

**MINIMASI BAHAN BUANGAN LINGKUNGAN PADA PROSES
PRODUKSI BATIK TULIS IKM SIDOMUKTI DENGAN
MENGUNAKAN *ENVIRONMENTAL VALUE STREAM MAPPING***

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 : Farhan Wicaksono
No. Mahasiswa : 20522130

**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 November 2024



A handwritten signature in black ink, appearing to be "Farhan Wicaksono".

(Farhan Wicaksono)

20522130

SURAT BUKTI PENELITIAN

BATIK TULIS SIDOMUKTI

Alamat : Jl. Imogiri Timur, Giriloyo 0,0 Km, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, DI
Yogyakarta

SURAT KETERANGAN

Dengan ini UMKM/UKM Batik Tulis Sidomuktik menerangkan bahwa:

Nama : Farhan Wicaksono
NIM : 20522130
Jurusan : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Yang bersangkutan diatas telah selesai melakukan penelitian (research) guna untuk penulisan tugas akhir di UMKM/UKM batik tulis Sidomukti selama periode 20 Maret – 20 April 2024. Demikian surat ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bantul, 25 Agustus 2024

Pemilik UMKM/UKM Sidomukti



Mas Akhyar

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**MINIMASI BAHAN BUANGAN LINGKUNGAN PADA PROSES
PRODUKSI BATIK TULIS IKM SIDOMUKTI DENGAN
MENGUNAKAN *ENVIRONMENTAL VALUE STREAM MAPPING***



Yogyakarta, 08 November 2024

Dosen Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**MINIMASI BAHAN BUANGAN LINGKUNGAN PADA PROSES
PRODUKSI BATIK TULIS IKM SIDOMUKTI DENGAN
MENGUNAKAN *ENVIRONMENTAL VALUE STREAM MAPPING***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Farhan Wicaksono

No. Mahasiswa : 20522130

**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 18 - November - 2024

Tim Penguji

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

Ketua

Danang Setiawan, S.T., M.T.

Anggota I

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.

Anggota II



Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri**



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur keadan Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunianya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan dukungan moral, spiritual, serta materil, dan tidak pernah lelah mendoakan serta membimbing saya. Juga, saya sampaikan rasa terimakasih kepada Bapak Yuli Agusti Rochman selaku dosen pembimbing yang memberikan ilmu, arahan, dan motivasi, serta kepada rekan-rekan yang sudah memberikan semangat dan rasa kebersamaan dalam mengerjakan tugas ini.

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

(Q.S Al-Insyirah: 6)

"Kesuksesan bukanlah kunci kebahagiaan. Kebahagiaan adalah kunci kesuksesan. Jika kamu mencintai apa yang kamu kerjakan, kamu akan sukses."

(Albert Schweitzer)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur dari penulis atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan di IKM Batik Sidomukti yang berjudul **Minimasi Bahan Buangan Lingkungan Pada Proses Produksi Batik Tulis IKM Sidomukti Dengan Menggunakan *Environmental Value Stream Mapping*** dapat terselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Tak lupa sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman yang telah berjuang dan membimbing kita dari zaman yang berjuang dan membimbing kita dari zaman kegelapan menuju jalan yang terang benderang untuk menggapai ridho Allah SWT.

Pelaksanaan Tugas Akhir merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Dengan dilakukannya pelaksanaan Tugas Akhir ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui penerapan teori yang telah didapatkan dalam perkuliahan dan pengetahuan lapangan dalam dunia industri.

