

- Pengamatan secara langsung dengan mengidentifikasi aktivitas, waktu proses, jarak perpindahan hingga pekerja yang terlibat dalam proses produksi.
- Pengelompokan aktivitas kedalam lima kelompok yang terdiri dari operasi, transportasi, penyimpanan, delay dan inspeksi.
- Menganalisis dan membagi terakit jenis aktivitas dan *waste* yang terjadi

2.2.7 Life Cycle Assessment (LCA)

Berdasarkan ISO 14040 (1997), *Life Cycle Assessment (LCA)* merupakan suatu prosedur kuantitatif yang digunakan untuk menilai terhadap dampak potensial lingkungan yang berhubungan dengan proses produksi sebuah produk (Pujotomo et al., 2019). Menurut (Hanafi, 2016) *Life Cycle Assessment* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk

mengevaluasi dampak proses produksi terhadap lingkungan, kesehatan manusia dan sumber daya alam. Dalam sistem produksi terdapat istilah *input* dan *output*, *input* yang dimaksud merupakan material atau bahan baku yang diambil dari sumber daya yang ada sedangkan *output* diartikan sebagai keluaran yang tidak dipakai kembali yang dibuang ke lingkungan kembali. Dalam pengambilan bahan baku yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan karena eksploitasi secara berlebihan sedangkan *waste* hasil produksi akan menciptakan dampak negatif pada lingkungan sehingga perlunya suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dalam pengambilan material dari lingkungan dan meminimalisir dampak negatif limbah industri.

Standar Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) pertama kali pada tahun 1997 yaitu ISO 14040 terkait *Principle and Framework LCA*, ISO kemudian menerbitkan beberapa standar mengenai dengan implementasi *Life Cycle Assessment*, antara lain (Astuti, 2019):

- a. ISO 14041 (1998) - *goal and scope* atau definisi tujuan dan ruang lingkup
 - Mendeskripsikan tujuan, proses yang akan dievaluasi, batasan batasan serta asumsi yang berhubungan dengan siklus hidup dari sistem.
 - Batasan ruang lingkup yang dimaksud digolongkan menjadi 4 yaitu
 - a) *Cradle to grave* artinya dimulai dari bahan mentah hingga sampai ketangan konsumen
 - b) *Cradle to gate* merupakan ruang lingkup dari bahan mentah sampai ke *gate* sebelum pemakai produk atau sampai ketangan konsumen
 - c) *Gate to gate* berarti meninjau aktivitas terdekat
 - d) *Cradle to cradle* yaitu ruang lingkup dimulai dari bahan mentah sampai masa produk selesai kemudian dapat dilakukan daur ulang.
- b. ISO 14042 (1999) - *Life Cycle Inventory* (LCI)

Merupakan proses pengumpulan dan perhitungan data energi, material, emisi, air dan limbah yang dihasilkan dari proses produksi yang dibuang ke lingkungan.
- c. ISO 14043 (2002) - *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) merupakan tahapan yang bertujuan untuk mengevaluasi potensi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses industri. Terdapat beberapa tahapan analisa diantaranya: klasifikasi dan karakteristik yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan substansi, yang kedua normalisasi digunakan untuk menunjukkan kontribusi relatif dari kategori dampak pada lingkungan sehingga akan menciptakan satuan yang seragam, selanjutnya yaitu

pembobotan yang bertujuan untuk mendapatkan dampak mana yang memiliki nilai tertinggi dari nilai lainnya dan yang terakhir adalah single score digunakan untuk mengkategorikan nilai dampak berdasarkan suatu aktivitas atau proses

d. ISO 14044 (2006) - *Requirements and Guidelines*.

Merupakan tahapan yang terakhir dimana berisi kesimpulan, rekomendasi dan pengambilan keputusan agar dapat diimplementasikan untuk perkembangan lebih lanjut.

2.2.8 *Diagram Fishbone*

Diagram Ishikawa disebut juga dengan nama Diagram *fishbone*, Diagram *fishbone* dirancang oleh Professor Kaoru Ishikawa, yang memelopori proses manajemen kualitas mutu pada industri Kawasaki pada tahun 1960-an (Septiawan & Bkti, 2016). Diagram *fishbone* merupakan salah satu *tools* manajemen kualitas yang dapat memungkinkan menggambarkan penyebab permasalahan yang terjadi (Ulfa & Widjaya, 2017). Diagram ini digambarkan seperti tulang ikan dengan moncong kepala merupakan efek atau akibat dari permasalahan dan tulang diisi dengan sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya. Diagram ini menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan dengan berbagai aspek. Nama lain dari diagram ini adalah diagram *cause and effect* (sebab dan akibat) dikarenakan memiliki hubungan antara sebab dan akibat (Monoarfa et al., 2021). Terdapat beberapa fungsi dari diagram *fishbone* yaitu mengkategorikan berbagai sebab potensial dari suatu masalah dengan teratur, mengamati permasalahan yang sebenarnya terjadi dalam suatu proses, menggambarkan organisasi mengenai proses dan prosedur yang telah diubah atau sebelum adanya perbaikan (Widyahening, 2018). Diagram *fishbone* mengklarifikasi beberapa faktor penyebab permasalahan yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*) (Purwaningsih et al., 2024).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Pada dasarnya objek merupakan apa saja yang hendak diselidiki dalam kegiatan penelitian. Dalam penelitian ini, objek yang diteliti adalah proses produksi Batik Tulis dengan motif Wahyu Temurun pada UKM Sri Kuncoro yang terletak di Giroloyo Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, D.I Yogyakarta. Fokus penelitian ini terkait identifikasi *environmemental waste* dalam bentuk *Life Cycle Assessment* selama produksi batik tulis ini, Adapun berikut merupakan proses produksi batik tulis Wahyu Temurun dimulai dari diawali dengan pencucian kain, pembuatan pola, cecek, nembok, pewarnaan, pelorodan, ngranit, pewarnaan, pelorodan, dan pengemasan produk.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah para pekerja/anggota ukm dan pemilik yang terlibat langsung dalam proses produksi batik tulis motif Wahyu Temurun dari Sri Kuncoro, untuk subjek yang dipilih adalah yang berhubungan langsung dengan proses pembuatan batik tulis guna mengetahui alur proses dan menganalisis terkait *green manufacture*.

3.3 Jenis Data

Pada penelitian ini terdapat 2 jenis data yang digunakan yaitu:

1. Data Primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian yaitu UKM Sri Kuncoro yang dilakukan dengan observasi dan wawancara kepada pemilik atau pekerja yang bersangkutan langsung dengan proses produksi batik tulis motif wahyu temurun, seperti waktu persiapan, waktu transportasi, waktu aktivitas produksi, proses kegiatan produksi penggunaan sumber daya seperti energi, air, listrik dan sebagainya, serta deskripsi setiap proses.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung sebagai penunjang dalam penelitian ini, Data sekunder yang digunakan yaitu waktu mulai dan selesai proses batik, dan rangkaian proses produksi.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini, berikut merupakan penjelasannya:

1. Observasi

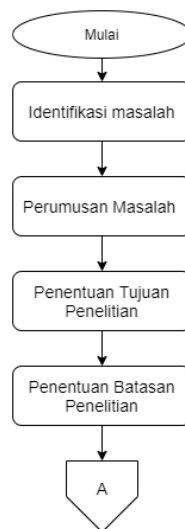
Observasi atau pengamatan langsung dilakukan untuk mengumpulkan data secara langsung yang berkaitan dengan proses produksi batik tulis motif wahyu temurun di UKM Sri Kuncoro berupa penggunaan energi, air, listrik dan jumlah limbah yang keluar menuju lingkungan, alur proses produksi, waktu aktivitas produksi, data materil seperti bahan baku dan bahan tambahan.

2. Wawancara

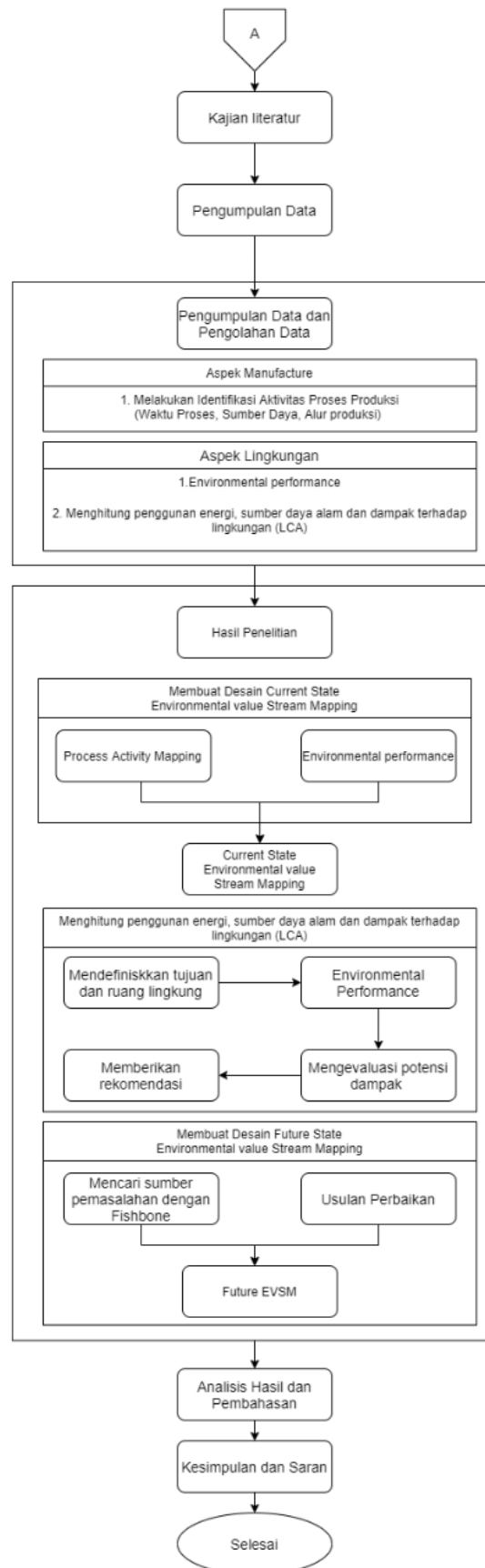
Wawancara dengan pihak terkait seperti pemilik dan pekerja secara langsung di UKM Sri Kuncoro, wawancara dilakukan guna mendapatkan informasi yang dibutuhkan pada penelitian ini seperti jumlah operator, alur produksi, deskripsi proses, dan jenis bahan yang digunakan, dan menentukan permasalahan yang terjadi.

3.5 Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian (Lanjutan)

Penjelasan alur penelitian sebagai berikut:

1. Mulai

2. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang timbul selama pengamatan/observasi langsung pada UKM Sri Kuncoro, permasalahan ini dilanjutkan menjadi rumusan masalah.

3. Perumusan Masalah

Setelah melakukan identifikasi secara langsung, kemudian merumuskan permasalahan yang akan dicoba diselesaikan menggunakan pendekatan yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi.

4. Penentuan Tujuan Penelitian

Penentuan tujuan merupakan keinginan peneliti dalam menjawab atas permasalahan penelitian yang diterangkan pada rumusan masalah serta menentukan batasan penelitian agar topik yang penelitian sesuai dengan ruang lingkup pembahasan.

5. Penentuan Batasan Penelitian

Batasan masalah berisi mengenai batasan terkait ruang lingkup peneliti dengan permasalahan yang ada sehingga pembahasan bisa fokus pada suatu penelitian dan tidak keluar lingkup pembahasan.

6. Kajian Literatur

Pada tahap ini, tinjauan pustaka dibagi menjadi dua jenis, yaitu kajian literatur dan landasan teori. Kajian literatur berupa jurnal, penelitian terdahulu, buku yang berkaitan dengan penelitian, sedangkan landasan teori berisi mengenai menjelaskan teori dan metode yang digunakan dalam penelitian antara lain *lean manufacturing*, *environmental value stream mapping*, *process activity mapping*, diagram *fishbone* *Life Cycle Assessment* selama produksi batik tulis.

7. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan dengan tiga metode yaitu observasi, wawancara, dan kajian literatur. Data yang dibutuhkan berupa data alur proses produksi, data waktu aktivitas produksi, data *input output* material dan energi yang digunakan dan data penggunaan material, air, listrik dan sebagainya yang berhubungan dengan proses produksi

8. Pengolahan Data

Proses selanjutnya adalah pengolahan data. Pada proses ini data diolah sesuai kebutuhan, yaitu *Process Activity Mapping*, *Environmental value Stream Mapping* (EVSM), *Life Cycle Assessment* dan diagram *fishbone*.

- a. Pembuatan aktivitas *mapping* yaitu mengetahui segala aktivitas yang berlangsung selama proses produksi batik tulis dengan memberikan input dan nilai dari setiap aktivitas. Untuk membuat aktivitas *mapping* perlu adanya informasi mengenai aktivitas setiap proses produksi, waktu setiap aktivitas yang dilakukan dan penggunaan sumber daya.
- b. Pembuatan *Current State Environmental value Stream Mapping* (CSEVSM)
Proses ini berupa mendesain aliran produk dan aliran berfokus pada pendekatan lingkungan, dengan menganalisa seluruh aliran proses produksi. Dalam pembuatan *Current State Environmental value Stream Mapping* diperlukan data antara lain produk yang dihasilkan, jumlah operator, alur proses produksi, aktivitas setiap proses, jam kerja, waktu proses per aktivitas yang dilakukan, waktu transportasi, penggunaan energi, air, listrik yang berhubungan dengan proses produksi.
- c. Melakukan penghitungan *Life Cycle Assessment* (LCA) terhadap penggunaan energi, penggunaan sumber daya alam, dan pembuangan pada lingkungan, serta mengevaluasi dan menerapkan dengan menggunakan. Terdapat beberapa data yang diperlukan dalam metode ini seperti informasi proses produksi, jumlah bahan baku, jenis bahan baku, bahan bakar, penggunaan air yang digunakan dalam proses produksi. *Life Cycle Assessment* (LCA) memiliki beberapa tahapan yang perlu dilakukan yaitu menentukan ruang lingkup dan tujuan, melakukan pengumpulan dampak terhadap lingkungan, menghitung nilai dampak lingkungan produk yang dilakukan menggunakan software SimaPro dalam proses ini dibagi kembali menjadi 4 tahapan yaitu karakteristik, normalisasi, pembobotan, dan *single score*.
- d. Proses selanjutnya yaitu pembuatan diagram *fishbone* yang digunakan untuk identifikasi penyebab permasalahan yang ada pada proses produksi.

- e. Usulan perbaikan diberikan untuk menjaga keberlanjutan lingkungan selama proses produksi batik tulis di UKM Sri Kuncoro.
- f. Pembuatan *Future State Environmental Value Stream Mapping* (FSEVSM) dan *Future Process Activity Mapping* yaitu tahapan membuat desain berdasarkan usulan perbaikan yang sebelumnya telah dibuat.

9. Analisis dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data dengan metode dan alat yang telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah memberikan analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data. Analisis dan pembahasan dijabarkan dalam bentuk penjelasan hasil.

10. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini menjawab dari tujuan penelitian dan saran diberikan kepada objek penelitian terkait permasalahan yang ditemui dalam proses produksi dengan memberikan solusi yang relevan dan teruji pada penelitian ini. penulis juga memberikan saran untuk UKM berdasarkan hasil penelitian ini juga memberikan saran untuk penelitian berikutnya.

11. Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

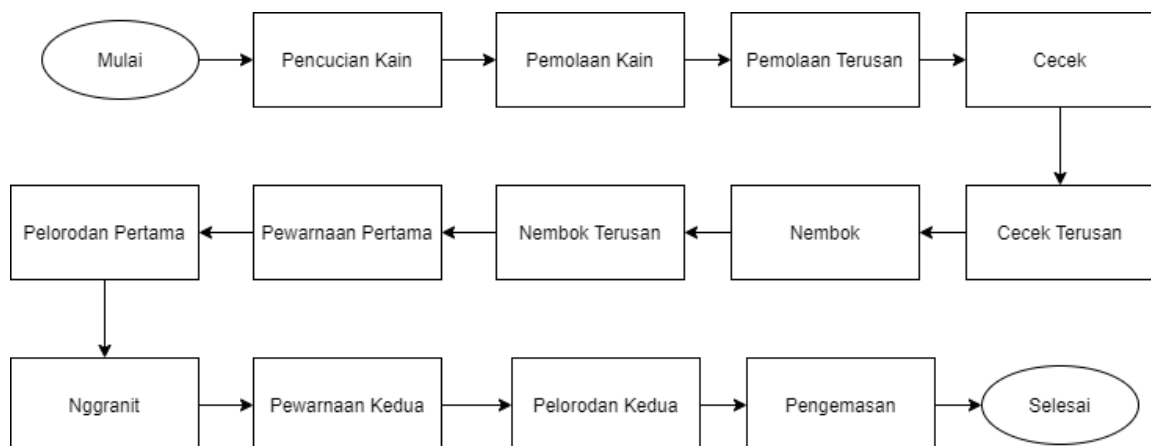
4.1.1 Profil UKM

UKM Batik Sri Kuncoro merupakan salah satu UKM manufaktur yang bergerak dibidang industri kreatif khususnya industri batik yang mana memproduksi batik tulis. Batik tulis Sri Kuncoro di kelola oleh Ibu Imaroh sejak didirikan pada tahun 2008. Lokasi produksi batik tulis Sri Kuncoro terletak di Giroloyo Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, D.I Yogyakarta. Motif yang banyak diproduksi pada UKM ini seperti wahyu temurun, sido asih, sido mukti, truntum, srikuncoro dan udan liris serta motif baru seperti sirgunggu wiguno yang terinspirasi dari pohon asli khas Giriloyo. UKM Sri Kuncoro memiliki metode produksi yaitu *make to order*, terkadang juga memproduksi untuk *stock* pameran, melatih skill, sample pada butik yang berada pada rumah Ibu Imaroh yang dapat dijual apabila terdapat *customer* yang berminat.

Dalam proses produksi batik tulis terdapat beberapa langkah yang perlu dilalui yaitu pencucian kain, pemolaan kain, pemolaan terusan, cecek, cecek terusan, nembok, nembok terusan, pewarnaan pertama, pelorodan pertama, granit, pewarnaan kedua, polorodan kedua, pengemasan. Dalam proses seperti pemolaan, mencating dan nembok berada pada rumah pengrajin yang bekerjasama dengan UKM Sri Kuncoro sehingga pengerjaan batik ini dapat lebih flexsibel dan dapat disesuaikan dengan waktu pengrajin.