Penyusunan laporan tidak akan berhasil tanpa peran dari berbagai pihak, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T., IPU, ASEAN. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan kepada penulis.
4. Mas Akhyar selaku pemilik IKM Batik Sidomukti yang telah menerima penelitian penulis untuk menjalankan Tugas Akhir.
5. Orang tua serta kakak penulis yang telah memberikan doa, semangat

- moril, motivasi, dan restu selama menjalankan Tugas Akhir berlangsung.
6. Daffa, Rossy, Fakhri, Sayid, Erik, Rafif, rini, rani, dan Lala selaku rekan Tugas Akhir yang sudah memberi masukan dan dukungan kepada penulis.
 7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengucapkan permohonan maaf karena penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sebagai bahan pembelajaran di masa mendatang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi semua pihak.
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 8 November 2024



Farhan Wicaksono

NIM 205221330

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi *environmental waste* dalam proses produksi batik tulis pada Industri Kecil Menengah (IKM) Sidomukti di Yogyakarta dengan menggunakan *Environmental Value Stream Mapping* (EVSM). IKM Sidomukti menghasilkan produk batik dengan motif *truntum*, namun masih menghadapi berbagai kendala meliputi tingginya emisi yang dihasilkan pada proses pelorodan pertama dan kedua, dan penggunaan air yang berlebihan pada proses pelorodan kedua, dan limbah yang sulit terurai pada proses *packing*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Green Manufacturing* dengan menggunakan analisis tools *Environmental Value Stream Mapping* dan *fishbone diagram* guna mengidentifikasi penyebab utama akar permasalahan terjadi pada proses produksi batik tulis IKM Sidomukti di Yogyakarta serta mengusulkan perbaikan berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan beberapa potensi perbaikan penggunaan kayu bakar pada proses pelorodan dapat digantikan dengan LPG, yang menurunkan emisi hingga 47%. Penggunaan teknologi hemat air pada tahap penguncian mengurangi konsumsi air sebesar 65%, sementara penggantian plastik LDPE dengan bahan yang lebih ramah lingkungan mengurangi limbah plastik yang tidak mudah untuk terurai hingga 100%. usulan perbaikan yang diharapkan diharapkan dapat meningkatkan keberlanjutan produksi batik Sidomukti serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

Kata Kunci: *Environmental Waste, IKM Sidomukti, Green Manufacturing, fishbone, Environmental Value Stream Mapping*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
MOTTO.....	vii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Batasan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Literatur.....	8
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 <i>Green Manufacturing</i>	15
2.2.2 Perbandingan <i>Lean Manufacturing</i> dan <i>Green Manufacturing</i>	15
2.2.3 <i>Environmental Waste</i>	16
2.2.4 <i>Process Activity Mapping</i>	17
2.2.5 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	17
2.2.6 <i>Environmental Value Stream Mapping (EVSM)</i>	19
2.2.7 <i>Fishbone Diagram</i>	28
2.2.8 Konsep 5W+1H	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Objek Penelitian	30
3.2 Subjek Penelitian	30
3.3 Jenis Data.....	30
3.4 Metode Pengumpulan Data	31
3.5 Alur Penelitian	32
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	35
4.1 Pengumpulan Data.....	35
4.1.1 Profil IKM.....	35
4.1.2 Proses Produksi	36
4.1.3 Data Aktivitas Produksi	40
4.1.4 Metode Perhitungan Emisi dari Produksi dan Konsumsi Energi.....	45
4.1.5 Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas	47
4.2 Pengolahan Data	48
4.2.1 Identifikasi Waste	48
4.2.2 Perhitungan Emisi <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	55

4.2.3 <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	56
4.2.4 <i>Fishbone Diagram</i>	57
4.2.5 Rencana Tindakan Perbaikan 5W+1H Berdasarkan Fishbone Diagram	61
4.2.6 Tindakan perbaikan Berdasarkan 5W+1H.....	64
4.2.7 Usulan Perbaikan	66
4.2.8 <i>Future State Environmental Value State Mapping</i>	71
BAB V PEMBAHASAN	72
5.1 Analisis Identifikasi <i>Waste</i>	72
5.2 Analisis Emisi pada <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	72
5.3 Analisis <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	73
5.4 <i>Fishbone Diagram</i>	73
5.5 Analisis Rencana Perbaikan 5W+1H Berdasarkan Fishbone Diagram.....	75
5.6 Tindakan Perbaikan Berdasarkan 5W+1H	75
5.7 Analisis Usulan.....	76
5.8 Analisis <i>Future State Environmental Value Stream Mapping</i>	78
BAB VI PENUTUP	79
6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	14
Tabel 2. 2 Simbol <i>Value Stream Mapping</i>	18
Tabel 2. 3 Contoh Strategi untuk menghilangkan <i>environmental waste</i>	21
Tabel 2. 4 Contoh Kegiatan yang dianggap sebagai bagian dari strategi eliminasi.....	22
Tabel 4. 1 Data Aktivitas Produksi	40
Tabel 4. 2 Data pekerja setiap produksi	44
Tabel 4. 3 Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar	45
Tabel 4. 4 Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar	46
Tabel 4. 5 Kesetaraan Kayu Bakar Dengan Jenis Bahan Bakar Lainnya	46
Tabel 4. 6 Faktor Emisi Jaringan Ketenagarlistrikan.....	46
Tabel 4. 7 Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas	47
Tabel 4. 8 Identifikasi <i>Waste</i>	48
Tabel 4. 9 Identifikasi <i>fishbone diagram water waste</i>	59
Tabel 4. 10 Identifikasi <i>fishbone diagram emission waste</i>	59
Tabel 4. 11 Identifikasi <i>fishbone diagram garbage waste</i>	60
Tabel 4. 12 Rencana tindakan perbaikan <i>water waste</i>	61
Tabel 4. 13 Rencana tindakan perbaikan <i>emission waste</i>	62
Tabel 4. 14 Rencana tindakan perbaiki <i>garbage waste</i>	63
Tabel 4. 15 Tindakan perbaikan berdasarkan 5W+1h.....	64
Tabel 5. 1 Perubahan pada <i>Water Waste, Emission Waste, daan Garbage Waste</i>	78

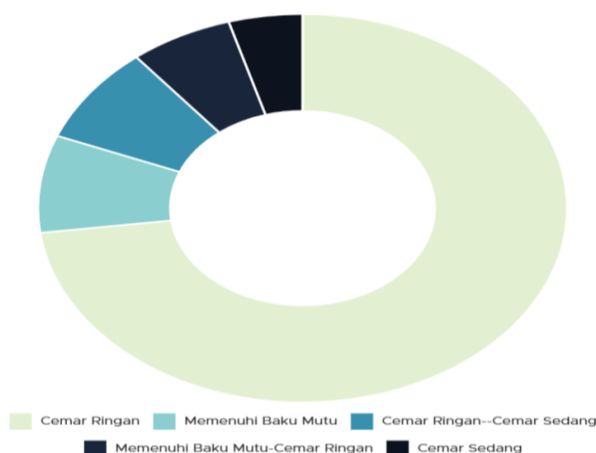
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Statistik Sungai Tercemar di Indonesia.....	1
Gambar 1. 2 Statistik Emisi Gas Rumah Kaca.....	3
Gambar 2. 1 Contoh <i>Current Environmental Value Stream Mapping</i>	20
Gambar 2. 2 <i>Diagram Fishbone</i>	28
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	32
Gambar 4. 1 Produk Batik Tulis.....	35
Gambar 4. 2 Motif Kain Batik Tulis	35
Gambar 4. 3 Alur Produksi	36
Gambar 4. 4 Hasil dari Proses Nglowong	36
Gambar 4. 5 Proses Pewarnaan	37
Gambar 4. 6 Proses Penguncian.....	37
Gambar 4. 7 Proses Pelorodan Pertama	38
Gambar 4. 8 Canting sesuai proses yang digunakan.....	38
Gambar 4. 9 Proses Cecek.....	38
Gambar 4. 10 Hasil dari proses nembok	39
Gambar 4. 11 Hasil dari proses <i>packing</i>	40
Gambar 4. 12 <i>Current State Environmental Value Stream Mapping</i>	56
Gambar 4. 13 <i>Water Waste</i>	57
Gambar 4. 14 <i>Emission Waste</i>	58
Gambar 4. 15 <i>Garbage Waste</i>	58
Gambar 4. 16 Usulan Perbaikan <i>water waste</i>	67
Gambar 4. 17 <i>Dashboard Level Water Monitoring</i>	67
Gambar 4. 18 Usulan perbaikan <i>emission waste</i>	69
Gambar 4. 19 Usulan perbaikan <i>garbage waste</i>	70
Gambar 4. 20 <i>Future State Value Stream Mapping</i>	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Prihandono & Religi (2019) diantara negara-negara G20, Indonesia berada di urutan kedua dalam hal tingkat pencemaran air yang disebabkan oleh industri tekstil dengan jumlah sebesar 29,25% (Prihandono & Religi, 2019). Sedangkan, menurut data yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam buku Statistik Indonesia 2023 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) terdapat lebih dari separuh kualitas air sungai di 34 provinsi termasuk provinsi terbaru Papua berstatus mengalami pencemaran. Dari 111 sungai, 81 di antaranya (sekitar 72,97%) tercemar ringan, sedangkan 8,11% lainnya tercemar ringan–tercemar sedang. Sembilan sungai lagi (8,11%) memenuhi baku mutu air sungai, dan tujuh sungai lainnya (6,31%) memenuhi baku mutu–tercemar ringan. Selain itu, lima sungai (4,5%) tergolong tercemar sedang, salah satu diantaranya adalah sungai citarum yang terletak di Jawa Barat. Sungai Citarum yang dikenal sebagai salah satu sungai yang tercemar di dunia, mengalami kerusakan parah akibat aktivitas industri yang tidak bertanggung jawab (Prihandono & Religi, 2019). Berdasarkan hasil laboratorium menunjukkan 9 dari 31 pabrik yang teridentifikasi melakukan pelanggaran dengan membuang limbah langsung ke Sungai Citarum dengan 20.000 ton hingga 340.000 ton air limbah dari 2.000 Industri tekstil dibuang ke saluran air Sungai Citarum setiap harinya (Sulistyarini, 2021).