4.1.2 Tahapan Proses Pembuatan Batik Tulis

Proses pembuatan batik tulis dapat digambarkan secara umum sebagai berikut:



Gambar 4.1 Alur Proses Membatik

Penjelasan proses produksi batik tulis motif Wahyu Ttemurun UKM Sri Kuncoro pada Gambar 4.1 yaitu sebagai berikut:

a. Pencucian Kain

Tahapan pertama yang dilakuakn yaitu mencuci kain mori/putih polos yang akan digunakan sebagai kain batik dengan menggunakan campuran air dan deterjen. Media yang digunakan dalam proses ini yaitu ember, air, deterjen dan jemuran yang digunakan untuk mengeringkan kain mori apabila sudah selesai dibersihkan.

b. Pemolaan Kain

Kain yang telah bersih kemudian akan dibawa menuju pengrajin untuk dilakukan proses pemolaan langsung pada media kain mori yang telah dibersihkan, motif yang akan digambarkan pada media ini yaitu wahyu temurun yang akan digunakan untuk pembuatan kain sarung, bahan yang digunakan dalam proses ini adalah kain putih, lilil/malam yang sudah dipanaskan, kompor minyak/kayu, gawangan untuk sandaran kain, kertas minyak yang digunakan untuk menjiplak motif dan kursi kecil/dingklik digunakan untuk duduk pengraajin.

c. Pemolaan Terusan

Proses ini seperti pada pemolaan diawal tetapi bedanya sisi sebaliknya yang dikerjakan, bahan yang digunakan sama sperti pemolaan tetapi tidak menggunakan kertas minyak sebagai contoh pola karena hanya mengikuti garis pola yang telah dibuat pada sisi lainnya.

d. Cecek

Selanjutnya adalah proses cecek, proses ini berupa memberikan isian pada pola tertentu berupa titik titik seperti pada bagian daun, bunga dan sebagainya sehingga memberikan kesan ramai dan menjadikan pola lebih realistik. Dalam proses ini penggunaan alat dan bahan yang digunakan sama seperti pemolaan bedanya hanya pada canting yang digunakan yaitu memiliki diameter ujung canting yang lebih kecil dari pemolaan agar memudahkan dalam memberi titik.

e. Cecek Terusan

Selanjutnya yaitu proses cecek terusan, proses ini sama dengan cecek tetapi bedanya proses ini mengerjakan pada sisi kain yang kedua dan alat dan bahan yang digunakan sama seperti proses sebelumnya yaitu lilin/malam, canting untuk nyeceki, kompor minyak untuk memanaskan malam/lilin, gawangan untuk sandaran kain, dan kursi kecil untuk duduk

f. Nembok

Proses ini juga sering disebut mbironi/nutup yaitu proses membantik dengan cara menutup hasil cecek dan cecek terusan dengan menggunakan lilin yang sudah dipanaskan yang tujuan untuk agar nanti motif dan warna yang dihasilkan berbeda dengan warna dasar.

g. Nembok Terusan

Proses ini melakukan proses nembok pada sisi sebaliknya menggunakan material dan energi yang sama pada proses nembok yaitu lilin/malam, canting untuk nyeceki, kompor minyak untuk memanaskan malam/lilin, gawangan untuk sandaran kain, dan kursi kecil untuk duduk

h. Pewarnaan Pertama

Perwarnaan pertama bertujuan untuk memberikan warna dasar ada kain yang awalnya putih menjadi warna yang menjadi ciri khas batik tulis, warna yang biasanya digunakan cenderung gelap. Teknik yang digunakan yaitu dengan mencelupkan kedalam campuran air dan naptol, proses ini dilakukan dengan mencelupkan kain beberapa kali ke benjana hingga warna diras sudah meresap.

i. Pelorodan pertama

Merupakan proses perebusan kain yang telah selesai diwarnai, proses ini bertujuan agar malam/lilin yang tertempel pada kain dapan hilang sehingga pola dan motif terlihat jelas, proses ini juga dapat dilakukan dengan cara mencelupkan beberapa kali kedalam air mendidih sehingga lebih cepat dan tidak merusak kain karena suhu tinggi perebusan. Bahan yang digunakan dalam proses ini yaitu air bersih, panci, kayu bakar, dua gagang kayu untuk mencelupkan dan mengangkat kain.

j. Ngranit

Ngranit merupakan proses dalam membatik dengan cara memberi titik – titik didalam pola keseluruhan sehingga dapat dilakukan pewarnaan selanjutnya. Proses ini membutuhkan ketelitian dan ketekunan. Alat dan bahan yang digunakan dalam proses ini seperti kain yang sudah diwarnai dengan warna dasar, canting dengan diameter kecil, kompor dan lilin.

k. Pewarnaan kedua

Pewarnaan kedua ini bertujuan untuk memberikan warna pada pola batik sehingga batik lebih hidup, dalam proses ini menggunakan teknik celup pada sebuah benjana yang telah diisikan dengan campuran air hangat dan naphthol, untuk alat dan bahan

seperti yang digunakan pada pewarnaan pertama hanya berbeda pada komposisi pewarna buatan.

l. Peloroda kedua

Proses ini sama seperti peloroda pertama, proses ini bertujuan untuk menghilangkan malam/lilin pada pola yang di granit sehingga motif akan muncul.

m. Pengemasan

Proses ini merupakan dilakuakn diakhir produksi dengan cara mengemas batik tulis yang sudah kering dan sesuai dengan keinginan konsumen untuk dikirimkan.

4.1.3 Data Waktu Kerja dan Jumlah Operator

Perencanaan produksi UKM Sri Kuncoro disesuaikan dengan permintaan pelanggan. Pada proses pemesanan, pelanggan memberikan motif kain batik “Wahyu Temurun” yang nantinya akan dijadikan kain sarung. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan empat kain batik tulis adalah sebagai berikut:

Table 4.1 Data Operator

No	Proses	Jumlah Operator/Pengrajin
1	Pencucian	1
2	Pemolaan	1
3	Pemolaan Terusan	1
4	Cecek	1
5	Cecek Terusan	1
6	Nembok	1
7	Nembok Terusa	1
8	Pewarnaan Pertama	1
9	Peloroda pertama	1
10	Ngranit	1
11	Pewarnaan Kedua	1
12	Peloroda Kedua	1
13	Pengemasan	1

Pada tabel diatas diketahui bahwa proses produksi dikerjakan oleh pengrajin dan pemilik UKM Sri Kuncoro. Dengan masing-masing operator memiliki keahlian yang berbeda-beda. Misalnya pada pengerjaan proses pewarnaan dikerjakan oleh pemilik

UKM dan proses cecek dikerjakan oleh ibu Sri. UKM Sri Kuncoro memiliki sekitar 20 pengkrajin yang tersebar di daerah Giriloyo, dengan jam kerja mulai dari pukul 08.00 – 16.00 WIB dari hari senin hingga sabtu.

Table 4.2 Data Waktu Produksi

No	Hari	Available Time (Detik)
1	Senin	21.600
2	Selasa	21.600
3	Rabu	21.600
4	Kamis	21.600
5	Jumat	21.600
6	Sabtu	21.600

4.1.4 Data Waktu Aktivitas Produksi

Data aktivitas produksi digunakan untuk mengidentifikasi dan menjabarkan kegiatan apa saja yang terdapat dalam suatu produksi batik tulis. Data waktu aktivitas produksi dikumpulkan dan dicatat menggunakan *timer* dan rekaman video selama proses produksi berlangsung. Terdapat 13 rangkain proses untuk menghasilkan satu kain batik tulis motif Wahyu Temurun. Berikut merupakan waktu setiap aktivitas produksi batik tulis motif Wahyu Temurun pada UKM Sri Kuncoro:

Table 4.3 Aktivitas Produksi

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
1	Pencucian Kain	Persiapan ember	25	A1
		Memasukan air kedalam ember	160	A2
		Mengambil kain mori	13	A3
		Mencuci kain	54	A4
		Menjemur kain	7200	A5
		Penyimpanan kain mori	75600	A6
2	Pemolaan	Persiapan alat dan bahan	240	B1
		Memanaskan lilin hingga cair	91	B2
		Membawa kain ketempat pemolaan	8	B3

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		Meletakan mori pada gawangan yang telah terdapat plastik jiplakan	6	B4
		Melakukan pemolaan	46740	B5
		Melipat kain	16	B6
		Membawa kain ke tempat penyimpanan	32	B7
		Penyimpanan kain mori	189960	B8
		Persiapan alat dan bahan	245	C1
		Memanaskan lilin hingga cair	92	C2
		Membawa kain ketempat pemolaan	18	C3
3	Pemolaan	Meletakan mori pada gawangan	5	C4
	Terusan	Melakukan pemolaan pada sebalikan	30720	C5
		Melipat kain	11	C6
		Menyimpan kain ke tempat penyimpanan	28	C7
		Penyimpanan	56520	C8
		Menyiapkann alat dan bahan	236	D1
4	Cecek	Memanaskan lilin hingga cair	85	D2
		Mengambil kain yang telah dipola	25	D3
		Meletakan kain pada gawangan	6	D4
		Melakukan proses cecek	28800	D5
		Melipat kain	13	D6
		Membawa Penyimpanan	12	D7
		Penyimpanan	54000	D8
5	Cecek Terusan	Menyiapkann alat dan bahan	240	E1
		memanaskan lilin hingga cair	93	E2
		Mengambil kain yang telah dicecek	13	E3
		Meletakan kain sisi sebelahnya pada gawangan	5	E4
		Melakukan proses cecek	18000	E5
		Melipat kain	15	E6
		Membawa ke penyimpanan	11	E7
		Penyimpanan	54000	E8

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
6	Nembok	Menyiapkan alat dan bahan	240	F1
		Memanaskan lilin hingga cair	91	F2
		Mengambil kain yang telah dicecek	11	F3
		Meletakkan pada gawangan	4	F4
		Menutup motif yang dikehendaki (nembok)	2040	F5
		Melipat kain	21	F6
		Membawa ke penyimpanan	420	F7
		Penyimpanan	11800	F8
7	Nembok Terusan	Menyiapkan alat dan bahan	20	G1
		Memanaskan lilin hingga cair	80	G2
		Mengambil kain yang telah di blok	11	G3
		Meletakkan kain dengan posisi sisi lainnya pada gawangan	5	G4
		Menutup motif yang dikehendaki (nembok)	1260	G5
		Melipat kain	20	G6
		Penyimpanan	68400	G7
8	Pewarnaan pertama	Menyiapan alat dan bahan pewarnaan	480	H1
		Meramu bahan Naptol dan Garam	180	H2
		Mengisi bencana dengan air	240	H3
		Memasukan ramuan garam dan naphol	6	H4
		Menambahkan air hangat untuk pewarnaan	6	H5
		Memakai sarung tangan	13	H6
		Meratakan campuran	21	H7
		Melepaskan sarung tangah	8	H8
		Mengambil kain	13	H9
		Perendaman dengan air biasa	6480	H10
		Ditiriskan	78	H11

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		Memindahkan dari bencana ke tempat naphthol	8	H12
		Memakai sarung tangan	15	H13
		Merendam kain kedalam larutan naphthol	52	H14
		Meniriskan kain	99	H15
		Memindahkan kedalam garam naphthol	7	H16
		Merendam kain kedalam larutan garam naphthol	61	H17
		Meniriskan kain	85	H18
		Melepas sarung tangan	8	H19
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	H20
		Membilas kain	30	H21
		Meniriskan kain	120	H22
		Memakai sarung tangan kembali	9	H23
		Penambahan cairan	14	H24
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan kedua	10	H25
		Merendam kain kedalam larutan naphthol kedua	64	H26
		Meniriskan kain	134	H27
		Memindahkan kedalam garam naphthol	3	H28
		Merendam kain kedalam larutan garam naphthol kedua	100	H29
		Meniriskan kain	159	H30
		Melepas sarung tangan	8	H31
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	H32
		Membilas kain	42	H33
		Meniriskan kain	67	H34
		Memakai sarung tangan kembali	12	H35
		Penambahan cairan	11	H36

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan ketiga	12	H37
		Merendam kain kedalam larutan naphol ketiga	121	H38
		Meniriskan kain	138	H39
		Memindahkan kedalam garam naphthol	3	H40
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol ketiga	73	H41
		Meniriskan kain	371	H42
		Melepas sarung tangan	8	H43
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	H44
		Membilas kain	31	H45
		Meniriskan kain	35	H46
		Memindahkan kejemuran	7	H47
		Penjemuran	7200	H48
		Meletakan panci berukuran besar diatas perapian	5	I1
		Mengisi panci dengan air	55	I2
		Mengambil korek dalam saku	3	I3
		Menghidupkan kayu dengan korek gas	14	I4
		Meletakan korek gas	3	I5
		Menutup panci	2	I6
9	Pelorodan pertama	Memanaskan air hingga mendidih	7200	I7
		Mengambil kain dari jemuran	6	I8
		Membuka panci	3	I9
		Meletakan tutup panci kesamping	3	I10
		Merendam kain kedalam panci	63	I11
		Mengangkat kain dengan tongkat	15	I12
		Pelorotan kain	54	I13
		Membawa kain ketempat pembilasan	8	I14
		Mencuci kain dan membilas	62	I15

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		Membawa kain pada jemuran	9	I16
10	Ngranit	Menyiapkan alat dan bahan	240	J1
		Memanaskan lilin hingga cair	93	J2
		Mengambil kain yang telah diwarnai dasar	12	J3
		Meletakkan pada gawangan	4	J4
		Melakukan proses grannit	61212	J5
		Melipat kain	24	J6
		Membawa ke tempat penyimpanan	12	J7
		Penyimpanan	173520	J8
11	Pewarnaan Kedua	Menyiapkan alat dan bahan	480	K1
		Meramu bahan Naptol dan Garam	166	K2
		Mengisi bencana dengan air	240	K3
		Memasukan ramuan garam dan naphol	7	K4
		Menambahkan air hangat untuk pewarnaan	6	K5
		Memakai sarung tangan	12	K6
		Meratakan campuran	14	K7
		Melepaskan sarung tangah	8	K8
		Mengambil kain	12	K9
		Perendaman dengan air biasa	6200	K10
		Ditiriskan	90	K11
		Memindahkan dari bencana ke tempat naphthol	8	K12
		Memakai sarung tangan	13	K13
		Merendam kain kedalam larutan naphol	73	K14
		Meniriskan kain	133	K15
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K16
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol	100	K17
		Meniriskan kain	68	K18
		Melepas sarung tangan	9	K19

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	K20
		Membilas kain	45	K21
		Meniriskan kain	80	K22
		Memakai sarung tangan kembali	12	K23
		Penambahan cairan	10	K24
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan kedua	7	K25
		Merendam kain kedalam larutan naphol kedua	45	K26
		Meniriskan kain	120	K27
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K28
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol kedua	98	K29
		Meniriskan kain	120	K30
		Melepas sarung tangan	12	K31
		memindahhkan kedalam bak air bersih	3	K32
		Membilas kain	38	K33
		Meniriskan kain	50	K34
		Memakai sarung tangan kembali	10	K35
		Penambahan cairan	9	K36
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan ketiga	10	K37
		Merendam kain kedalam larutan naphol ketiga	110	K38
		Meniriskan kain	100	K39
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K40
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol ketiga	80	K41
		Meniriskan kain	127	K42
		Melepas sarung tangan	10	K43
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	K44

No	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode
		Membilas kain	40	K45
		Meniriskan kain	51	K46
		Memindahkan kejemuran	15	K47
		Penjemuran	9000	K48
		Meletakan panci berukuran besar diatas perapian	3	L1
		Mengisi panci dengan air	70	L2
		Mengambil korek dalam saku	2	L3
		Menghidupkan kayu dengan korek gas	55	L4
		Meletakan korek gas	3	L5
		Menutup panci	2	L6
		Memanaskan air hingga mendidih	7200	L7
12	Pelorodan kedua	Mengambil kain dari jemuran	8	L8
		Membuka panci	1	L9
		Meletakan panci kesamping	2	L10
		Merendam kain kedalam panci	60	L11
		Mengangkat kain dengan tongkat	17	L12
		Pelorotan kain	62	L13
		Membawa kain ketempat pembilasan	9	L14
		Mencuci kain dan membilas	70	L15
		Membawa kain pada jemuran	12	L16
		Menggambil kain dari penyimpanan	10	M1
		Melipat kain dan merapikan kain	25	M2
13	Pengemasan	Memberi stiker UKM Sri Kuncoro	4	M3
		Memasukan pada kemasan	3	M4
		Meletakan pada penyimpanan	15	M5

4.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini setelah pengumpulan yang dilakukan secara langsung dan wawancara selesai selanjutnya data akan diolah untuk mengetahui pemborosan lingkungan apa yang terjadi sehingga dapat memberikan usulan perbaikan bagi UKM Sri Kuncoro.

4.2.1 *Process Activity Mapping*

Process activity mapping menggambarkan aktivitas secara detail termasuk waktu dan penggunaan sumber daya. PAM juga digunakan untuk membagi setiap proses kedalam aktivitas yang lebih terperinci. Sehingga haranya dapat mengidentifikasi dan mengoptimalkan penggunaan energi, air, material, transportasi, emisi, limbah dan keanekaragaman hayati yang memiliki pengaruh terhadap lingkungan, Berikut merupakan *Process activity mapping* yang akan dijelaskan pada tabel 4.4 dari UKM Sri Kuncoro:

Table 4.4 *Process Activity Mapping* UKM Sri Kuncoro

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
1	Pencucian Kain	Persiapan ember	25	A1							
		Memasukan air kedalam ember	160	A2							
		Mengambil kain mori	13	A3							
		Mencuci kain	54	A4							
		Menjemur kain	7200	A5							
		Penyimpanan kain mori	75600	A6							
2	Pemolaan	Persiapan alat dan bahan	240	B1							
		Memanaskan lilin hingga cair	91	B2							
		Membawa kain ketempat pemolaan	8	B3							
		Meletakkan mori pada gawangan yang telah terdapat plastik jiplakan	6	B4							
		Melakukan pemolaan	46740	B5							
		Melipat kain	16	B6							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
3	Pemolaan Terusan	Membawa kain ke tempat penyimpan	32	B7							
		Penyimpanan kain mori	189960	B8							
		Persiapan alat dan bahan	245	C1							
		Memanaskan lilin hingga cair	92	C2							
		Membawa kain ketempat pemolaan	18	C3							
		Meletakkan mori pada gawangan	5	C4							
		Melakukan pemolaan pada sebaliknya	30720	C5							
		Melipat kain	11	C6							
		Menyimpan kain ke tempat penyimpan	28	C7							
		Penyimpanan	56520	C8							
4	Cecek	Menyiapkann alat dan bahan	236	D1							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
5	Cecek Terusan	Memanaskan lilin hingga cair	85	D2							
		Mengambil kain yang telah dipola	25	D3							
		Meletakan kain pada gawangan	6	D4							
		Melakukan proses cecek	28800	D5							
		Melipat kain	13	D6							
		Membawa Penyimpanan	12	D7							
		Penyimpanan	54000	D8							
		Menyiapkann alat dan bahan	240	E1							
		Memanaskan lilin hingga cair	93	E2							
		Mengambil kain yang telah dicecek	13	E3							
		Meletakan kain sisi sebelahnya pada gawangan	5	E4							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
8	Pewarnaan pertama	Memanaskan lilin hingga cair	80	G2							
		Mengambil kain yang telah di blok	11	G3							
		Meletakkan kain dengan posisi sisi lainnya pada gawangan	5	G4							
		Menutup motif yang dikehendaki (nembok)	1260	G5							
		Melipat kain	20	G6							
		Penyimpanan	68400	G7							
		Memanaskan air untuk larutan naptol	4000	H1							
		Meramu bahan Naptol dan Garam	180	H2							
		Mengisi bencana dengan air	240	H3							
		Memasukan ramuan garam dan naphol	6	H4							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Menambahkan air hangat untuk pewarnaan	6	H5							
		Memakai sarung tangan	13	H6							
		Meratakan campuran	21	H7							
		Melepaskan sarung tangah	8	H8							
		Mengambil kain	13	H9							
		Perendaman dengan air biasa	6480	H10							
		Ditiriskan	78	H11							
		Memindahkan dari bencana ke tempat naphthol	8	H12							
		Memakai sarung tangan	15	H13							
		Merendam kain kedalam larutan naphol	52	H14							
		Meniriskan kain	99	H15							
		Memindahkan kedalam garam naphthol	7	H16							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol	61	H17							
		Meniriskan kain	85	H18							
		Melepas sarung tangan	8	H19							
		Memindahhkan kedalam bak air bersih	4	H20							
		Membilas kain	30	H21							
		Meniriskan kain	120	H22							
		Memakai sarung tangan kembali	9	H23							
		Penambahan cairan	14	H24							
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan kedua	10	H25							
		Merendam kain kedalam larutan naphol kedua	64	H26							
		Meniriskan kain	134	H27							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Memindahkan kedalam garam naphthol	3	H28							
		Merendam kain kedalam larutan garam naphthol kedua	100	H29							
		Meniriskan kain	159	H30							
		Melepas sarung tangan	8	H31							
		Memindahhkan kedalam bak air bersih	4	H32							
		Membilas kain	42	H33							
		Meniriskan kain	67	H34							
		Memakai sarung tangan kembali	12	H35							
		Penambahan cairan	11	H36							
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan ketiga	12	H37							
		Merendam kain kedalam larutan naphthol ketiga	121	H38							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Menghidupkan kayu dengan korek gas	14	I4							
		Meletakan korek gas	3	I5							
		Menutup panci	2	I6							
		Memanaskan air hingga mendidih	7200	I7							
		Mengambil kain dari jemuran	6	I8							
		Membuka panci	3	I9							
		Meletakan tutup panci kesamping	3	I10							
		Merendam kain kedalam panci	63	I11							
		Mengangkat kain dengan tongkat	15	I12							
		Pelorotan kain	54	I13							
		Membawa kain ketempat pembilasan	8	I14							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste					
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi
		Mencuci kain dan membilas	62	I15						
		Membawa kain pada jemuran	9	I16						
10	Ngranit	Menyiapkann alat dan bahan	240	J1						
		Memaskan lilin hingga cair	93	J2						
		Mengambil kain yang telah diwarnai dasar	12	J3						
		Meletakkan pada gawangan	4	J4						
		Melakukan proses grannit	61212	J5						
		Melipat kain	24	J6						
		Membawa ke tempat penyimpanan	12	J7						
		Penyimpanan	173520	J8						
11	Pewarnaan Kedua	Memaskan air untuk larutan naptol	4000	K1						