Gambar 1. 1 Statistik Sungai Tercemar di Indonesia

Sumber : (BPS, 2023)

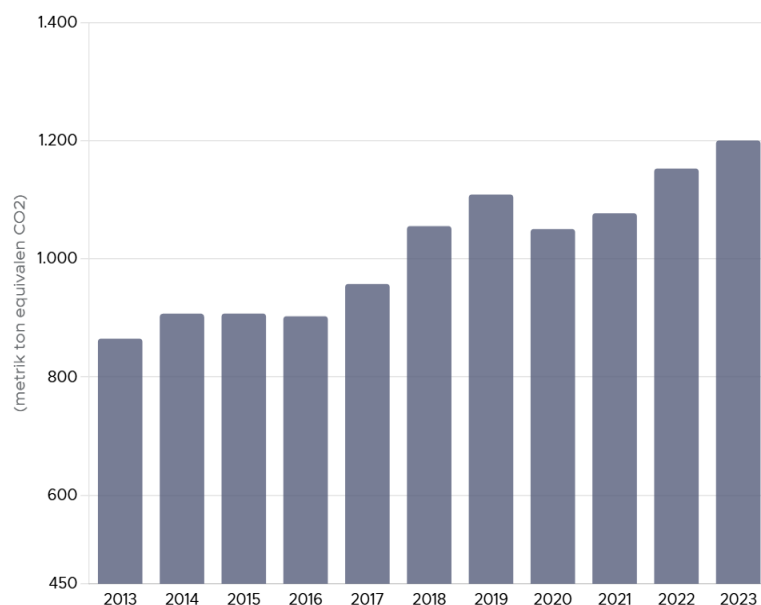
Salah satu subsektor industri tekstil Indonesia adalah Industri Kecil dan Menengah Batik (IKM) Batik. Industri Kecil Menengah (IKM) didefinisikan sebagai kegiatan usaha yang dijalankan oleh individu atau perseorangan, rumah tangga, atau badan usaha skala kecil. Adapun kontribusi sektor IKM terhadap ekonomi DIY sebesar 79,6 persen dari Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) DIY, dengan jumlah unit usaha IKM tumbuh rata-rata 8,45 persen pertahun, dan jumlah omzet tumbuh rata-rata 1,37 persen pertahun. Untuk penyerapan tenaga kerja, IKM mempunyai andil sebesar 23-25 persen dalam penyerapan Angkatan Kerja. (Erta Apriliana & Asnita Frida Sebayang, 2024). Salah satu IKM yang banyak berkembang di Daerah Istimewa Yogyakarta adalah IKM yang bergerak dalam produksi batik.

Pada proses produksi batik, pewarnaan menjadi tahapan penting untuk menentukan hasil dari kualitas warna yang dihasilkan. Dalam proses pewarnaan pada saat pembuatan batik digunakan dua jenis pewarna yaitu pewarna sintetis dan pewarna alami. Pewarna alami merupakan pewarna yang berasal dari alam yang biasanya diperoleh dari hasil ekstraksi berbagai bagian tumbuhan seperti buah, daun, akar, kulit kayu, bunga, dan biji. Sedangkan pewarna sintetis merupakan pewarna yang diolah dari bahan-bahan kimia (Herman et al., 2020). Untuk pewarna yang kerap kali digunakan yaitu pewarna sintetis karena mudah untuk didapat seperti Indigosol, naphthol dan remasol dalam pewarnaan batik umumnya digunakan karena warnanya yang cemerlang dan tahan terhadap luntur. Namun, limbah yang dihasilkan dari penggunaan pewarna sintetis sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan jika tidak apabila tidak ada penanganan yang tepat untuk limbah batik itu, salah satunya yaitu pewarna remasol bersifat karsinogenik sehingga dapat menyebabkan penyakit seperti kanker pada kulit (Rizkia & Hendrasarie, 2022).

Dalam konteks keberlanjutan lingkungan, industri kecil dan menengah (IKM) seperti produksi batik tulis menghadapi tantangan juga dalam menyeimbangkan antara efisiensi produksi dan tanggung jawab lingkungan. Salah satunya adalah pada tahap *Packing* biasanya yang menggunakan pembungkus sebagai medianya. Pembungkusan merupakan salah satu aspek penting dalam proses produksi batik, dimana pembungkus yang kerap kali digunakan adalah plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*). LDPE dipilih karena sifatnya yang ringan, fleksibel, dan tahan air, sehingga mampu melindungi produk batik dari kerusakan selama distribusi. Namun disamping penggunaannya yang memiliki keunggulan tersendiri, plastik berjenis LDPE itu malah

sulit untuk terurai hingga bertahun-tahun sehingga dapat mencemari lingkungan (Jiang et al., 2020).

Di sisi lain, tingginya emisi gas rumah kaca juga menjadi perhatian, menurut data *Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)* yang dapat dilihat pada tabel emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh Indonesia telah meningkat 38,77% dalam rentang tahun 2013 hingga tahun 2020. Pada tahun 2013 Indonesia memproduksi sebesar 864,85 mt CO₂/tahun. Pada tahun 2023 emisi gas rumah kaca di Indonesia meningkat ke angka 1200,20 mt CO₂/tahun. Salah satu penyebab tingginya peningkatan emisi di Indonesia dari tahun ke tahun adalah penggunaan bahan bakar yang belum ramah lingkungan, satu diantaranya adalah penggunaan kayu sebagai bahan bakar (Alfathi, 2024).



Gambar 1. 2 Statistik Emisi Gas Rumah Kaca

Sumber : (Crippa, 2024)

Kayu digunakan karena dianggap murah dan menghasilkan panas yang besar, maka dari itu banyak Industri Kecil Menengah menggunakan kayu sebagai bahan bakarnya, salah satunya adalah Industri Kecil Menengah yang bergerak dalam produksi batik. Tapi disisi lain kayu polusi Udara yang dihasilkan dari pembakaran kayu menghasilkan partikel halus dan senyawa berbahaya lainnya yang dapat mencemari udara. Gangguan pernapasan, penyakit jantung, dan kanker adalah beberapa masalah kesehatan yang dapat disebabkan oleh paparan terhadap polutan ini. Orang-orang yang