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Meramu bahan Naptol dan Garam	166	K2							
		Mengisi bencana dengan air	240	K3							
		Memasukan ramuan garam dan naphol	7	K4							
		Menambahkan air hangat untuk pewarnaan	6	K5							
		Memakai sarung tangan	12	K6							
		Meratakan campuran	14	K7							
		Melepaskan sarung tangah	8	K8							
		Mengambil kain	12	K9							
		Perendaman dengan air biasa	6200	K10							
		Ditiriskan	90	K11							
		Memindahkan dari bencana ke tempat naphthol	8	K12							
		Memakai sarung tangan	13	K13							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Merendam kain kedalam larutan naphol	73	K14							
		Meniriskan kain	133	K15							
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K16							
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol	100	K17							
		Meniriskan kain	68	K18							
		Melepas sarung tangan	9	K19							
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	K20							
		Membilas kain	45	K21							
		Meniriskan kain	80	K22							
		Memakai sarung tangan kembali	12	K23							
		Penambahan cairan	10	K24							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan kedua	7	K25							
		Merendam kain kedalam larutan naphol kedua	45	K26							
		Meniriskan kain	120	K27							
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K28							
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol kedua	98	K29							
		Meniriskan kain	120	K30							
		Melepas sarung tangan	12	K31							
		memindahhkan kedalam bak air bersih	3	K32							
		Membilas kain	38	K33							
		Meniriskan kain	50	K34							
		Memakai sarung tangan kembali	10	K35							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi waste						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Penambahan cairan	9	K36							
		Memindahkan dan melakukan proses pengulangan ketiga	10	K37							
		Merendam kain kedalam larutan naphol ketiga	110	K38							
		Meniriskan kain	100	K39							
		Memindahkan kedalam garam naphthol	4	K40							
		Merendam kain kedalam larutan garam naphol ketiga	80	K41							
		Meniriskan kain	127	K42							
		Melepas sarung tangan	10	K43							
		memindahhkan kedalam bak air bersih	4	K44							
		Membilas kain	40	K45							
		Meniriskan kain	51	K46							
		Memindahkan kejemuran	15	K47							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
		Penjemuran	9000	K48							
12	Pelorodan kedua	Meletakan panci berukuran besar diatas perapian	3	L1							
		Mengisi panci dengan air	70	L2							
		Mengambil korek dalam saku	2	L3							
		Menghidupkan kayu dengan korek gas	55	L4							
		Meletakan korek gas	3	L5							
		Menutup panci	2	L6							
		Memanaskan air hingga mendidih	7200	L7							
		Mengambil kain dari jemuran	8	L8							
		Membuka panci	1	L9							
		Meletakan panci kesamping	2	L10							
		Merendam kain kedalam panci	60	L11							

NO	Proses	Aktivitas	Waktu (detik)	Kode	Klasifikasi <i>waste</i>						
					Air	Energi	Material	Sampah	Transportasi	Emisi	Biodiversitas
13	Pengemasan	Mengangkat kain dengan tongkat	17	L12							
		Pelorotan kain	62	L13							
		Membawa kain ketempat pembilasan	9	L14							
		Mencuci kain dan membilas	70	L15							
		Membawa kain pada jemuran	12	L16							
		Menggambil kain dari penyimpanan	10	M1							
	Pengemasan	Melipat kain dan merapikan kain	25	M2							
		Memberi stiker UKM Sri Kuncoro	4	M3							
		Memasukan pada kemasan	3	M4							
		Meletakan pada penyimpanan	15	M5							

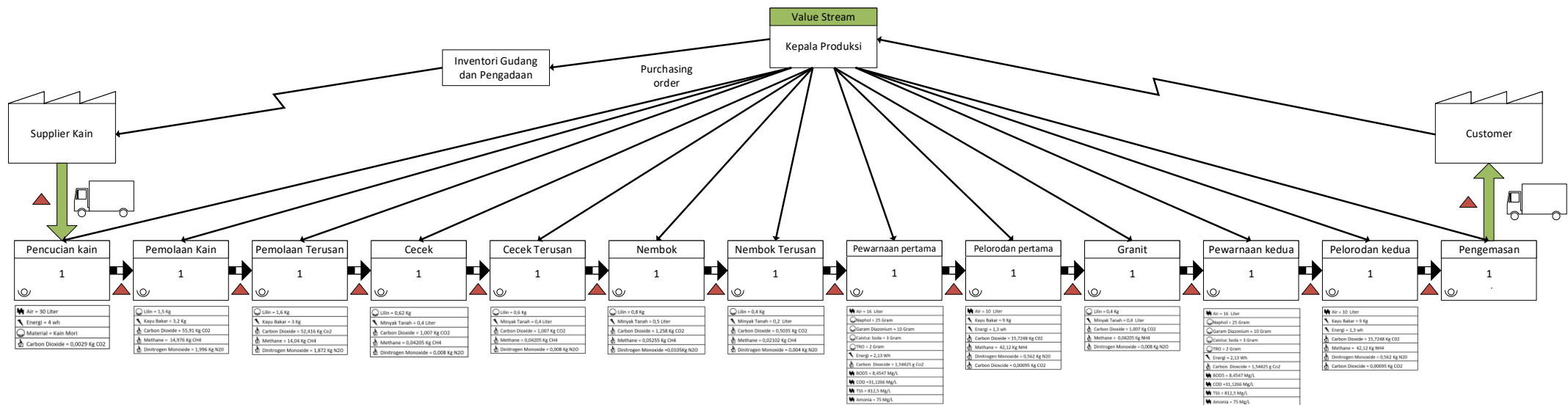
Tabel 4.6 dibawah menunjukan penggunaan sumber daya tiap aktivitas proses produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro.

Table 4.5 Daftar Pengguaan Sumber Daya Tiap Aktivitas

Aktivitas		Penggunaan Sumber Daya						
Material	Lilin	Air	Minyak Tanah	Naphol	Garam Diazonium	Causitic Soda	Kayu Bakar	Listrik
Pencucian kain		V						V
Pemolaan	V						V	
Pemolaan terusan	V						V	
cecek	V		V					
cecek terusan	V		V					
Nembok	V		V					
Nembok Terusan	V							
Pewarnaan pertama		V		V	V	V		V
Pelorodan pertama		V					V	V
Ngranit	V		V					
Pewarnaan kedua		V		V	V	V		V
Pelorodan kedua		V					V	V
Pengemasan								

4.2.2 Diagram Current State Environmental Value Stream Mapping (CSEVSM)

Current State Environmental Value Stream Mapping berisi mengenai alur proses produksi dari kedatangan bahan baku dari supplier hingga pengiriman ke konsumen. *Tools* Ini digunakan untuk mengidentifikasi penggunaan sumber daya seperti energi, air, material, limbah, transportasi, emisi, keanekaragaman hayati, dan jumlah operator. Dalam mengidentifikasi penggunaan sumber daya dan pemborosan yang terjadi pada UKM Sri Kuncoro maka perlu dibuat *Current State Environmental Value Stream Mapping*. Aliran produksi ditampilkan pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Current State Map Environmental Waste

Berdasarkan *current state* diatas terdapat 13 proses untuk membuat satu kain batik tulis, bahan utama yang digunakan yaitu kain mori sebagai media batik tulis kemudian membutuhkan bahan lain seperti air, dengan total air yang dibutuhkan adalah 30 liter, minyak tanah sebanyak 1.9 liter, penggunaan listrik sebesar 10.86 wh yang digunakan untuk pompa air serta penggunaan kayu bakar sebanyak 24,2 kg. Dalam proses pewarnaan terdapat beberapa bahan kimia antara lain naphthol sebanyak 25 gram, garam diazonium sebanyak 10 Gram, caustic soda sebanyak 3 gram, dan TRO sebanyak 2 Gram. Serta material lain berupa lilin dengan total 5.92 Kg untuk motif wahyu temurun.

4.2.3 Life Cycle assessment

4.2.3.1 Identifikasi Proses Pembuatan dan Jenis Material Yang Digunakan

Tahap identifikasi aliran proses produksi bertujuan untuk menjelaskan mengenai material yang digunakan dalam setiap aktivitas produksi. Tabel 4.6 menjelaskan mengenai material yang digunakan dalam produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro.

Table 4.6 Material Proses Produksi

No	Nama Proses	Jenis Material	Jumlah Material	Corresponding LCA Simapro
1	Pencucian Kain	Kain	1,5 Kg	<i>Textile, woven cotton {GLO} market for textile, woven cotton</i>
		Listrik	4Wh	<i>Electricity, low Voltage {ID}market for electricity, low voltage</i>
		Air	30 Liter	<i>Water, cooling, unspecified natural origin, ID</i>
2	Pemolaan Kain	Kayu Bakar	3,2 Kg	<i>Wood, dry matter</i>
		Lilin malam	1,5 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>
3	Pemolaan Kain Terusan	Kayu Bakar	3 Kg	<i>Wood, dry matter</i>
		Lilin malam	1,6 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>
4	Cecek	Lilin malam	0,6 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>

No	Nama Proses	Jenis Material	Jumlah Material	Corresponding LCA Simapro
		Minyak Tanah	0,4 Liter	<i>Kerosene, at refinery</i>
5	Cecek Terusan	Lilin malam	0,62 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>
		Minyak Tanah	0,4 Liter	<i>Kerosene, at refinery</i>
6	Nembok	Lilin malam	0,8 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>
		Minyak Tanah	0,5 Liter	<i>Kerosene, at refinery</i>
7	Nembok Terusan	Lilin malam	0,4 Kg	<i>Parrafin {GLO}market for paraffin</i>
		Minyak Tanah	0,2 Liter	<i>Kerosene, at refinery</i>
8	Pewarnaan Pertama	Air	16 Liter	<i>Water, cooling, unspecified natural origin, ID</i>
		Napthol	25 g	<i>Naphthalene Sulfonic Acid {GLO} market for naphthalene sulfonic Acid</i>
		Garam Diazonium	10 g	<i>Sodium Chloride, Powder {GLO} market for sodium chloride, powder</i>
		Causitic Soda	3 g	<i>Sodium Hydroxide, production mix, at plant/RNA</i>
		TRO	2 g	<i>Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Plasticiser, for concrete</i>
		Listrik	0,00213 Kwh	<i>Electricity, low Voltage {ID}market for electricity, low voltage</i>
9	Pelorodan Pertama	Air	10 Liter	<i>Water, cooling, unspecified natural origin, ID</i>
		Kayu Bakar	9 Kg	<i>Wood, dry matter</i>

No	Nama Proses	Jenis Material	Jumlah Material	Corresponding LCA Simapro
10	Pewarnaan Kedua	Air	16 Liter	<i>Water, cooling, unspecified natural origin, ID</i>
		Napthol	25 g	<i>Naphthalene Sulfonic Acid {GLO} market for naphthalene sulfonic Acid</i>
		Garam Diazonium	10 g	<i>Sodium Chloride, Powder {GLO} market for sodium chloride, powder</i>
		Causitic Soda	3 g	<i>Sodium Hydroxide, production mix, at plant/RNA</i>
		TRO	2 g	<i>Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Plasticiser, for concrete</i>
11	Pelorodan Kedua	Listrik	0,00213 Kwh	<i>Electricity, low Voltage {ID}market for electricity, low voltage</i>
		Air	10 Liter	<i>Water, cooling, unspecified natural origin, ID</i>
		Kayu Bakar	9 Kg	<i>Wood, dry matter</i>

4.2.3.2 Identifikasi Dampak Lingkungan

Data yang telah dikumpulkan kemudian akan diolah dengan menggunakan *software* SimaPro 9.6.0 untuk menghitung dampak lingkungan dari proses produksi kain batik tulis di Giriloyo khususnya UKM Sri Kuncoro dan menentukan *output* atau dampak material terhadap lingkungan yang paling signifikan. LCA secara khusus dapat digunakan untuk pengambilan keputusan baik masa depan maupun kini terutama dalam keputusan yang terfokus pada keberlanjutan, pengolahan limbah, minimasi dan pencegahan limbah. Tahapan LCA terdiri dari empat fase yaitu *goal and scope defenition*, perhitungan *life cycle inventory*, perhitungan *life cycle impact assessment* (LCIA) dan *interpretation*.

1. Pada tahap ini yaitu menentukan tujuan dan ruang lingkup dari penelitian ini. Tujuan dari adanya penelitian ini untuk menghitung dan menentukan potensi dampak material proses produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro yang memiliki dampak terbesar terhadap ekosistem, manusia maupun sumber daya yang ada. Sedangkan ruang lingkup pada penelitian ini membahas mengenai penggunaan *raw* material pada setiap tahapan proses pembuatan batik tulis hingga menjadi bahan jadi.
2. *Life Cycle Inventory*

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan material proses produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro yang bertujuan mengetahui input material, energi dan output tiap tahapan proses produksi batik tulis yang telah ditampilkan pada gambar 4.6 sehingga nantinya dapat dianalisis kedalam *software* SimaPro. Gambar 4.1 merupakan langkah pembuatan batik tulis UKM Sri Kuncoro dengan panjang kain 180 cm dan lebar 60 cm. Setelah material dan energi dikumpulkan proses selanjutnya menghitung beban emisi yang dilakukan pada setiap unit proses dari UKM Sri Kuncoro mulai dari pencucian hingga pelorodan kedua. Data yang akan dilakukan analisis berupa data emisi CO₂, CH₄ dan N₂O. emisi factor yang digunakan disesuaikan dengan faktor lokal di Indonesia berdasarkan pedoman teknis perhitungan baseline emisi gas rumah kaca sektor berbasis energi BAPPENAS (2014), sebagai berikut:

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF} \quad (1)$$

di mana:

EC = konsumsi energi

EF = faktor emisi atas tipe teknologi tertentu (bahan bakar yang digunakan) untuk emisi jenis tertentu

Berikut merupakan tabel untuk sector industri pada pedoman teknis perhitungan baseline gas rumah kaca sector berbasis energi”, disajikan pada tabel 4.7 dan 4.8

Table 4.7 Faktor Emisi Untuk Sektor Industri

Bahan Bakar	Faktor Emisi (ton CO ₂ /TJ)	CH ₄	N ₂ O	NCV (TJ/Gg)	%C
Gas alam	56,1	1	0,1	48	73,40%
LPG	63,1	1	0,1	47,3	81,40%

Bahan Bakar	Faktor Emisi (ton CO₂/TJ)	CH₄	N₂O	NCV (TJ/Gg)	%C
Biodiesel	70,8	3	0,6	27	52,10%
Jet Kerosene	71,5	3	0,6	44,1	86,00%
Kerosen lainnya	71,9	3	0,6	43,8	85,90%
Minyak diesel	74,1	3	0,6	43	86,90%
Minyak residu	77,4	3	0,6	40,4	85,30%
Batubara antrasit	98,3	10	1,5	26,7	71,60%
Batubara bituminous	94,6	10	1,5	25,8	66,60%
Batubara sub- bituminous	96,1	10	1,5	18,9	49,50%
Lignit	101	10	1,5	11,9	32,80%
Kayu/limbah kayu	112	30	4	15,6	47,70%
Biomassa padat lainnya	100	30	4	11,6	31,60%
Black liquor	95,3	3	2	11,8	30,70%
Coke	107	10	1,5	28,2	82,30%

Sumber: (BAPPENAS, 2014)

Selain faktor emisi pada sektor industri perlu adanya faktor emisi jaringan ketenagalistrikan, sebagai berikut:

Table 4.8 Faktor Emisi Jaringan Ketenaga Listrikan

Sistem Ketenagalistrikan	Faktor Emisi (kgCO₂/kWh)
Jawa-Madura-Bali	0,725
Sumatera	0,743
Kalimantan Timur (Kaltim)	0,742
Kalimantan Barat (Kalbar)	0,775
Kalimantan Tengah dan Selatan	1,273
Sulawesi Utara, Tengah, Gorontalo	0,161

Sistem Ketenagalistrikan	Faktor Emisi (kgCO ₂ /kWh)
Sulawesi Selatan, Barat, Tenggara	0,269

Sumber: (BAPPENAS, 2014)