tinggal di sekitar lokasi pembakaran kayu berisiko tinggi terhadap dampak kesehatan jangka panjang dari aktivitas ini (Goals, 2018).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan peneliti terdapat permasalahan yang dapat dijumpai pada IKM Batik Tulis Sidomukti yang berada di Yogyakarta. Dalam proses jalannya produksi IKM Batik Tulis Sidomukti masih perlu dilakukannya pengkajian ulang mengenai pengelolaan bahan penunjang yang digunakan serta *Environmental Waste* yang dihasilkan untuk meningkatkan kesadaran serta kemampuan pengrajin dalam mengelola *environmental waste* secara lebih bertanggung jawab dan ramah lingkungan karena diketahui dalam pengamatan peneliti IKM Sidomukti masih belum sepenuhnya dapat mengelola *environmental waste* dengan baik. Salah satunya adalah polusi yang dihasilkan dari proses Pelorodan yang mana masih menggunakan kayu sebagai bahan bakarnya. Dengan hal tersebut peneliti menemukan pekerja di sekitar IKM tersebut beberapa kali mengalami gangguan pernapasan seperti batuk dan iritasi mata. Meskipun dampaknya ringan pada awalnya, apabila terjadi paparan dalam jangka yang panjang atau dalam jumlah yang lebih besar dapat menyebabkan masalah kesehatan yang lebih serius. Selain masalah polusi udara, IKM Batik Tulis Sidomukti juga menghadapi tantangan dalam mengelola limbah yang dihasilkan, termasuk limbah plastik, khususnya LDPE yang mana sulit untuk terurai dalam waktu yang singkat. Tanpa adanya kesadaran dan edukasi mengenai pengelolaan limbah yang baik terhadap Kemasan yang dibawa pulang oleh pelanggan, maka hal tersebut dapat berkontribusi pada pencemaran lingkungan dan mengancam kesehatan masyarakat sekitar. Selain itu, pada IKM Sidomukti juga terjadi pada bahan bakar dan penggunaan air secara berlebihan, hal ini tentunya dapat berdampak terhadap ketersediaan sumber air.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan salah satu alat (*tools*) yang dapat dipakai yaitu *environmental value stream mapping* dalam penerapan untuk mengetahui adanya *environmental waste* atau bahan buangan lingkungan yang terjadi pada saat proses produksi batik tulis motif batik truntum. Motif batik truntum sendiri dipilih sebagai fokus dalam penelitian ini dikarenakan motif tersebut merupakan salah satu batik yang sering digunakan dalam acara pernikahan. Serta, berasal dari suku yang paling mendominasi di Indonesia yaitu suku Jawa (Pitoyo & Triwahyudi, 2018). Badan Perlindungan Lingkungan AS menjelaskan E-VSM merupakan kombinasi metode antara metode *Value Stream Mapping* dengan aspek lingkungan untuk memvisualisasikan keadaan sistem produksi dan gambaran lingkungan saat ini dengan

tujuan untuk mengetahui potensi perbaikan yang dapat dilakukan dengan cara mengeliminasi *environmental waste* yang berdampak terhadap lingkungan sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi (Huang & Tomizuka, 2017).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi praktis bagi pelaku pengusaha batik tulis untuk meningkatkan efisiensi serta keberlanjutan dalam proses produksi batik pada IKM Sidomukti. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam studi tentang pengelolaan produksi yang ramah lingkungan di sektor industri batik. Serta, diharapkan para pengusaha batik tulis dapat tidak hanya meningkatkan kualitas produk mereka, tetapi juga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan.

1.2 Rumusan masalah

IKM Batik Tulis Sidomukti telah menerapkan beberapa langkah mitigasi untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses produksinya, terutama dengan membangun sembilan sumur resapan. Sumur resapan ini berfungsi untuk mengelola limbah cair yang dihasilkan selama tahap pelorodan, pewarnaan, dan penguncian, yang merupakan bagian penting dari upaya pengurangan dampak lingkungan. Namun, meskipun upaya ini telah membantu mengurangi sebagian limbah yang dihasilkan, IKM Sidomukti masih menghadapi berbagai tantangan dalam mengelola *environmental waste* lainnya.