Berikut merukan perhitungan emisi teoritis yang dihasilkan pada proses produksi batik Tulis

a. Perhitungan emisi pencucian kain

Konsumsi listrik : 4 Wh

Beban emisi CO₂ : 0,004 kWh x 0,725 KgCO₂/kWh
: 0,0029 KgCO₂

b. Perhitungan emisi pemolaan kain

Konsumsi kayu bakar : 3,2 Kg

: 3,2 Kg x 15,6 Tj/Gg

: 4,992 x 10⁻⁴ Tj

Emisi = EC x EF

Beban emisi CO₂ : 4,992 x 10⁻⁴ Tj x 112 ton CO₂/Tj
: 55,91 Kg CO₂/Tj

Beban emisi CH₄ : 4,992 x 10⁻⁴ Tj x 30 ton CH₄/Tj
: 14,976 Kg CH₄/Tj

Beban emisi N₂O : 4,992 x 10⁻⁴ Tj x 4 ton N₂O/Tj
: 1,9968 Kg N₂O/Tj

c. Perhitungan emisi pemolaan kain terusan

Konsumsi kayu bakar : 3 Kg

: 3 Kg x 15,6 Tj/Gg

: 4,68 x 10⁻⁴ Tj

Emisi = EC x EF

Beban emisi CO₂ : 4,68 x 10⁻⁴ Tj x 112 ton CO₂/Tj
: 52,416 Kg CO₂/Tj

Beban emisi CH₄ : 4,68 x 10⁻⁴ Tj x 30 ton CH₄/Tj
: 14,04 Kg CH₄/Tj

Beban emisi N₂O : 4,68 x 10⁻⁴ Tj x 4 ton N₂O/Tj
: 1,872 Kg N₂O/Tj

d. Perhitungan emisi cecek

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Minyak Tanah} &: 0,4 \text{ Liter} \times 0,8 \text{ Kg/L} = 0,32 \text{ Kg} \\ &: 0,32 \times 10^{-6} \text{ Gg} \times 43,8 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CO}_2 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 71,9 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 1,007 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CH}_4 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 3 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 0,04205 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 0,6 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,008 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj}\end{aligned}$$

e. Perhitungan emisi cecek terusan

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Minyak Tanah} &: 0,4 \text{ Liter} \times 0,8 \text{ Kg/L} = 0,32 \text{ Kg} \\ &: 0,32 \times 10^{-6} \text{ Gg} \times 43,8 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CO}_2 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 71,9 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 1,007 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CH}_4 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 3 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 0,04205 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 0,6 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,008 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj}\end{aligned}$$

f. Perhitungan emisi nembok

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Minyak Tanah} &: 0,5 \text{ Liter} \times 0,8 \text{ Kg/L} = 0,4 \text{ Kg} \\ &: 0,4 \times 10^{-6} \text{ Gg} \times 43,8 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,75 \times 10^{-5} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CO}_2 &: 1,75 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 71,9 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 1,258 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CH}_4 &: 1,75 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 3 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 0,05255 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,75 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 0,6 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,0105 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj}\end{aligned}$$

g. Perhitungan emisi nembok terusan

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Minyak Tanah} &: 0,2 \text{ Liter} \times 0,8 \text{ Kg/L} = 0,16 \text{ Kg} \\ &: 0,16 \times 10^{-6} \text{ Gg} \times 43,8 \text{ Tj/Gg} \\ &: 7,008 \times 10^{-6} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CO}_2 &: 7,008 \times 10^{-6} \text{ Tj} \times 71,9 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 0,5035 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CH}_4 &: 7,008 \times 10^{-6} \text{ Tj} \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 3 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 0,02102 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 7,008 \times 10^{-6} \text{ Tj} \times 0,6 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,004 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj}\end{aligned}$$

h. Perhitungan emisi pewarnan pertama

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi listrik} &: 2,13 \text{ Wh} \\ \text{Beban emisi CO}_2 &: 0,0021 \text{ kWh} \times 0,725 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \\ &: 0,00154425 \text{ Kg CO}_2\end{aligned}$$

i. Perhitungan emisi pelorodan pertama

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi listrik} &: 1,3 \text{ Wh} \\ \text{Beban emisi CO}_2 &: 0,0013 \text{ kWh} \times 0,725 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \\ &: 0,00095 \text{ Kg CO}_2 \\ \text{Konsumsi kayu bakar} &: 9 \text{ Kg} \\ &: 9 \text{ Kg} \times 15,6 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CO}_2 &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 112 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 15,7248 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi CH}_4 &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 30 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 42,12 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 4 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,562 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj}\end{aligned}$$

j. Perhitungan emisi nggranit

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Minyak Tanah} &: 0,4 \text{ Liter} \times 0,8 \text{ Kg/L} = 0,32 \text{ Kg} \\ &: 0,32 \times 10^{-6} \text{ Gg} \times 43,8 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj}\end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CO}_2 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 71,9 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 1,007 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CH}_4 &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 3 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 0,04205 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,4015 \times 10^{-5} \text{ Tj} \times 0,6 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,008 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj} \end{aligned}$$

k. Perhitungan emisi pewarnan kedua

$$\text{Konsumsi listrik} : 2,13 \text{ Wh}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CO}_2 &: 0,0021 \text{ kWh} \times 0,725 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \\ &: 0,00154425 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

l. Perhitungan emisi pelorodan kedua

$$\text{Konsumsi listrik} : 1,3 \text{ Wh}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CO}_2 &: 0,0013 \text{ kWh} \times 0,725 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} \\ &: 0,00095 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi kayu bakar} &: 9 \text{ Kg} \\ &: 9 \text{ Kg} \times 15,6 \text{ Tj/Gg} \\ &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \end{aligned}$$

$$\text{Emisi} = \text{EC} \times \text{EF}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CO}_2 &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 112 \text{ ton CO}_2/\text{Tj} \\ &: 15,7248 \text{ Kg CO}_2/\text{Tj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban emisi CH}_4 &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 30 \text{ ton CH}_4/\text{Tj} \\ &: 42,12 \text{ Kg CH}_4/\text{Tj} \end{aligned}$$

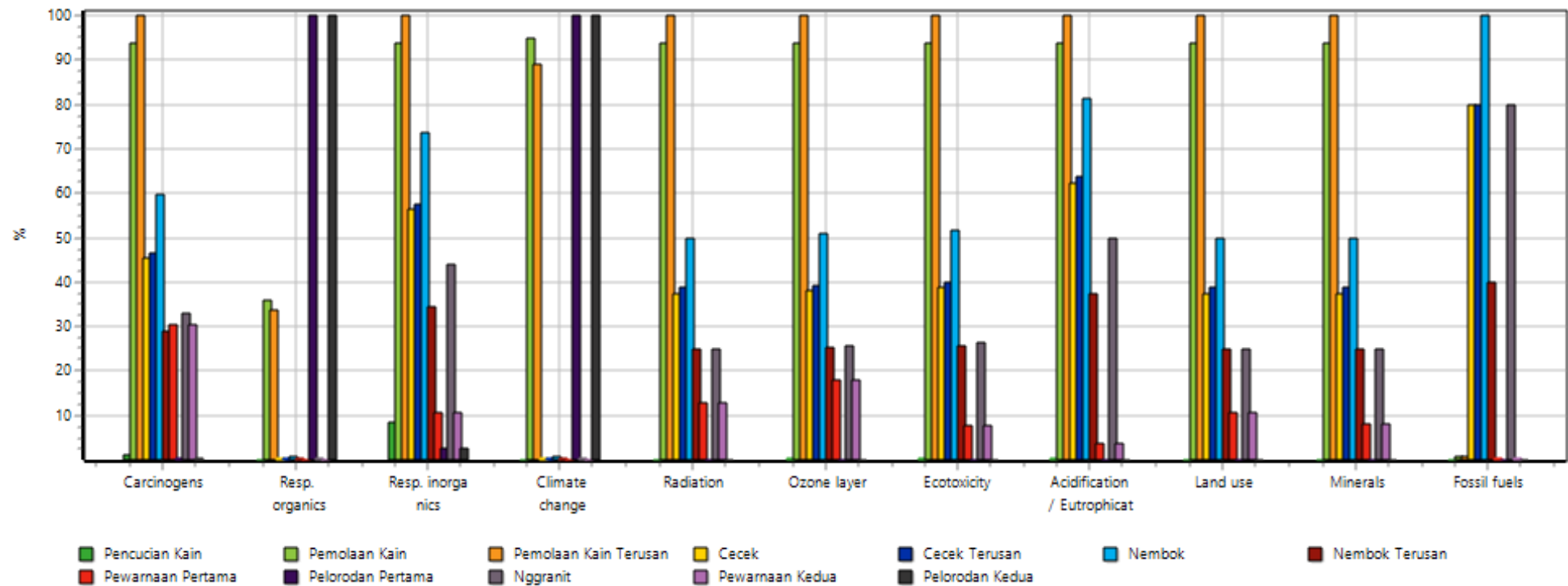
$$\begin{aligned} \text{Beban emisi N}_2\text{O} &: 1,404 \times 10^{-4} \text{ Tj} \times 4 \text{ ton N}_2\text{O}/\text{Tj} \\ &: 0,562 \text{ Kg N}_2\text{O}/\text{Tj} \end{aligned}$$

3. Perhitungan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

Tahapan ini merupakan fase ketiga yang bertujuan untuk membagi dan menilai dampak terbesar yang dapat dihasilkan dari proses produksi batik tulis. *Input* data yang telah disesuaikan dengan database SimaPro akan dihitung menggunakan metode Eco-Indicator 99 (H) untuk mengetahui dampak lingkungan.

a) *Characterization*

Proses karakteristik dilakukan untuk membandingkan keseluruhan *life cycle inventory (LCI)* yang memiliki pengaruh terhadap lingkungan kedalam beberapa kategori sesuai dengan *impact category*. Output dari tahap ini ditampilkan pada gambar 4.3 dan tabel 4.7.



Gambar 4.3 Grafik *Characterization* Dampak Lingkungan

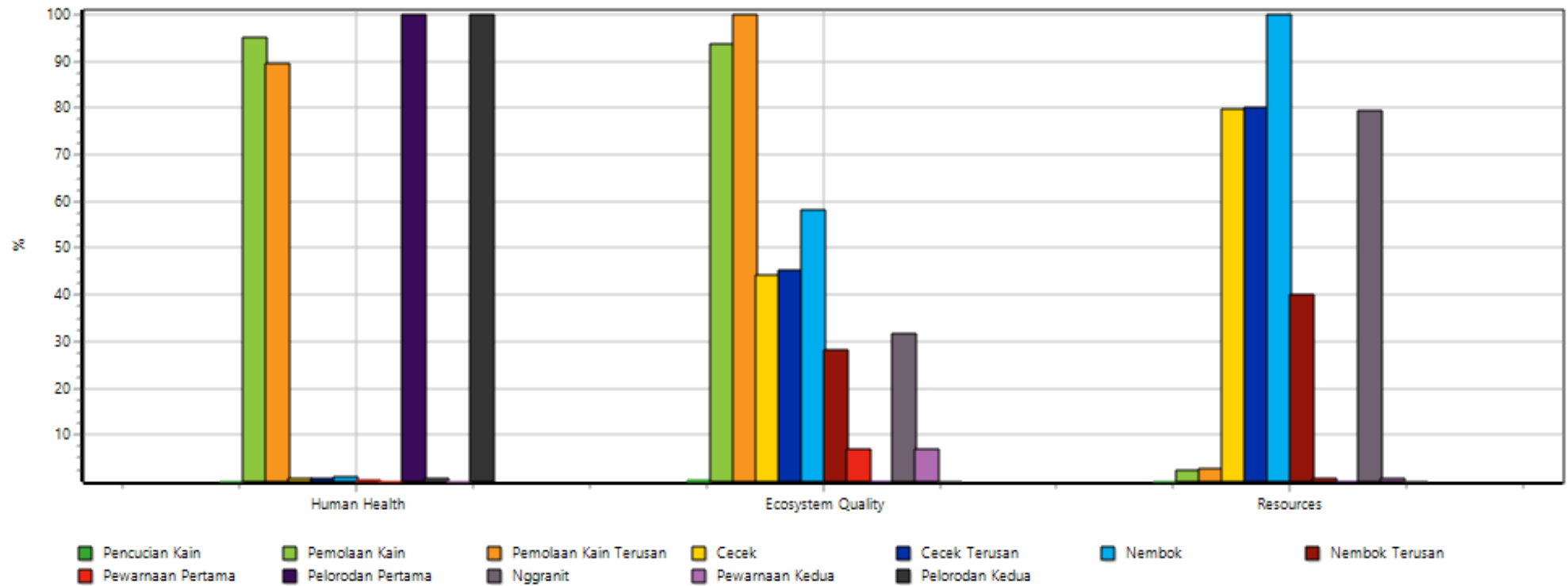
Berikut merupakan tabel 4.8 mengenai *characterization* dampak lingkungan dengan *impact category* antara lain *carcinogens*, *resp.organics*, *resp.inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification/eutrophication*, *land use*, *minerals*, *fossil fuels*:

Table 4.9 *Characterization* Dampak Lingkungan

<i>Impact Category</i>	<i>Unit</i>	Pencucian Kain	Pemolaan Kain	Pemolaan Kain Terusan	Cecek	Cecek Terusan	Nembok	Nembok Terusan	Pewarnaan Pertama	Pelorodan Pertama	Ngranit	Pewarnaan Kedua	Pelorodan Kedua
<i>Carcinogens</i>	DALY	3,84E-9	3,32E-7	3,54E-7	1,6E-7	1,65E-7	2,12E-7	1,02E-7	1,08E-7	1,25E-9	1,16E-7	1,08E-7	1,25E-9
<i>Resp. organics</i>	DALY	2,02E-12	1,94E-7	1,82E-7	2,51E-9	2,54E-9	3,22E-9	1,42E-9	4,87E-10	5,39E-7	2,19E-9	4,87E-10	5,39E-7
<i>Resp. inorganics</i>	DALY	8,54E-8	9,66E-7	1,03E-6	5,8E-7	5,93E-7	7,57E-7	3,54E-7	1,09E-7	2,78E-8	4,51E-7	1,09E-7	2,78E-8
<i>Climate change</i>	DALY	1,66E-9	0,000216	0,000202	1,1E-6	1,11E-6	1,38E-6	5,67E-7	1,25E-8	0,000227	1,07E-6	1,25E-8	0,000227
<i>Radiation</i>	DALY	2,4E-13	4,05E-10	4,32E-10	1,6E-10	1,6E-10	2,1E-10	1,1E-10	5,46E-11	7,79E-14	1,08E-10	5,46E-11	7,79E-4
<i>Ozone layer</i>	DALY	1,94E-14	6,94E-12	7,4E-12	2,8E-12	2,9E-13	3,8E-12	1,9E-12	1,33E-12	6,31E-15	1,9E-12	1,33E-12	6,31E-15
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m2yr	0,00297	0,825	0,88	0,341	0,352	0,454	0,225	0,0675	0,000964	0,231	0,0675	0,000964
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	PDF*m2yr	9,04E-5	0,0281	0,03	0,0187	0,0191	0,0244	0,0112	0,00109	2,94E-5	0,015	0,00109	2,94E-5
<i>Land use</i>	PDF*m2yr	1,15E-5	0,011	0,0117	0,00439	0,00453	0,00585	0,00292	0,00125	3,75E-6	0,00292	0,00125	3,75E-6
<i>Minerals</i>	MJ surplus	7,13E-5	0,0504	0,0537	0,0201	0,0208	0,0269	0,0134	0,00425	2,32E-5	0,0134	0,00425	2,32E-5
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	9,2E-6	0,0225	0,024	2,3	2,3	2,87	1,15	0,0113	2,99E-6	2,3	0,0113	2,99E-6

b) *Damage Assessment*

Setelah karakteristik dilakukan maka proses selanjutnya adalah *Damage Assessment* yang bertujuan untuk mengevaluasi dampak kerusakan yang dihasilkan berdasarkan karakteristiknya. Dalam hal ini, analisis dilakukan guna memberikan keputusan dalam usulan perbaikan terhadap dampak yang dihasilkan menjadi *human health*, *ecosystems*, dan *resources*. Sesuai yang ditampilkan pada gambar 4.4 dan tabel 4.8.



Gambar 4.4 Grafik *Damage Assessment* Dampak Lingkungan

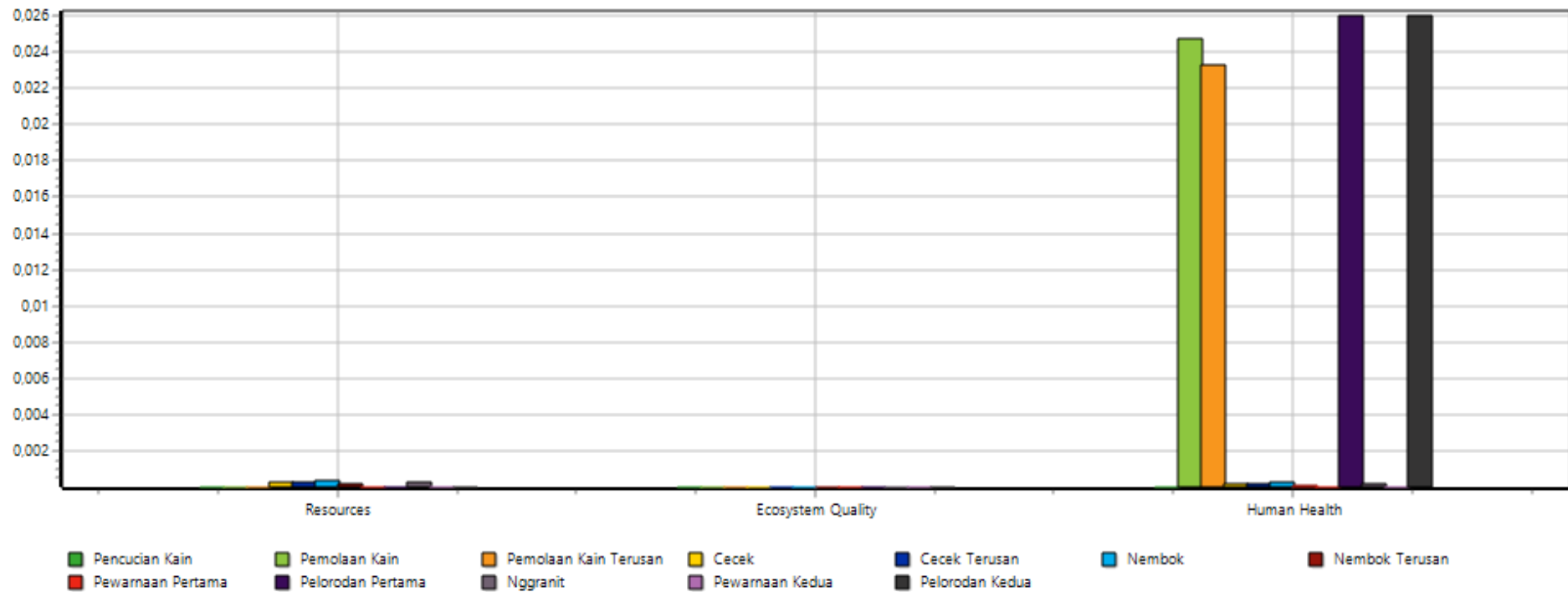
Berikut merupakan tabel *damage assessment* dampak lingkungan dengan tiga *damage category* yaitu *human health*, *Ecosystem quality* dan *resources*:

Table 4.10 *Damage Assessment Dampak Lingkungan*

Kegiatan	<i>Damage Category</i>		
	<i>Human Health</i> (DALY)	<i>Ecosystem Quality</i> (PDF*m2yr)	<i>Resources</i> (MJ surplus)
Pencucian Kain	9,09E-8	0,000399	8,05E-5
Pemolaan Kain	0,000217	0,122	0,0729
Pemolaan Kain Terusan	0,000204	0,13	0,0777
Cecek	1,85E-6	0,0572	2,32
Cecek Terusan	1,87E-6	0,0588	2,32
Nembok	2,36E-6	0,0756	2,9
Nembok Terusan	1,02E-6	0,0367	1,16
Pewarnaan Pertama	2,29E-7	0,00909	0,0156
Pelorodan Pertama	0,000228	0,00013	2,62E-5
Ngranit	1,64E-6	0,041	2,31
Pewarnaan Kedua	2,29E-7	0,00909	0,0156
Pelorodan Kedua	0,000228	0,00013	2,62E-5

c) *Normalization*

Normalization merupakan tahapan penyamaan satuan unit menjadi unit yang sama yaitu per tahun untuk setiap dampak lingkungan yang telah dibagi menjadi tiga katagori setelah melalui tahapan *damage assessment* sehingga nantinya mempermudah dalam analisis. Hasil *output* tahapan ini ditampilkan pada gambar 4.5 dan tabel 4.9.



Gambar 4.5 Grafik *Normalization* Dampak Lingkungan

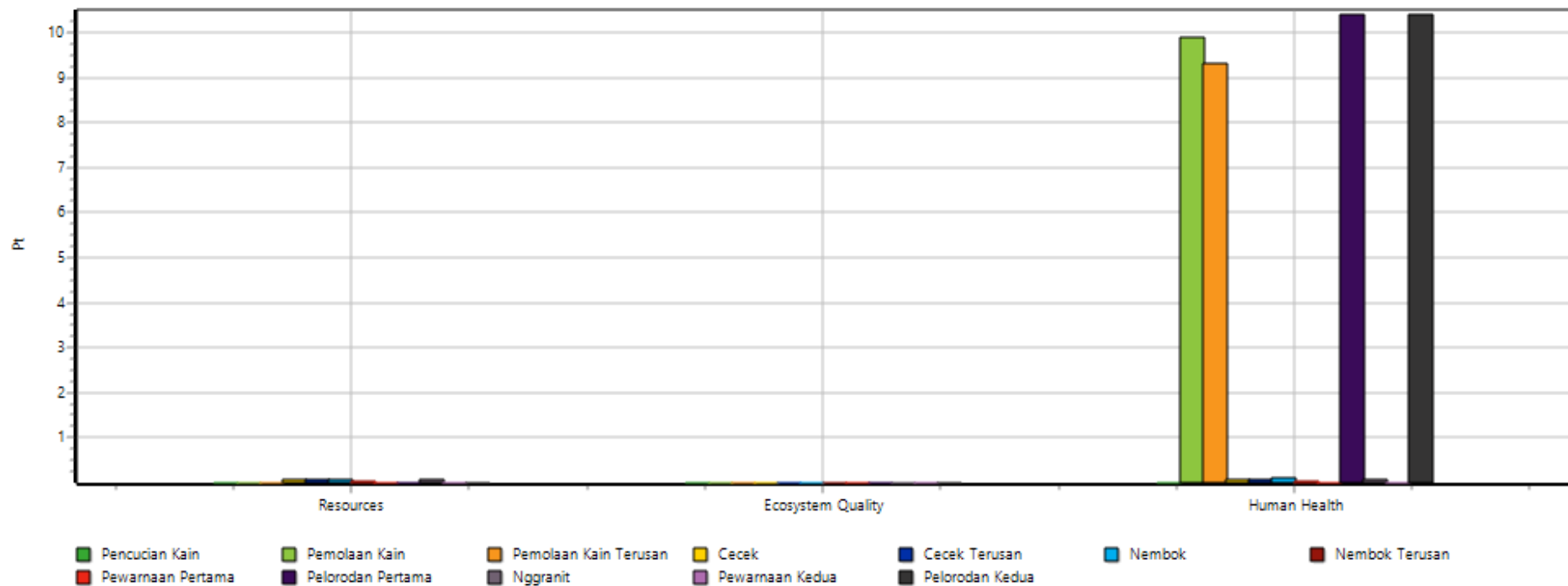
Berikut merupakan tabel 4.10 mengenai *normalization* dampak lingkungan:

Table 4.11 *Normalization* Dampak Lingkungan

Kegiatan	<i>Damage Category</i>		
	<i>Human Health</i>	<i>Ecosystem Quality</i>	<i>Resources</i>
Pencucian Kain	1,07E-8	6,97E-8	1,04E-5
Pemolaan Kain	9,66E-6	2,13E-5	0,0248
Pemolaan Kain Terusan	1,03E-5	2,27E-5	0,0232
Cecek	0,000307	1E-5	0,000211
Cecek Terusan	0,000307	1,03E-5	0,000213
Nembok	0,000384	1,32E-5	0,000269
Nembok Terusan	0,000154	6,42E-6	0,000117
Pewarnaan Pertama	2,06E-6	1,59E-6	2,62E-5
Pelorodan Pertama	3,47E-9	2,26E-8	0,026
Ngranit	0,000306	7,17E-6	0,000187
Pewarnaan Kedua	2,06E-6	1,59E-6	2,26E-8
Pelorodan Kedua	3,47E-9	2,26E-8	0,026

d) *Weighting*

Pada tahap ini menentukan bobot dengan cara menyederhanakan menjadi satuan unit yang sama sehingga hasil yang dikeluarkan memudahkan dalam menentukan tingkat kepentingan, sebelum tahapan ini perlu dilakukan tahap normalisasi karena output pada normalisasi belum sesuai dengan tingkat kepentingan. Output tahapan *Weighting* ditampilkan pada gambar 4.6 dan tabel 4. 10.



Gambar 4.6 Grafik *Weighting* Dampak Lingkungan

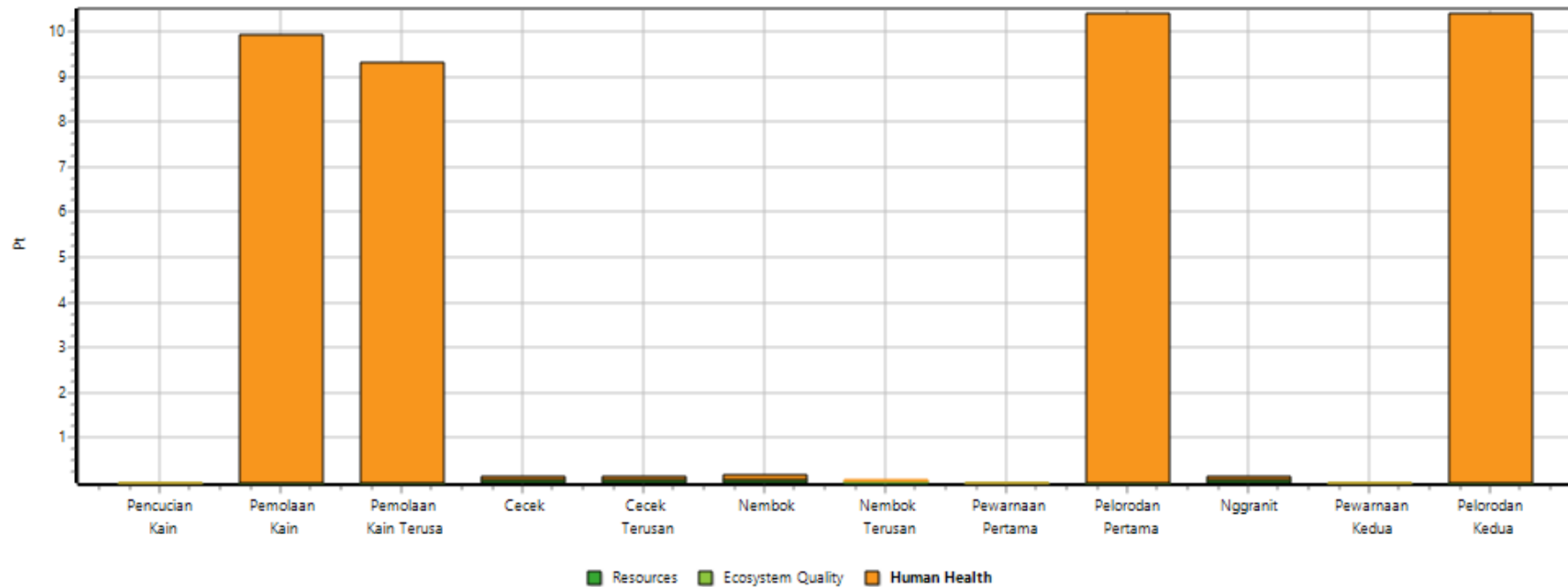
Berikut merupakan tabel berisi detail weighting dampak lingkungan dengan satuan Pt:

Table 4.12 *Weighting Dampak Lingkungan*

Kegiatan	<i>Damage Category</i>			Total
	<i>Human Health</i> (Pt)	<i>Ecosystem Quality</i> (Pt)	<i>Resources</i> (Pt)	
Pencucian Kain	2,13E-6	2,79E-5	0,00415	0,00418
Pemolaan Kain	0,00193	0,0085	9,91	9,92
Pemolaan Kain Terusan	0,00206	0,00907	9,3	9,31
Cecek	0,0614	0,004	0,0842	0,15
Cecek Terusan	0,0615	0,00411	0,0852	0,151
Nembok	0,0769	0,00528	0,108	0,19
Nembok Terusan	0,0308	0,00257	0,0468	0,0802
Pewarnaan Pertama	0,000413	0,000636	0,0105	0,0115
Pelorodan Pertama	6,93E-7	9,06E-6	10,4	10,4
Ngranit	0,0612	0,00287	0,075	0,139
Pewarnaan Kedua	0,000413	0,000636	0,0105	0,0115
Pelorodan Kedua	6,93E-7	9,063E-6	10,4	10,4

e) *Single Score*

Gambar 4.7 menunjukkan kontribusi proses-proses produksi batik tulis yang memiliki dampak paling dominan terhadap lingkungan yang dibagi menjadi tiga kategori dampak yaitu *human health*, *ecosystem quality* dan *resources*.



Gambar 4.7 Grafik *Single Score* Dampak Lingkungan

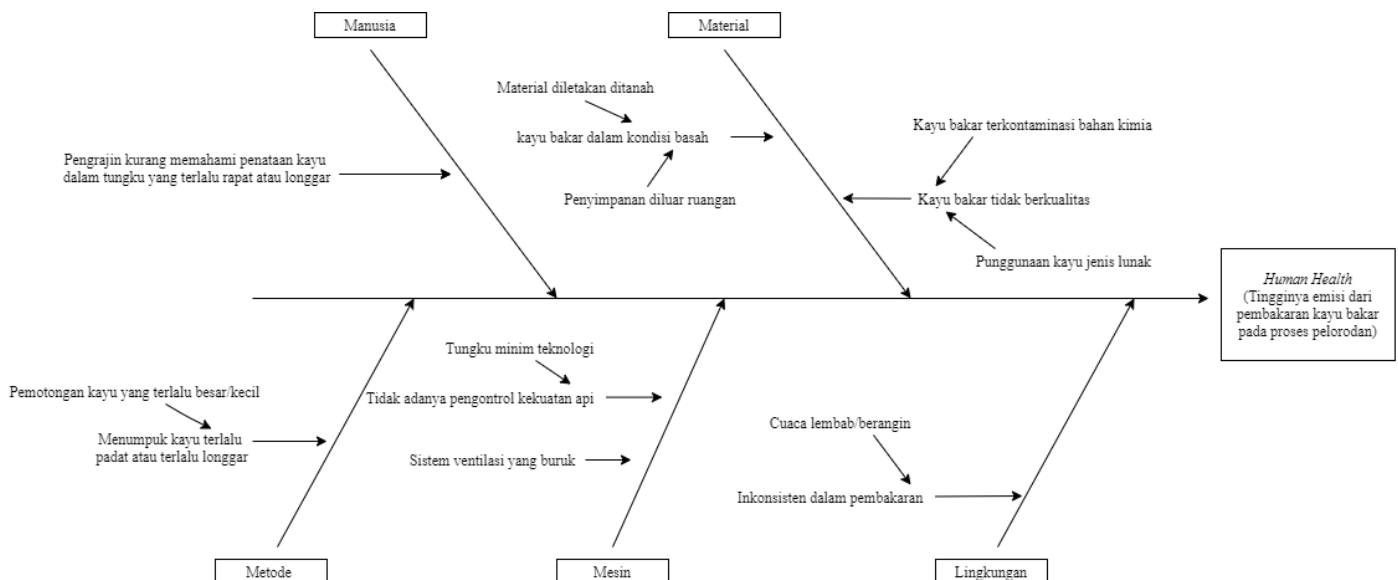
Tabel 4.11 menjelaskan mengenai pembobotan mengenai dampak lingkungan dengan tiga kategori dampak

Table 4.13 *Single Score* Dampak Lingkungan

Kegiatan	<i>Damage Category</i>			Total
	<i>Resources</i> (Pt)	<i>Ecosystem Quality</i> (Pt)	<i>Human Health</i> (Pt)	
Pencucian Kain	2,13E-6	2,79E-5	0,00415	0,00418
Pemolaan Kain	0,00193	0,0085	9,91	9,92
Pemolaan Kain Terusan	0,00206	0,00907	9,3	9,31
Cecek	0,0614	0,004	0,0842	0,15
Cecek Terusan	0,0615	0,00411	0,0852	0,151
Nembok	0,0769	0,00528	0,108	0,19
Nembok Terusan	0,0308	0,00257	0,0468	0,0802
Pewarnaan Pertama	0,000413	0,000636	0,0105	0,0115
Pelorodan Pertama	6,93E-7	9,06E-6	10,4	10,4
Ngranit	0,0612	0,00287	0,075	0,139
Pewarnaan Kedua	0,000413	0,000636	0,0105	0,0115
Pelorodan Kedua	6,93E-7	9,06E-6	10,4	10,4

4.2.4 Fishbone Diagram

Setelah dilakukan pembobotan dengan menggunakan *software* SimaPro, telah diketahui bahwa proses yang memiliki dampak terhadap lingkungan, kesehatan manusia dan sumber daya yang ada adalah proses pemolaan kain, pelorodan, dan nembok. Pada proses tersebut terdapat material utama yang mempunyai dampak terhadap lingkungan berupa penggunaan kayu bakar, lilin dan minyak tanah. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini berupa pembuatan diagram *fishbone* yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan. Dalam hal ini akar permasalahan akan dibagi menjadi beberapa ruas tulang atau kategori yaitu manusia, material, mesin, lingkungan dan metode. Gambar 4.8 hingga gambar 4.10 menjelaskan mengenai poin-poin mendasar yang melatarbelakangi permasalahan atau dominannya dampak terhadap lingkungan sekitar.



Gambar 4.8 Diagram *Fishbone* Human Health

Berdasarkan gambar 4.8, menjelaskan mengenai permasalahan utama yang dihadapi yaitu tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna pada proses pelorodan dengan aktivitas yang berhubungan adalah menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih sehingga permasalahan ini menciptakan emisi sebesar *carbon dioxide* sebesar 15,7248 KgCo₂, *Methane* sebesar 42,12 KgCH₄, *dinitrogen monoxide* sebesar 0,562 KgN₂O serta dampak *human health* yang tertinggi dari proses lainnya yaitu sebesar 10,4 Pt. Faktor yang dianalisis yaitu manusia, metode, material, mesin dan lingkungan. Berikut merupakan penjelasan mengenai *fishbone* diatas:

- Manusia

Faktor manusia menjadi penyebab dikarenakan ketidakmampuan pengrajin dalam posisi penataan kayu dalam tungku sehingga posisi kayu bakar tidak terlalu rapat maupun longgar.

- Material

Faktor material pada permasalahan pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna adalah kondisi kayu bakar yang basah dikarenakan meterial yang diletakan ditanah sehingga kayu dalam kondisi lembab serta penyimpanan kayu bakar berada pada luar ruangan menciptakan berkemungkinan terkena air hujan atau semacamnya.

- Metode

Akar penyebab permasalahan dari faktor metode yaitu penumpukan kayu yang terlalu longgar atau padat diakibatkan karena pemotongan kayu yang tidak seragam.

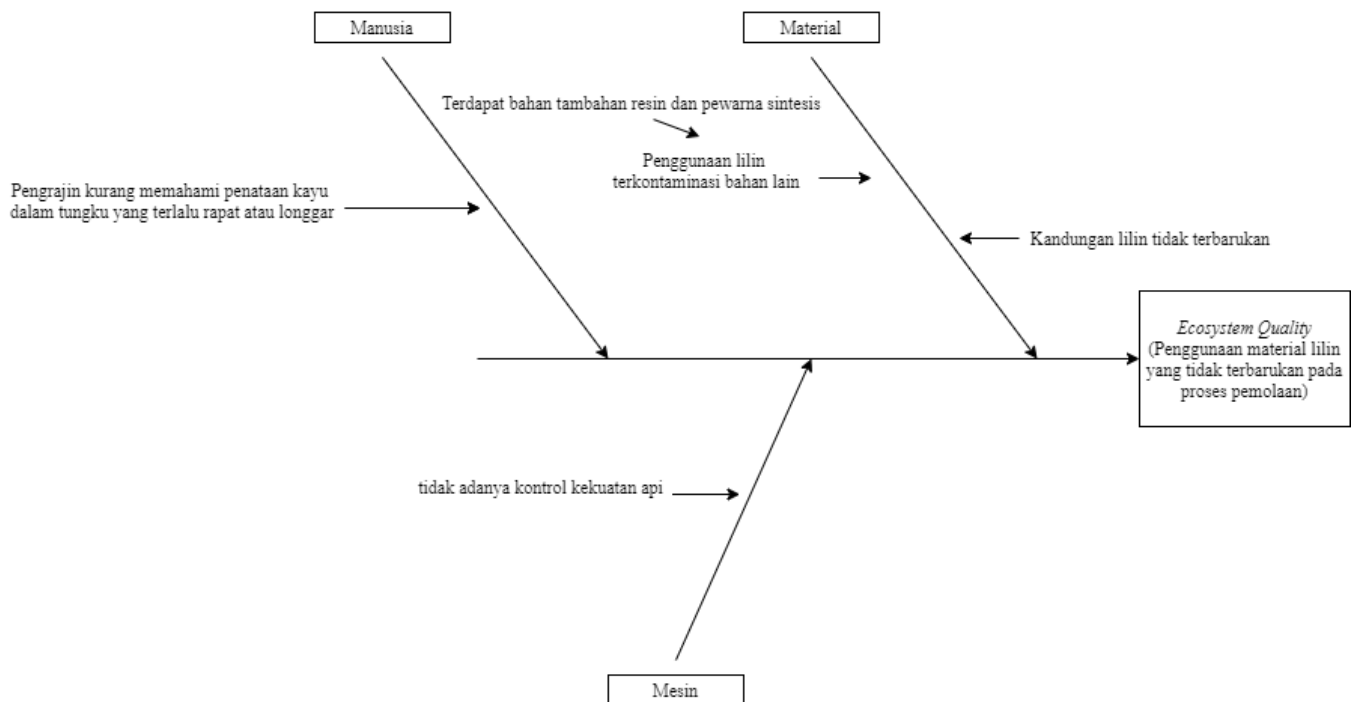
- Mesin

Faktor mesin menjadi akar permasalahan dikarenakan ventilasi yang buruk karena adanya debu yang masih tertinggal serta tidak adanya alat untuk mengontrol kekuatan api pada tungku.

- Lingkungan

Lingkungan memiliki kontribusi dalam permasalahan ini dikarenakan inkonsistesi dalam proses pembakaran berada diluar ruangan sehingga seringkali terdapat angin atau cuaca yang mengganggu proses pembakaran.

Berikut merupakan diagram *fishbone* untuk permasalahan kedua yaitu *ecosystem quality* diakibatkan karena pemanasan lilin terlalu lama:



Gambar 4.9 Diagram *Fishbone Ecosystem Quality*

Berdasarkan gambar 4.9, menggambarkan mengenai permasalahan utama yang dihadapi yaitu penggunaan material lilin yang tidak terbarukan pada proses pemolaan dengan aktivitas berupa memanaskan lilin hingga cair dan pemolaan kain dengan lilin, hal ini disebabkan karena penggunaan material lilin yang berasal dari minyak mentah, hal ini sebanding lurus dengan tingginya *ecosystem quality* dari penggunaan paraffin berbahan dasar minyak mentah dan proses pemolaan menggunakan kayu bakar pada aktivitas memanaskan lilin dengan nilai dampak *ecosystem quality* sebesar 0,00907 Pt dengan emisi yang dihasilkan sebesar *carbon dioxide* sebesar 52,416 KgCo₂, *Methane* sebesar 14,04 KgCH₄, *dinitrogen monoxide* sebesar 1,872 KgN₂O. Dalam hal ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain manusia, material dan mesin:

1. Manusia

Faktor manusia menjadi penyebab karena pengrajin tidak mampu memahami posisi penataan kayu dalam tungku, sehingga kayu bakar tidak diletakkan dengan jarak yang tepat, apakah terlalu rapat atau terlalu longgar.

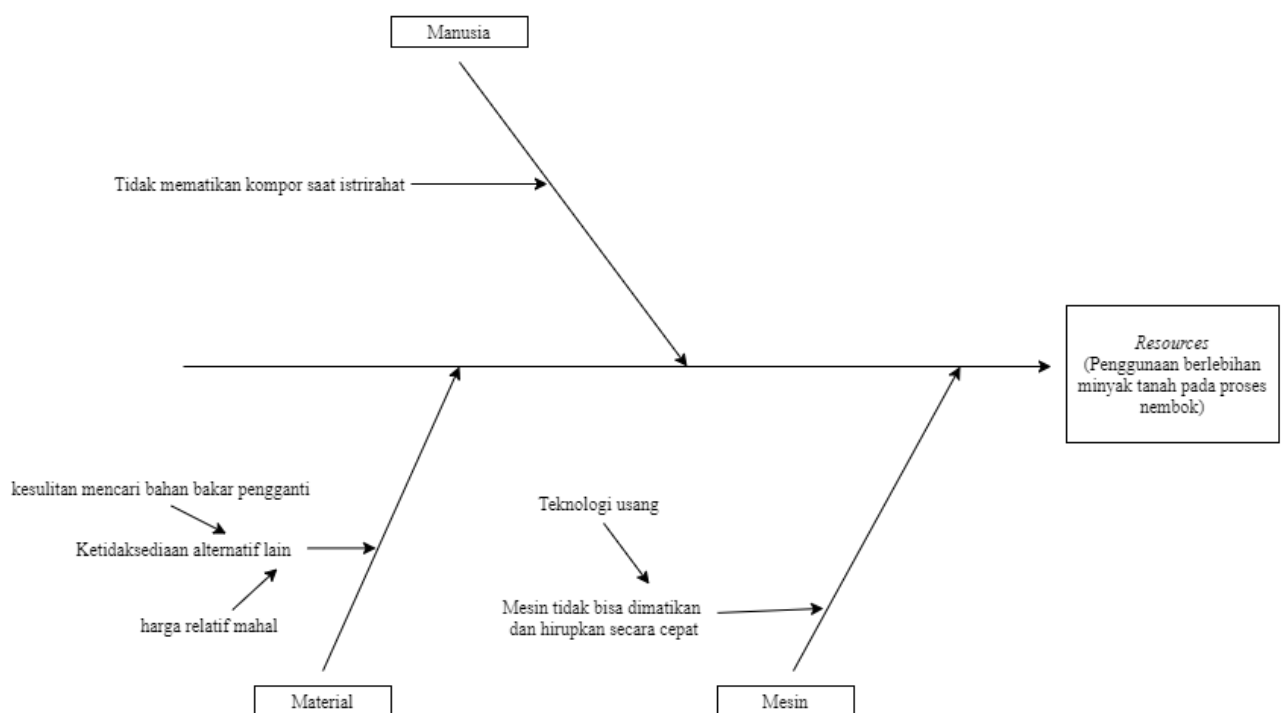
2. Material

Akar penyebab permasalahan material berupa material lilin terkontaminasi bahan lain seperti resin atau pewarna sintesis serta kandungan lilin yang tidak terbarukan berupa minyak bumi.

3. Mesin

Faktor mesin menjadi salah satu faktor penyebab permasalahan dikarenakan tidak adanya alat untuk mengontrol kekuatan api pada tungku.

Berikut merupakan diagram *fishbone* mengenai permasalahan *resources* berupa penggunaan minyak tanah yang berlebihan sehingga dapat menyebabkan berkurangnya kandungan mineral dan bahan bakar fosil yang dibutuhkan dimasa depan.



Gambar 4.10 Diagram *fishbone Resources*

Berdasarkan gambar 4.10, terjadi permasalahan penggunaan minyak tanah yang berlebihan pada proses nembok terkhusus aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin, hal ini seringkali terjadi pemborosan minyak tanah, pemborosan minyak tanah ditandai dengan tingginya dampak *resources* yaitu sebesar 0,0769 Pt tertinggi dari proses lainnya. serta emisi dari pembakaran minyak tanah berupa *carbon dioxide* sebesar 1,258 KgCO₂, *methane* sebesar 0,05255 KgCH₄, dan *dinitrogen monoxide* sebanyak 0,0105KgN₂O. Permasalahan utama yang dihadapi adalah penggunaan minyak tanah yang berlebihan, dalam hal ini terdapat tiga faktor yang mempengaruhi anatar lain yaitu manusia, material dan mesin:

1. Manusia

Faktor manusia menjadi akar permasalahan dikarenakan kebiasaan buruk berupa penggunaan energi fosil hal ini disebabkan karena penggunaan yang berlebihan tanpa kontrol dan kebiasaan dari dulu dalam penggunaan minyak tanah

2. Material

Faktor material disebabkan ketersediaan alternatif lain yang minim karena harga material yang relatif mahal dan kesulitan mencari bahan bakar pengganti yang lebih efisien

3. Mesin

Akar penyebab dalam faktor mesin ketika dalam penggunaan tungku tidak dimatikan karena tidak adanya fitur kompor untuk memasak kompot secara cepat sehingga hal ini menyebabkan penggunaan minyak tanah berlebihan.

4.2.5 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan berdasarkan pengamatan secara langsung dan wawancara dengan pengrajin yang terlibat langsung dengan proses produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro, berdasarkan dengan pengolahan data diatas, sehingga diperoleh beberapa perubahan untuk mengurangi dampak lingkungan dalam proses membatik.

4.2.5.1 Usulan perbaikan Permasalahan *Human Health* (Tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar pada proses pelorodan)

Pada proses pelorodan yaitu aktivitas menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih terdapat permasalahan yaitu tingginya emisi karena pembakaran kayu bakar yang tidak sempurna, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, kontribusi faktor pada penelitian yang dianalisis yaitu mengenai faktor mesin berupa sistem ventilasi tungku yang buruk karena adanya abu yang tidak langsung dibersihkan serta tidak adanya control kekuatan suhu. Oleh karena itu, perlu adanya solusi berupa mengganti mesin tungku berbahan kayu bakar menjadi kompor gas pada proses pelorodan sebagai sumber energi panas, penggunaan gas LPG lebih efisien dan mengurangi emisi rumah kaca dan polusi udara bagi lingkungan (Effendi, 2010).



Gambar 4.11 Kompor Gas



Gambar 4.12 Liquefied petroleum gas

Dengan menggunakan kompor berbahan bakar gas untuk aktivitas menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih pada proses pelorodan dapat mengurangi emisi yang terbangun serta mengurangi dampak *human health*. Berikut merupakan penjelasan mengenai selisih setelah implelementasi:

Table 4.14 Selisih Usulan Perbaikan *Human Health*

No	Kategori	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Pelorodan	Pelorodan	
1	<i>Human Health</i>	9,3 Pt	0,175 Pt	9,125 Pt

4.2.5.2 Usulan Perbaikan Permasalahan *Resources* (Penggunaan minyak tanah yang berlebihan pada proses nembok).

Pada proses nembok terdapat aktivitas berupa memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin, hal ini seringkali terjadi pemborosan minyak tanah, pemborosan minyak tanah ditandai dengan tingginya dampak *resources* yaitu sebesar 0,0769 Pt. Kontribusi pada penelitian hanya terfokus pada faktor mesin yaitu tidak dapat dimatikan secara cepat karena teknologi yang using dapat diselesaikan berupa pergantian kompor minyak tanah menjadi kompor listrik dalam proses nembok, cecek dan ngranit.



Gambar 4.13 Kompor Listrik

Dalam hal ini penggunaan kompor listrik memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan kompor gas maupun kompor minyak tanah (Indrayani & Triwiswara, 2020). Serta dapat mengurangi dampak penggunaan berlebihan sumber daya yang tidak terbarukan pada aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin, Berikut merupakan penjelasan mengenai perbedaan dampak dan emisi sebelum dan setelah menggunakan kompor listrik:

Table 4.15 Perbedaan Dampak *Resources*

No	Kategori	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Pelorodan	Pelorodan	
1	<i>Resources</i>	0,0769 Pt	0,00485 Pt	0,07205 Pt

4.2.5.3 Usulan Perbaikan Permasalahan *Ecosystem Quality* (Penggunaan material lilin yang tidak terbarukan)

Selanjutnya permasalahan *ecosystem quality* yang terjadi pada proses pemolaan dengan aktivitas berupa memanaskan lilin hingga cair dan pemolaan kain dengan lilin, hal ini disebabkan karena penggunaan material lilin yang berasal dari minyak mentah dan microwax sehingga perlu adanya perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan penyediaan sumber daya yang terbarukan. Fokus perbaikan ini hanya pada faktor material yaitu kandungan material lilin yang tidak terbarukan sehingga perlu adanya solusi berupa pergantian material menggunakan BioPass yang berasal dari minyak sawit.



Gambar 4.14 Ilustrasi *Bio-Paraffin Substitute*

Dalam hal ini penggunaan *Bio-Paraffin Substitute* diharapkan dapat menurunkan dampak material yang mengganggu ekosistem yang ada sehingga dapat mengurangi penggunaan material yang berbahan dasar minyak bumi yang semakin menipis (Solymosi et al., 2014). Berikut merupakan perbedaan dampak *ecosystem quality* setelah penggunaan *Bio-Paraffin Substitute*:

Table 4.16 Perbedaan Setelah Penerapan Usulan Perbaikan

No	Kategori	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Pelorodan	Pelorodan	
1	<i>Ecosystem Quality</i>	0,00907	0,00282	0,00625

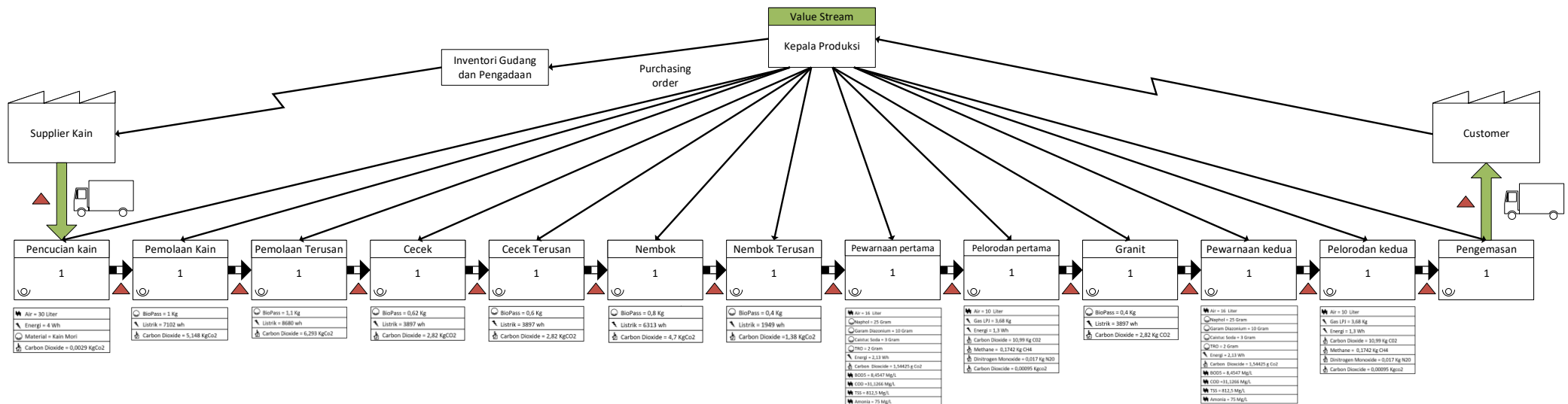
4.2.6 Future Environmental Value Stream Mapping

Berdasarkan hasil pembobotan menggunakan *life cycle assessment* dan usulan perbaikan bahwa terdapat *environmental waste* yang terjadi sehingga memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Dalam mengidentifikasi dampak yang terjadi, dampak dibedakan menjadi tiga kategori yaitu *human health*, *ecosystem quality* dan *resources*. Dampak *human health* terjadi pada proses pelorodan karena tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar, akan dilakukan pergantian tungku berbahan bakar kayu bakar menjadi kompor gas pada proses pelorodan sebagai sumber energi panas. Pada dampak *resources* pada proses nembok terjadi penggunaan minyak tanah yang berlebihan, akan dilakukan mitigasi berupa pergantian kompor minyak tanah menjadi kompor listrik, sedangkan pada dampak *ecosystem quality* yang disebabkan penggunaan material lilin yang tidak terbarukan saat proses pemolaan, akan dilakukan pergantian material lilin menggunakan *Bio paraffin substitusi* yang berasal dari minyak sawit. Hal ini didasari dari pembobotan menggunakan *software* SimaPro. Berikut merupakan penjelasan dalam bentuk tabel:

Table 4.17 Mitigasi Permasalahan

Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan		Keterangan
Aktivitas	Material/bahan	Aktivitas	Material/bahan	
Aktivitas menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih menggunakan tungku berbahan bakar kayu pada proses pelorodan	Kayu 9Kg	Aktivitas menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih menggunakan kompor Gas pada proses pelorodan	Gas 3,68 Kg	Pengurangan pengaruh dampak <i>human health</i> sebesar 9,125 Pt
Aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin menggunakan kompor minyak tanah pada proses nembok	0,5 liter minyak tanah	Aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin menggunakan kompor listrik pada proses nembok	6316 wh	Pengurangan pengaruh dampak <i>resources</i> sebesar 0,07205 Pt
Aktivitas berupa memanaskan lilin hingga cair dan pemolaan kain dengan lilin paraffin pada proses pemolaan	1,5 kg lilin paraffin	Aktivitas berupa memanaskan lilin hingga cair dan pemolaan kain dengan <i>bio paraffin substitusi</i> pada proses pemolaan	1 kg <i>bio paraffin substitusi</i>	Pengurangan pengaruh dampak <i>ecosystem quality</i> sebesar 0,00625 Pt

Berdasarkan dengan usulan perbaikan, perlu adanya gambaran kondisi masa depan untuk perbaikan yang akan diterapkan dalam segi lingkungan. *Future Environtmental Value Stream Mapping* motif wahyu temurun UKM Sri Kuncoro digambarkan pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Future Environtmental Value Stream Mapping*

Berdasarkan hasil *future state mapping* di atas diperoleh perbandingan *dari* penggunaan material dan energi, jumlah aktivitas antara kondisi saat ini dan kondisi usulan.

Table 4.18 Perbandingan *Current State Mapping* dan *Future State Mapping*

Total Sumber daya	Total	VS	Total Sumber daya	Total
Kayu Bakar	24,2 Kg		Kayu Bakar	0
Minyak tanah	1,9 Liter		Minyak tanah	0
Lilin	5,92 Kg		<i>Bio Paraffin Substitusi</i>	4,92 Kg
Listrik	10.86 wh		Listrik	35745,86 wh
Napthol	50 gram		Napthol	50 gram
Garam Diazonium	20 gram		Garam Diazonium	20 gram
TRO	4 gram		TRO	4 gram
Caistuc Soda	6 gram		Caistuc Soda	6 gram
BOD5	16,9094 Mg/L		BOD5	16,9094 Mg/L
COD	62,2532 mg/L		COD	62,2532 mg/L
Total Suspended Solids	1625 mg/L		Total Suspended Solids	1625 mg/L
Amonia	150 Mg/L		Amonia	150 Mg/L
Carbon Dioxide	144,5629 kgCO ₂		Carbon Dioxide	51,05335 kgCO ₂
Methane	113,4557 KgCH ₄		Methane	0,3484 KgCH ₄
Dinitrogen Monoxide	5,0305 KgN ₂ O		Dinitrogen Monoxide	0,034 KgN ₂ O

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping bertujuan untuk mengidentifikasi proses produksi dan memberikan informasi mengenai aktivitas yang menggunakan energi, air, limbah, material, transportasi, dan keanekaragaman hayati. Untuk menghasilkan sebuah batik tulis perlu dilakukan proses sebanyak 13 proses yaitu pencucian kain, pemolaan, pemolaan terusan, cecek, cecek terusan, nembok, nembok terusan, pewarnaan pertama, pelorodan pertama, ngranit, pewarnaan kedua, pelorodan kedua, dan pengemasan. Terdapat 5 proses yang tidak dilakukan di rumah pemilik UKM melainkan berada pada rumah pengrajin yang telah bekerjasama dengan UKM. Dalam hal ini proses pencucian kain kode aktivitas A1-A6 *environmental waste* berupa air dan energi listrik yang digunakan untuk menghidupkan pompa air, proses yang kedua yaitu pemolaan dengan kode aktivitas B1-B8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari kayu bakar serta menghasilkan emisi berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, Proses yang ketiga yaitu pemolaan terusan dengan kode aktivitas C1-C8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari kayu bakar serta menghasilkan emisi berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses yang keempat yaitu cecek, proses ini berupa memberikan isian pada pola tertentu berupa titik titik seperti pada bagian daun, bunga dan sebagainya sehingga memberikan kesan ramai dan menjadikan pola lebih realistic, kode aktivitas D1-D8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari minyak tanah serta menghasilkan emisi berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses yang kelima yaitu cecek terusan, proses ini kurang lebih sama dengan proses sebelumnya melainkan dilakukan pada kain sebaliknya, kode aktivitas untuk proses ini E1-E8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari minyak tanah serta menghasilkan emisi berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses selanjutnya yaitu nembok dengan kode aktivitas F1-F8 diperlukan energi panas yang berasal dari minyak tanah serta material berupa lilin malam serta menghasilkan sisa pembakaran berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses selanjutnya yaitu proses nembok pada bagian sebaliknya dengan kode aktivitas G1-G8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari minyak tanah serta menghasilkan sisa pembakaran berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses selanjutnya memberikan warna pada kain batik yang sudah ditutupi oleh lilin malam, dengan kode aktivitas H1- H48. Proses

ini memerlukan material bahan kimia seperti seperti naphthol, garam diazonium, caustic soda dan TRO dan kemudian dicampurkan kedalam air yang telah diletakan kedalam benjana, energi yang diperlukan berasal dari listrik, setelah kain batik diberi warna tahap pertama perlu adanya pelorodan lilin yang masih tertempel dengan menggunakan air mendidih yang telah dipanaskan menggunakan kayu bakar dengan kode aktivitas I1-I16, sehingga proses ini menghasilkan sisa pembakaran berupa CO₂, CH₄ dan N₂O yang terlepas pada lingkungan. Proses selanjutnya adalah ngranit dengan kode aktivitas J1-IJ8 memerlukan material berupa lilin malam, energi yang berasal dari minyak tanah serta menghasilkan sisa pembakaran berupa CO₂, CH₄ dan N₂O, proses selanjutnya melakukan pewarnaan tahap kedua pada kain batik yang sudah ditutupi oleh lilin malam pada proses ngranit, dengan kode aktivitas K1- K48. Proses ini memerlukan material bahan kimia seperti seperti naphthol, garam diazonium, caustic soda dan TRO dan kemudian dicampurkan kedalam air yang telah diletakan kedalam benjana, energi yang diperlukan berasal dari listrik, proses selanjutnya dengan kode aktivitas L1-L16 merupakan pelorodan kedua dengan menggunakan air mendidih yang telah dipanaskan menggunakan kayu bakar, sehingga proses ini menghasilkan sisa pembakaran berupa CO₂, CH₄ dan N₂O yang terlepas pada lingkungan. dan proses yang terakhir setelah kain batik dikeringkan yaitu pengemasan, proses pengemasan tidak menghasilkan dampak lingkungan dikarenakan tidak adanya energi dan material yang digunakan.

5.2 Analisis Current State Environmental Value Stream Mapping

Pada *Current State Environmental Value Stream Mapping* bertujuan untuk memberikan informasi visual mengenai penggunaan bahan baku yang digunakan dalam membuat batik tulis hingga jadi. Pada aspek lingkungan terdapat *environmental waste* antara lain air, emisi, konsumsi energi dan material yang digunakan.

Batik tulis diawali dengan pembelian bahan baku pada *supplier* berupa kain dan beberapa material yang akan digunakan. Pada proses produksi dengan motif wahyu temurun terdapat 13 proses yang diteliti yaitu pencucian kain, pemolaan, pemolaan terusan, cecek, cecek terusan, nembok, nembok terusan, pewarnaan pertama, pelorodan pertama, ngranit, pewarnaan kedua, pelorodan kedua, dan pengemasan dengan pengerjaan setiap aktivitas dilakukan oleh 1 operator.

Selain memberikan informasi mengenai jumlah operator *Current State Environmental Value Stream Mapping* juga terdapat informasi mengenai *environmental waste* yang dapat diketahui berdasarkan pada gambar 4.2. Berikut merupakan informasi *environmental waste* yang terjadi pada proses produksi batik tulis UKM Sri Kuncoro.:

1. Konsumsi Air

Penggunaan air yang berlebihan dapat memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan dimasa kini atau masa mendatang. Dalam proses produksi kain batik terdapat beberapa proses yang memerlukan air dalam prosesnya antara lain pencucian kain, pewarnaan dan pelorodan dengan total 82liter untuk memproduksi satu motif batik. Dengan rincian yaitu 30 liter untuk pencucian kain, 16 liter dimasukan kedalam benjana untuk pewarnaan dan proses pelorodan sebanyak 10 liter untuk sekali proses.

2. Konsumsi Energi

Konsumsi energi dalam proses ini berarti penggunaan total energi yang dibutuhkan dalam aktivitas batik tulis antara lain yaitu listrik, kayu bakar dan minyak tanah. Penggunaan total minyak tanah adalah 1.9 liter yaitu pada proses cecek, cecek terusan, nembok, nembok terusan dan ngranit serta penggunaan listrik sebesar 10.86 wh yang digunakan untuk pompa air serta penggunaan kayu bakar sebanyak 24,2 kg, dalam hal ini penggunaan kayu bakar secara berlebihan dan terus-menerus dapat memberikan dampak yang buruk kepada kesehatan manusia dan lingkungan sehingga perlunya penggunaan bahan bakar alternatif.

3. Limbah

Pada proses produksi batik tulis, emisi terjadi pada proses yang terdapat penggunaan energi karena setelah proses tersebut akan menghasilkan hasil penggunaan energi yang berlebihan. Limbah pewarnaan dihasilkan dari pencampuran bahan kimia seperti naphtol, garam diazonium, caustic soda dan TRO. Limbah air akan langsung dibuang pada irigasi air yang kemungkinan dapat mengganggu ekosistem yang ada, limbah yang dihasilkan antara lain BOD5 = 8,4547 Mg/L, COD = 31,1266 mg/L, TSS = 812,5 mg/L, Amonia = 75 Mg/L.

4. Material

Material merupakan sesuatu yang ditambahkan ketika membuat produk yang tidak dapat digunakan kembali antara lain lilin dan bahan kimia seperti naphtol, garam diazonium, caustic soda, TRO, kain mori, lilin batik sebanyak naphol = 25 gram,

Garam Diazonium = 10 Gram, Caistuc Soda = 3 gram, TRO = 2 Gram. Pada proses pewarnaan memiliki penggunaan material yang berbahaya dikarena banyaknya campuran kimia dalam proses tersebut. Serta total penggunaan lilin sebanyak 5.92 Kg untuk motif wahyu temurun.

5.3 Penilaian *Life Cycle Assessment*

Pada penilaian dampak dari proses batik tulis yang telah dilakukan terhadap lingkungan. Terdapat beberapa tahapan dalam menilai suatu dampak yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.

5.3.1 *Characterization*

Characterization atau karakterisasi merupakan tahapan membandingkan hasil dampak sesuai denngan kategori indicator. Hasil dalam tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.8. Dalam penelitian ini menggunakan metode yaitu *Eco Indicator 99* (EI 99), yang membagi kedalam 11 kategori diantaranya adalah *carcinogens*, *resp.organics*, *resp.inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification/eutrophication*, *land use*, *minerals*, *fossil fuels*. Berikut merupakan penjelasan dari setiap kategori yaitu:

a. *Carcinogens*

Merupakan zat yang dapat menyebabkan penyakit kanker pada tubuh manusia, dalam tabel yang diberikan angka yang paling tinggi adalah saat proses pemolaan terusan dengan nilai yang paling tinggi sebesar $3,54 \times 10^{-7}$ DALY.

b. *Resp.organics*

Resp.organics merupakan dampak yang menyebabkan gangguan pernapasan pada manusia dikarenakan asap atau sisa emisi proses produksi batik tulis. Seperti penggunaan kayu bakar dan minyak tanah yang memungkinkan asap atau abu dapat terbang dan masuk kedalam paru paru manusia. Pada gambar 4.3 proses yang memiliki dampak terbesar dalam pernapasan adalah pelorodan pertama, pelorodan kedua, pemolaan, dan pemolaan terusan dengan nilai tertingginya adalah $5,3 \times 10^{-7}$ DALY.

c. *Respiratory Inorganics*

Respiratory Inorganics diakibatkan karena emisi dari bahan yang tidak bersifat organik, dalam hal ini proses yang memiliki nilai *Respiratory Inorganics* tertinggi adalah pemolaan terusan dengan nilai yaitu $1,03 \times 10^{-6}$ DALY, hal ini dikarenakan

pembakaran kayu bakar yang tercampur dengan lilin malam yang berpotensi mengganggu pernapasan.

d. *Climate change*

Perubahan Iklim yang dapat disebabkan karena aktivitas manusia, seperti pada proses pelorodan pertama, pelorodan kedua serta proses pemolaan. Hal ini dapat disebabkan karena emisi pembakaran kayu bakar atau CO². Hal ini dapat mempengaruhi iklim sehingga dapat menciptakan bencana alam seperti seringnya banjir, peningkatan suhu bumi, dan kekeringan.

e. *Radiation*

Radiasi merupakan energi yang terjadi akibat dari proses yang memiliki sumber energi seperti pada penelitian ini yang memiliki dampak radiasi tertinggi yaitu pemolaan hal ini dikarenakan penggunaan kayu bakar dan lilin malam berlebihan.

f. *Ozon Layer*

Penipisan lapisan ozon dapat disebabkan karena kandungan CFC yang tinggi, efek rumah kaca, pembakaran hutan secara sengaja dan masif, serta penggunaan bahan kimia yang tinggi. Dalam proses pemolaan terusan memiliki risiko dampak penipisan ozon terbesar karena penggunaan lilin dan kayu bakar menghasilkan emisi karbon dioksida, senyawa organik volatil dan polutan lainnya yang dapat memperburuk lapisan ozon.

g. *Ecotoxicity*

Kondisi dimana ekosistem mengalami penurunan kualitas dikarenakan limbah atau sisa produksi yang dibuang langsung tanpa adanya penyaringan terlebih dahulu. Dalam proses batik tulis UKM Sri kuncoro, *Ecotoxicity* disebabkan karena penggunaan kayu bakar, minyak tanah dan kandungan bahan kimia. Pembakaran bahan bakar dapat merusak ekosistem baik udara, tanah maupun air sehingga membahayakan lingkungan sekitar produksi.

h. *Acidification/Eutrophication*

Acidification diakibatkan karena polusi udara hal ini menandakan sedangkan *Eutrophication* timbul karena air mengandung kelebihan nutrisi. Pada proses batik tulis pemolaan terusan memiliki dampak yang tinggi karena residu lilin yang digunakan mengandung senyawa organik yang memicu adanya eutrofikasi.

i. *Land Use*

Penggunaan lahan yang berlebihan menyebabkan makhluk hidup lain tidak bisa menggunakan habitat semestinya. Hal ini disebabkan karena penebangan pohon, pembukaan lahan untuk perkotaan, kerusakan alam. Dalam hal ini proses pemolaan terusan memiliki kemungkinan menyebabkan *land use* karena penebangan pohon yang digunakan untuk bahan bakar sehingga habitat hewan rusak apabila dilakukan secara terus-menerus.

j. *Minirals*

Kekurangan minirals dapat diakibatkan karena penggunaan energi tidak dapat diperbaharui seperti batu bara, kayu dan minyak tanah. Aktivitas yang memiliki dampak tertinggi yaitu proses pembati yang berhubungan dengan minyak tanah, kayu bakar seperti pemolaan, nembok, dan cecek.

k. *Fossil Fuels*

Penggunaan bahan bakar seperti minyak tanah yang dapat menyebabkan pemanasan global, gangguan kesehatan khususnya pernapasan, pencemaran udara, air maupun tanah. Dalam proses pembuatan batik tulis nembok memiliki dampak tertinggi karena penggunaan minyak tanah yang tinggi juga, kemudian diikuti oleh proses cecek, dan ngranit

Dalam tabel 4.8 terdapat 3 satuan anatar lain yaitu:

a. DALY

Disability Adjusted Life Year merupakan menurunnya gaya hidup sehat dalam satuan satu tahun. Yang termasuk dalam satuan DALY antara lain *carcinogens*, *resp.organics*, *resp.inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*.

b. PDF*m2yr

Potentially Disappeared Fraction of Species per square meter per kg emisi yaitu satuan untuk kerusakan ekosistem akibat emisi atau limbah yang dihasilkan dalam suatu proses dengan rumus kerusakan ekosistem seluas 1m perkg dalam satu tahun. Kelompok dampak kategori yang termasuk dalam sub ini adalah *ecotoxicity*, *acidification/eutrophication*, *land use*

c. MJ Surplus

Satuan yang digunakan untuk menghitung kandungan mineral dan bahan bakar fosil yang dibutuhkan dimasa depan. Terdapat dua dampak kategori yang termasuk dalam satuan ini yaitu *minirals* dan *fossil fuels*.

5.3.2 *Damage Assessment*

Tahapan selanjutnya yaitu *damage assessment*, yang bertujuan untuk menggabungkan beberapa dampak kategori menjadi 3 lingkup kategori sesuai pada gambar 4.4 dan tabel 4.9 yaitu *human health*, *ecosystems*, dan *resources*. Pada kategori *human health* proses yang pertama adalah pencucian kain adalah $9,09 \times 10^{-8}$, pemolaan kain sebesar 0,000217, pemolaan kain terusan sebesar 0,000204, cecek sebesar $1,85 \times 10^{-6}$, cecek terusan sebesar $1,87 \times 10^{-6}$, kemudian nembok sebesar $2,36 \times 10^{-6}$, selanjutnya proses snembok terusan sebesar $1,02 \times 10^{-6}$, proses pewarnaan pertama sebesar $2,29 \times 10^{-7}$, pelorodan pertama sebesar 0,000228, ngranit sebesar $1,64 \times 10^{-6}$, kemudian pewarnaan kedua sebesar $2,29 \times 10^{-7}$ dan yang terakhir adalah proses pelorodan kedua yaitu sebesar 0,000228 dengan satuan yang digunakan adalah DALY.

Kategori dampak selanjutnya adalah *ecosystems quality* dengan satuan adalah PDF*m2yr, proses pertama atau pencucian kain mendapatkan nilai yaitu 0,000393, pemolaan kain sebesar 0,122, pemolaan kain terusan 0,13, proses cecek sebesar 0,0572, proses cecek terusan yaitu sebesar 0,0588, proses nembok sebesar 0,0756, selanjutnya adalah proses nembok terusan yaitu sebesar 0,0367, selanjutnya proses pewarnaan pertama sebesar 0,00909. Proses selanjutnya yaitu pelorodan pertama sebesar 0,00013, selanjutnya proses ngranit yaitu 0,041, pewarnaan pertama sebesar 0,00909 dan yang terakhir yaitu proses 0,00013.

Kategori dampak yang terakhir yaitu *resources*, *resources* merupakan material yang mengakibatkan kerusakan pada lingkungan dengan satuan yang digunakan adalah MJ *Surplus*. Proses yang pertama yaitu pencucian kain sebesar $8,05 \times 10^{-5}$. Pemolaan kain sebesar 0,0729. Proses ketiga yaitu pemolaan terusan sebesar 0,0777, cecek sebesar 2,32, proses selanjutnya yaitu cecek terusan sebesar 2,32, nembok sebesar 2,9, nembok terusan sebesar 1,16, pewarnaan pertama sebesar 0,0156, proses selanjutnya adalah pelorodan pertama sebesar $2,62 \times 10^{-6}$, proses ngranit sebesar 2,31, proses pewarnaan kedua sebesar 0,0156 dan yang terakhir adalah $2,62 \times 10^{-5}$.

5.3.3 *Normalization*

Pada tahapan *normalization* yaitu dampak keseluruhan akan disederhanakan dan disamakan dalam satuannya. Berdasarkan pada gambar 4.5 dan tabel 4.10 output *normalization* yang paling tinggi kategori *human health* adalah pada proses pelorodan kedua dengan nilai sebesar 0,026, yang kedua yaitu pelorodan pertama sebesar 0,026, selanjutnya adalah proses pemolaan kain sebesar 0,0248 dan yang terakhir adalah proses

0,0232. Kategori selanjutnya yaitu *ecosystem quality* yang paling tinggi adalah pemolaan kain dengan nilai yaitu $2,13 \times 10^{-5}$. Dan kategori yang terakhir adalah *resources* dengan proses tertinggi adalah proses yang berhubungan canting seperti nembok dengan nilai sebesar 0,000384.

5.3.4 Weighting

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan *software* Simapro, total kategori dampak pada tiap proses yaitu 0,00418 untuk proses pencucian kain, pemolaan kain sebesar 9,92. Pemolaan kain terusan sebesar 9,32, cecek sebesar 0,15, cecek terusan sebesar 0,151, proses nembok sebesar 0,19, nembok terusan sebesar 0,0802, proses pewarnaan pertama sebesar 0,0115, proses pelorodan pertama sebesar 10,4, proses ngranit sebesar 0,139, proses pewarnaan kedua sebesar 0,0115 dan yang terakhir yaitu 10,4 dengan satuan adalah Pt. Satuan Pt adalah satuan yang digunakan untuk mewakili satu seperseribu beban lingkungan tahunan satu penduduk rata rata eropa.

5.3.5 Single Score

Fase terakhir pada LCA yaitu *Single Score* atau *Interpretation*. Pada tahapan ini material atau aktivitas yang memiliki dampak paling dominan akan diidentifikasi. Pada gambar 4.7 dan tabel 4.12 menampilkan kategori dampak yang paling besar yaitu *human health* pada proses pelorodan pertama, pelorodan kedua, pemolaan kain, pemolaan terusan dengan nilai masing masing adalah sebesar 10,4 Pt, 10,4 Pt, 9,91 Pt dan 9,3 Pt. Dalam hal ini material yang digunakan dalam proses tersebut adalah kayu bakar dengan *Corresponding* LCA Simapro *Wood, dry matter*. Oleh karena itu perlunya perbaikan untuk mengatasi dampak terhadap manusia dikarenakan dampak dari pembakaran kayu bakar atau sisa emisi lainnya. Kategori lainnya yaitu *ecosystem quality* dengan nilai proses tertinggi adalah pemolaan terusan sebesar 0,00907 Pt, proses pemolaan memiliki beberapa material yang dapat memicu penebangan pohon untuk kayu bakar serta residu aktivitas pemanasan malam yang dapat menghasilkan polutan seperti karbon dioksida serta polutan yang berdampak pada ekosistem. Kemudian untuk kategori yang terakhir adalah *resources* dengan proses yang memiliki nilai tertinggi atau dampak terbesar adalah nembok dengan nilai dampak adalah 0,0769, hal ini didasari karena penggunaan minyak tanah yang relatif tinggi daripada proses lainnya. Sehingga ketiga proses batik tulis diatas menjadi pertimbangan untuk adanya upaya perbaikan yang dapat menurunkan dampak kelingkungan maupun pengrajin.

5.4 Analisis *Fishbone* Diagram

Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui akar penyebab dari permasalahan yang paling dominan, pada penilaian *life cycle assessment*, kemudian ditemukan nilai dampak yang paling dominan dari ketiga kategori *human health*, *ecosystem quality* dan *resources*. Oleh karena itu diperlukan *fishbone* untuk mengetahui akar penyebab dari tingginya dampak *human health*, *ecosystem quality* dan *resources* pada proses produksi batik tulis. Hasil dari diagram *fishbone* permasalahan tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna pada proses pelorodan dengan aktivitas yang berhubungan adalah menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih pada proses pelorodan, diketahui terdapat beberapa faktor antara lain faktor manusia, mesin, material, metode dan lingkungan. faktor pertama adalah faktor manusia, faktor manusia menjadi penyebab dikarenakan ketidakmampuan pengrajin dalam memahami posisi penataan kayu dalam tungku sehingga posisi kayu bakar tidak terlalu rapat maupun longgar. Faktor material pada permasalahan pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna adalah kondisi kayu bakar yang basah dikarenakan meterial yang diletakan ditanah sehingga kayu dalam kondisi lembab serta penyimpanan kayu bakar berada pada luar ruangan menciptakan berkemungkinan terkena air hujan atau semacamnya. Akar penyebab permasalahan dari faktor metode yaitu penumpukan kayu yang terlalu longgar atau padat diakibatkan karena pemotongan kayu yang tidak seragam. Faktor mesin menjadi akar permasalahan dikarenakan penggunaan tungku tidak efisien hal ini diakibatkan ventilasi yang buruk serta tidak adanya alat untuk mengontrol kekuatan api pada tungku. Lingkungan memiliki kontribusi dalam permasalahan ini dikarenakan inkonsistensi dalam proses pembakaran berada diluar ruangan sehingga seringkali terdapat angin atau cuaca yang mengganggu proses pembakaran.

Permasalahan kedua berupa penggunaan minyak tanah yang berlebihan pada proses nembok yang dihadapi pada proses nembok terkhusus aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin, permasalahan dilihat dari beberapa segi faktor yaitu faktor manusia, faktor manusia menjadi akar permasalahan dikarenakan kebiasaan buruk berupa penggunaan energi fosil hal ini disebabkan karena penggunaan yang berlebihan tanpa kontrol dan kebiasaan dari dulu dalam penggunaan minyak tanah, faktor kedua yaitu faktor material yang disebabkan ketersediaan alternatif lain yang minim karena harga material yang relatif mahal dan kesulitan mencari bahan bakar pengganti yang lebih efisien, faktor terakhir yaitu faktor mesin dikarenakan dalam

penggunaan tungku tidak dimatikan karena tidak adanya fitur kompor untuk memasukan kompot secara cepat sehingga hal ini menyebabkan penggunaan minyak tanah berlebihan.

Permasalahan yang ketiga yaitu penggunaan material lilin yang tidak terbarukan pada proses pemolaan dengan aktivitas berupa memanaskan lilin hingga cair dan pemolaan kain dengan lilin, hal ini disebabkan karena penggunaan material lilin yang berasal dari minyak mentah, permasalahan ini dilihat dari beberapa faktor yaitu faktor manusia dikarenakan pengrajin tidak mampu memahami posisi penataan kayu dalam tungku, sehingga kayu bakar tidak diletakkan dengan jarak yang tepat, apakah terlalu rapat atau terlalu longgar. Akar penyebab kedua yaitu permasalahan material berupa material lilin terkontaminasi bahan lain seperti resin atau pewarna sintesis, kemudian faktor penyebab terakhir yaitu Faktor mesin dikarenakan tungku tradisional yang menghasilkan asap berlebihan karena bahan bakar dalam kondisi basah dan sistem ventilasi tungku yang buruk.

5.5 Analisis Usulan Perbaikan

Berdasarkan usulan perbaikan berupa memberikan mitigasi pada permasalahan kategori *human health* yaitu tingginya emisi dari pembakaran kayu bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna pada proses pelorodan, pada kategori *resources* yaitu permasalahan kedua berupa penggunaan minyak tanah yang berlebihan pada proses nembok yang dihadapi pada proses nembok, dan kategori *ecosystem quality* berupa penggunaan material lilin yang tidak terbarukan pada proses pemolaan. Sehingga dilakukan uji implementasi untuk mengganti tungku berbahan bakar kayu menjadi kompor LPG, mengganti kompor minyak tanah menjadi kompor listrik serta mencari alternatif lilin menjadi *Bio Paraffin Substitusi* yang berasal dari minyak sawit. Berikut merupakan hasil usulan perbaikan yang diberikan:

Table 4.19 Hasil Usulan Perbaikan Dengan *Software Simapro*

No	<i>Damage Category</i>	Unit	Nembok <i>Future</i>	Pelorodan <i>Future</i>	Pemolaan <i>Future</i>
1	<i>Human health</i>	Pt	6,66	0,172	0,988
2	<i>Ecosystem Quality</i>	Pt	0,177	0,00282	0,000567
3	<i>Resources</i>	Pt	0,00485	0,000186	0,000129

Total	Pt	6,84	0,175	0,989
-------	----	------	-------	-------

Didapatkan pada kategori *Human health* proses pelorodan sebesar 0,172 Pt, kemudian dampak kategori *ecosystem quality* pada pemolaan sebesar 0,000567 Pt dan yang terakhir dampak *resources* proses nembok sebesar 0,00485 Pt. Satuan Pt adalah satuan yang digunakan untuk mewakili satu seperseribu beban lingkungan tahunan satu penduduk rata rata yang ada.

5.6 Analisis *Future Environmental Value Stream Mapping*

Pada *Current State Environmental Value Stream Mapping* diketahui bahwa terdapat penggunaan kayu bakar pada proses pemolaan dan pelorodan kemudian setelah dilakukan penilaian dan usulan perbaikan ditemukan bahwa kayu bakar merupakan material yang memiliki dampak kesehatan yang buruk oleh karena itu perlu adanya alternatif terbarukan seperti penggunaan gas elpiji yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan kayu bakar kayu bakar dapat menghasilkan CO², CH₄ dan N₂O yang akan mencemari udara secara langsung. Berikut merupakan proses batik tulis setelah diberi usulan perbaikan pada proses pelorodan.

Tabel 5.1 Perbandingan Kategori *Human Health*

No	Kategori Dampak	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Pelorodan	Pelorodan	
1	<i>Human Health</i>	9,3 Pt	0,175 Pt	9,125 Pt

Aktivitas menghidupkan tungku dan memanaskan air hingga mendidih pada proses pelorodan dengan penggunaan kayu bakar yang awalnya 9 kg menjadi bahan bakar gas LPG sebanyak 3,68 Kg. Proses pelorodan memiliki nilai dampak pada *Human Health* sebelum perbaikan adalah 9,3. Hal ini menunjukkan bahwa proses pelorodan pada tahap ini memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap kesehatan manusia. Setelah dilakukan perbaikan, nilai dampak pada *Human Health* menurun drastis menjadi 0,175. Selisih antara nilai sebelum dan setelah perbaikan adalah 9,125 Pt. Berikut merupakan perbandingan Kategori *Ecosystem Quality*:

Tabel 5.2 Perbandingan Kategori *Ecosystem Quality*

No	Kategori Dampak	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Pemolaan	Pemolaan	
1	<i>Ecosystem Quality</i>	0,00907 Pt	0,00282 Pt	0,00625 Pt

Aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin pada proses pemolaan memiliki nilai dampak terhadap kualitas ekosistem dengan menggunakan bahan dasar lilin sebanyak 1,5 kg menggunakan paraffin menjadi *bio paraffin subtitus* sebanyak 1 kg sehingga dampak *ecosystem quality* sebelum perbaikan adalah 0,00907 Pt. Angka tersebut menunjukkan adanya pengaruh negatif dari proses pemolaan terhadap lingkungan, Hal ini disebabkan oleh emisi kayu bakar, penggunaan lilin berbahan dasar minyak mentah yang berpotensi merusak ekosistem. Setelah dilakukan perbaikan, dampak terhadap kualitas ekosistem berkurang menjadi 0,00282 Pt. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan perbaikan berhasil mengurangi efek negatif proses pemolaan terhadap lingkungan. Selisih antara nilai sebelum dan setelah perbaikan adalah 0,00625 Pt. Berikut merupakan perbandingan kategori *resources*:

Tabel 5.3 Perbandingan Kategori *Resources*

No	Kategori Dampak	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
		Nembok	Nembok	
1	<i>Resources</i>	0,0769 Pt	0,00485 Pt	0,07205 Pt

Aktivitas memanaskan lilin dan menutup motif yang dikehendaki dengan lilin menggunakan minyak tanah sebagai energi utama pada proses nembok menghasilkan nilai dampak pada sumber daya sebesar 0,0769 Pt. Hal ini mengindikasikan bahwa proses nembok sebelumnya menggunakan sumber daya dengan intensitas yang cukup tinggi, yang dapat mencakup penggunaan minyak tanah memiliki dampak signifikan terhadap ketersediaan sumber daya alam. Setelah dilakukan perbaikan, dampak pada sumber daya menurun drastis menjadi 0,00485 Pt. Penurunan ini berupa tindakan mengurangi konsumsi atau penggunaan sumber daya secara signifikan yaitu minyak tanah sebanyak 0,5 liter menjadi kompor listrik dengan daya 6316 wh. Hal ini menunjukkan penurunan dampak dari 0,0769 Pt menjadi 0,00485 Pt.

Tabel 5.4 Total Keseluruhan Sumber Daya, Emisi Dan Limbah

Total Sumber daya	Total	VS	Total Sumber daya	Total
Kayu Bakar	24,2 Kg		Kayu Bakar	0
Minyak tanah	1,9 Liter		Minyak tanah	0
Lilin	5,92 Kg		<i>Bio Paraffin Substitusi</i>	4,92 Kg
Listrik	10.86 wh		Listrik	35745,86 wh
Napthol	50 gram		Napthol	50 gram
Garam Diazonium	20 gram		Garam Diazonium	20 gram
TRO	4 gram		TRO	4 gram
Caistuc Soda	6 gram		Caistuc Soda	6 gram
BOD5	16,9094 Mg/L		BOD5	16,9094 Mg/L
COD	62,2532 mg/L		COD	62,2532 mg/L
Total Suspended Solids	1625 mg/L		Total Suspended Solids	1625 mg/L
Amonia	150 Mg/L		Amonia	150 Mg/L
Carbon Dioxide	144,5629 kgCO ₂		Carbon Dioxide	51,05335 kgCO ₂
Methane	113,4557 KgCH ₄		Methane	0,3484 KgCH ₄
Dinitrogen Monoxide	5,0305 KgN ₂ O		Dinitrogen Monoxide	0,034 KgN ₂ O

Berikut adalah penjelasan mengenai penurunan sumber daya dan emisi dari tabel yang dibandingkan:

Pada penggantian kayu bakar dengan energi yang lebih ramah lingkungan seperti LPG mengurangi emisi karbon langsung dari pembakaran kayu bakar, penggunaan minyak tanah dengan kondisi awal 1,9 liter menjadi 0 liter dikarenakan pemilihan alternative bahan bakar berupa kompor berbahan listrik yang lebih ramah lingkungan serta penurunan sebesar 16.89% mengenai penggunaan lilin bio Paraffin yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan lilin tradisional yang berbasis bahan

bakar fosil. Selain itu, Bio Paraffin juga menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah. Serta kenaikan signifikan penggunaan listrik yang menjadi energi terbarukan dan menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan pembakaran langsung bahan bakar fosil. Penurunan carbon dioxide sebesar 64.67% dikarenakan pengurangan kayu, bakar dan minyak tanah yang menghasilkan emisi *carbon dioxide* tinggi serta menggunakan bio paraffin substitusi yang lebih ramah lingkungan. Menurunnya signifikan methane hingga 99,69% dikarenakan penghapusan bahan bakar fosil seperti kayu bakar dan minyak tanah. Methane dapat menghasilkan pemanasan global dan perubahan iklim pada bumi serta yang terakhir penurunan signifikan dalam emisi N₂O juga karena pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan peralihan ke bahan bakar yang lebih bersih seperti listrik.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses produksi batik tulis motif wahyu temurun terjadi proses yang memiliki *environmental waste* energi adalah menggunakan kayu bakar sebanyak 9 kg, *environmental waste* yang kedua yaitu penggunaan minyak tanah sebanyak 0,5 liter. Serta *environmental waste* terakhir berupa penggunaan material lilin sebesar 1,5 kg yang tidak terbarukan pada proses pemolaan.
2. Akar permasalahan yang terjadi pada kasus pertama kontribusi analisis terfokus pada satu faktor yaitu mesin. akar permasalahan yang kedua terfokus hanya pada analisis faktor material. Kemudian akar permasalahan terakhir hanya terfokus pada faktor mesin.
3. Usulan Perbaikan yang pertama berupa penggantian tungku berbahan kayu bakar menjadi kompor LPG pada proses pelorodan, usulan perbaikan yang kedua berupa penggunaan alternatif lilin seperti bio paraffin substitusi yang berasal dari minyak sawit, serta usulan perbaikan yang ketiga berupa penggunaan alternatif dari bahan bakar minyak tanah menjadi kompor listrik pada proses nembok
4. Hasil implementasi usulan perbaikan pertama menghasilkan penurunan emisi dari penggunaan kayu bakar pada proses pelorodan sebesar 64.67%, implementasi kedua pada proses pemolaan menggunakan bahan dasar lilin menjadi bio paraffin substitusi sebesar 100%. Penerapatan usulan perbaikan ketiga pada proses pemolaan menggunakan kompor listrik pada proses nembok terjadi penurunan penggunaan bahan bakar fosil 100%.

6.2 Saran

Berikut merupakansaran yang dapat diberikan pada penelitian ini:

1. Saran yang dapat diberikan kepada UKM antara lain:
 - a. Meminimalkan aktivitas yang memberikan pemborosan selama proses produksi sehingga proses produksi dapat berjalan dengan ramah lingkungan
 - b. Dapat menerapkan usulan perbaikan yang telah dibuat oleh peneliti yaitu menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan serta tidak

menimbulkan emisi yang berlebihan terutama pada proses pemolaan dan pelorodan

- c. Melakukan evaluasi permasalahan untuk menemukan solusi.
2. Saran penelitian selanjutnya
- a. Dapat meneliti pemborosan secara penuh terkait 7 *waste* yang terdapat pada UKM
 - b. Fokus penelitian dapat dilakukan pada proses tertentu seperti pewarnaan sehingga permasalahan dapat dianalisis dengan mendetail
 - c. Tambahkan uji kelayakan serta uji ekonomi mengenai alternatif yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, b. S., & imaroh, t. S. (2021). Waste minimization efforts towards green logistic at pt nardevchem kemindo.
- Amaranti, r., irianto, d., govindaraju, r., magister, s., doktor, d., dan, t., industri, m., & industri, f. T. (2017). Green manufacturing : kajian literatur.
- Anggalih, n. N. (2022). Analisis perbandingan kemasan berkelanjutan dengan berbahan dasar material alam.
- Astuti, a. D. (2019). Analisis potensi dampak lingkungan dari budidaya tebu menggunakan pendekatan life cycle assessment (lca).
- Auliya, d. F., marlyana, n., & fatmawati, w. (2021). Analisis penentuan faktor pendorong dalam penerapan green manufacturing di pt. Aneka adhilogam karya dengan metode fuzzy topsis.
- Bappenas. (2014). *Pedoman teknis perhitungan baseline emisi gas rumah kaca sektor pengelolaan limbah*. 40.
[Http://ranradgrk.bappenas.go.id/rangrk/admincms/downloads/publications/pedoman_teknis_penghitungan_baseline_emisi_grk_sektor_pengolahan_limbah.pdf](http://ranradgrk.bappenas.go.id/rangrk/admincms/downloads/publications/pedoman_teknis_penghitungan_baseline_emisi_grk_sektor_pengolahan_limbah.pdf)
- Bergendahl, c. G., lichtenvort, k., johansson, g., zackrisson, m., & nyssönen, j. (2005). Environmental and economic implications of a shift to halogen-free printed wiring boards.
- Effective, e., sustainability, i., practices, g. M., reduction, w., tools, l., sector, m., & improvement, p. (2022). Enhancing effective industrial sustainability through green manufacturing practices by waste reduction using lean tools in manufacturing sector via productivity improvement, economic and enviro-economic perspective m.balaji 1 , b.logesh 2# , r.prabhu 3.
- Effendi, m. D. (2010). Pemanfaatan tungku berbahan bakar lpg dan modifikasi ruang bakar untuk pembakaran keramik ukir berglasir. *Jurnal energi dan lingkungan (enerlink)*, 6(1). <https://doi.org/10.29122/elk.v6i1.1561>
- Faulkner, w., & badurdeen, f. (2014). Sustainable value stream mapping (sus-vsm): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance.
- Garza-reyes, j. A., torres romero, j., govindan, k., cherrafi, a., & ramanathan, u. (2018). A pdca-based approach to environmental value stream mapping (e-vsm). *Journal of cleaner production*, 180, 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.121>
- Gholami, h., jamil, n., mat saman, m. Z., streimikiene, d., sharif, s., & zakuan, n. (2021). The application of green lean six sigma.
- Goembira, f., nazir, a., husna, a., & ihsan, t. (2019). Analisis konsentrasi pm_{2,5}, co dan co₂ di dalam ruangan akibat penggunaan kompor biomassa berbahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar. *Dampak*, 16(1), 42. <https://doi.org/10.25077/dampak.16.1.42-50.2019>
- Hanafi, j. (2016). Menuju manufaktur berkelanjutan di indonesia: tantangan dan kesempatan.
- Hutami, f. A., sudiarmo, a., & herliansyah, m. K. (2021). (studi kasus : batik tulis di giriloyo) waste identification in writing batik production process using lean manufacturing approach with value stream mapping method (case study : batik tulis giriloyo). *Prosiding seminar nasional industri kerajinan dan batik (snikb) 2021*. <https://proceeding.batik.go.id/index.php/snbk/article/view/134>
- Imanuel, a. (2019). Minimasi waste pada durasi proses perawatan engine cfm56-3b pada bagian engine maintenance pt. Gmf aeroasia.
- Indrawati, s., & ridwansyah, m. (2015). Manufacturing continuous improvement using

- lean six sigma: an iron ores industry case application.
- Indrayani, I., & Triwiswara, M. (2020). *Prinsip efisiensi energi untuk mewujudkan industri batik yang berkelanjutan (sustainable industry) principles of energy efficiency for sustainable batik industry*. 1–10.
- Indriati, A., Hidayat, D. D., Darmajana, D. A., & Masrin, I. (2019). Perbaikan aliran proses produksi coklat bar dengan metode value stream mapping.
- Irawan, A., & Mclellan, B. C. (2024). A comparison of life cycle assessment (lca) of andungsari arabica coffee processing technologies towards lower environmental impact.
- Krisnanti, E. D., & Garside, A. K. (2022). Penerapan lean manufacturing untuk meminimasi waste percetakan box.
- Kusbiantoro, C., & Nursanti, E. (2019). Penerapan lean manufacturing untuk mengidentifikasi dan menurunkan waste (studi kasus cv tanara textile).
- Lesmana, A. S., Ganefi, H. S., & Jahidah, N. S. (2024). Edukasi green manufacturing dan pemanfaatan limbah hasil produksi pada ukm tahu-tempe.
- Li, J., Cai, C., & Zhang, F. (2020). Assessment of ecological efficiency and environmental sustainability of the minjiang-source in china. *Sustainability (switzerland)*, 12(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su12114783>
- Lukmandono, Hariastuti, N. L. P., Suparto, & Saputra, D. I. (2019). Implementation of waste reduction at operational division with lean manufacturing concept.
- Maulidin, I., Djatna, T., Firmansyah, M. A., & Nuraini, A. (2019). Analisis dan desain sistem minimalisasi industrial wastes.
- Mishra, A. K., Sharma, A., Sachdeo, M., & Jayakrishna, K. (2020). Development of sustainable value stream mapping (svsm) for unit part manufacturing: a simulation approach.
- Monoarfa, M. I., Hariyanto, Y., & Rasyid, A. (2021). Analisis penyebab bottleneck pada aliran produksi briquette charcoal dengan menggunakan diagram fishbone di pt. Saraswati coconut product.
- Muhammad Arif Jati Purnomo, & Agung Cahyana. (2020). Muhammad arif jati purnomo tanah sebagai bahan pewarna purba yang ramah lingkungan. *Prosiding: seni, teknologi, dan masyarakat*, 2, 199–204. <https://doi.org/10.33153/semhas.v2i0.121>
- Muñoz-villamizar, A., Santos, J., Garcia-sabater, J. J., Lleo, A., & Grau, P. (2019). Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance.
- Muslimah, E. (2020). Waste reduction in green productivity in small and medium-sized enterprises of kampoeng batik laweyan. *International journal of emerging trends in engineering research*, 8(6), 2360–2364. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/25862020>
- Naddya Sumarata, D. Y., Sukendar, I., & Raya Kaligawe, J. K. (2019). Analisa dampak lingkungan material dan energi proses pembuatan batik menggunakan metode life cycle assessment (lca) studi kasus : batik tobal pekalongan.
- Nanis Susanti, & Joko Santoso. (2021). Meningkatkan kinerja produksi dan pemasaran dengan teknologi tepat guna meja pewarnaan dan pemasaran online pada tia batik tanjung bumi bangkalan. *Talenta conference series: local wisdom, social, and arts (lwsa)*, 4(1). <https://doi.org/10.32734/lwsa.v4i1.1180>
- Ponda, H., Fatma, N. F., & Siswantoro, I. (2022). Usulan penerapan lean manufacturing dengan metode value stream mapping (vsm) dalam meminimalkan waste pada proses produksi ban motor pada industri pembuat ban.
- Pradana, A. P., Chaeron, M., & Khanan, M. S. A. (2018). Implementasi konsep lean

- manufacturing guna mengurangi pemborosan di rantai produksi.
- Pujotomo, d., nugroho, s., & sihombing, i. G. (2019). Analisis tingkat eko-efisiensi pada pewarna batik dengan menggunakan metode life cycle assessment (lca) pada ukm batik semarang 16.
- Purnama, r. I., & ikatrinasari, z. F. (2013). Perbaikan sistem produksi minyak angin aromatherapy melalui lean manufacturing di pt. Us, jawa barat.
- Purvis, b., mao, y., & robinson, d. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins.
- Purwaningsih, e., vega monica, a. A., syarmith ananda, e., fasya, f., solichin, m., agustina, n., & noor ibrahim, s. M. (2024). Evaluasi waktu tunggu pelayanan pendaftaran di puskesmas segiri kota samarinda menggunakan fishbone diagrams.
- Putri, n. T., & dona, l. S. (2019). Application of lean manufacturing concept for redesigning facilities layout in indonesian home-food industry: a case study.
- Rochman, y. A., sudiarso, a., & herliansyah, m. K. (2024). Development of lean implementation framework for indonesian batik small and medium-sized enterprises. *International journal of engineering, transactions b: applications*, 37(11), 2223–2238. <https://doi.org/10.5829/ije.2024.37.11b.09>
- Sampepajung, d. C., sarniati, rifai, m., & afifah, n. (2023). Analisis carbon footprint pada umkm makanan dan minuman melalui integrasilean dan green waste production.
- Septiawan, d. B., & bekti, r. (2016). Analysis of project construction delay using fishbone diagram at pt. Rekayasa industri.
- Shahbazi, s., kurdve, m., zackrisson, m., jönsson, c., & kristinsdottir, a. R. (2019). Comparison of four environmental assessment tools in swedish manufacturing: a case study.
- Shou, w., wang, j., wu, p., wang, x., & chong, h. Y. (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping.
- Solymosi, p., varga, g., & hancsó, j. (2014). Investigation of quality improving of waste origin bio-paraffins. *Chemical engineering transactions*, 39(special issue), 1387–1392. <https://doi.org/10.3303/cet1439232>
- Suhardi, b., hermas putri k.s, m., & jauhari, w. A. (2020). Implementation of value stream mapping to reduce waste in a textile products industry.
- Sultan, f. A., routroy, s., & thakur, m. (2021). A simulation-based performance investigation of downstream operations in the indian surimi supply chain using environmental value stream mapping.
- Ulfa, s. N., & widjaya, l. (2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi kelengkapan rekam medis rawat inap dengan diagram fishbone di rumah sakit pertamina jaya tahun 2017.
- Wang, s. Y., jin, l., feng, y., wang, z. Y., yin, t. Y., liu, k. N., dong, e. L., & yu, r. (2023). A low carbon embedded low water/binder cement-based composites (lw/bcc) based on steel slag powder and microwave pre-curing: experiments and life cycle assessment (lca).
- Widowaty, y., surwanti, a., & pratiwi, b. (2022). Pencegahan pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah pembuatan kain celup jumputan. *Prosiding seminar nasional program pengabdian masyarakat*, 487–494. <https://doi.org/10.18196/ppm.41.822>
- Widyahening, c. E. (2018). Penggunaan teknik pembelajaran fishbone diagram dalam meningkatkan keterampilan membaca siswa.
- Wiese, m., rogall, c., henningsen, n., herrmann, c., & thiede, s. (2022). Environmental and technical evaluation of additive manufacturing: enabling process chain

perspective by energy value stream mapping.
Yola, m., wahyudi, f., & hartati, m. (2017). Value stream mapping untuk mereduksi waste dominan dan meningkatkan produktivitas produksi di industri kayu.

LAMPIRAN

Dokumentasi Proses

Nama UKM: Sri Kuncoro

Kode produk: Wahyu Temurun

1. Proses pencucian



2. Proses Pemolaan





3. Proses nembok



4. Proses cecek



5. Proses Pewarnaan





6. Proses Pelorodan



7. Proses Ngranit



8. Hasil Jadi





9. Proses Menghitung Material