Limbah-limbah ini, seperti tingginya emisi karbon yang dihasilkan pada proses produksi dan penggunaan plastik yang sulit untuk terurai pada proses produksi, belum sepenuhnya dapat diminimalkan atau didaur ulang dengan baik. Serta, penggunaan air secara berlebihan pada proses produksi. Pada proses produksi batik tulis IKM Sidomukti, Pembakaran kayu menghasilkan emisi yang berdampak buruk pada kualitas udara sekitar yang berdampak langsung terhadap kesehatan pekerja yaitu gangguan pernapasan seperti Batuk dan iritasi mata. Selain itu, plastik yang digunakan untuk membungkus produk batik memiliki sifat sulit terurai dan berkontribusi pada penumpukan sampah yang berpotensi mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Serta, terdapat penggunaan air secara berlebihan dalam proses produksi batik yang dapat berdampak terhadap penurunan ketersediaan sumber air.

1.3 Pertanyaan Penelitian

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

1. *Environmental Waste* apa saja yang terjadi pada proses batik tulis IKM Sidomukti?
2. Apa akar penyebab dari terjadinya *Environmental Waste* pada proses produksi batik tulis di IKM Sidomukti?
3. Apa usulan yang dapat diberikan pada produksi batik tulis IKM Sidomukti?
4. Perubahan apa yang terjadi setelah berdasarkan usulan perbaikan pada *environmental waste*?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk:

1. Untuk mengidentifikasi *environmental waste* yang terjadi pada proses batik tulis di IKM Sidomukti
2. Untuk mengetahui penyebab dari terjadinya *environmental waste* pada proses produksi batik tulis di IKM Sidomukti
3. Untuk memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi *environmental waste* yang terjadi pada produksi batik tulis di IKM Sidomukti
4. Untuk mengetahui perubahan usulan perbaikan pada *environmental waste*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti
Penelitian ini dapat membantu peneliti untuk mengembangkan kemampuan dan keterampilan terkait penerapan konsep *green manufacturing* dalam mengidentifikasi dan mengeliminasi *environmental waste* pada suatu proses produksi agar tidak merusak lingkungan
2. Bagi Perusahaan
Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan bagi IKM dalam melakukan perbaikan berdasarkan implementasi *green manufacturing* dan mengeliminasi *waste* didalam suatu proses produksi agar tidak merusak lingkungan di IKM itu sendiri

1.6 Batasan Penelitian

Adapun Batasan dari Penelitian ini diantaranya:

1. Penelitian ini dilakukan pada rantai produksi di IKM Batik Tulis Sidomukti
2. Jenis motif yang diidentifikasi yaitu motif truntum
3. Penelitian ini hanya sampai pada tahap *Future State Mapping* dan tidak memperhitungkan biaya-biaya terkait usulan yang diberikan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur bertujuan untuk menjaga kredibilitas penelitian karena sumbernya berasal dari jurnal, proseding, dan buk. Selain itu, kajian literatur berisi informasi tentang penelitian sebelumnya yang serupa dan relevan dengan penelitian ini dan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian saat ini. Beberapa penelitian sebelumnya digunakan sebagai referensi:

Penelitian yang dilakukan oleh Zhu et al. (2020) yang berjudul “*Application of green-modified value stream mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study*” bertujuan untuk Membantu suatu unit manufaktur tertentu yang memproduksi bagian logam cetak dalam mengidentifikasi peluang perbaikan untuk menghilangkan limbah dan meningkatkan efisiensi sumber daya dalam mengintegrasikan dan menerapkan praktik produksi ramping dan hijau. Hasil dari penelitian ini Setelah penerapan perbaikan pada model *Green Manufacturing Value Stream Mapping* (GMVSM), terjadi penurunan emisi karbon total sebesar 39,2%, dengan efisiensi karbon meningkat dari 2,87 s/kg CO₂ menjadi 5,952 s/kg CO₂, atau meningkat sebesar 107,4%. Waktu NVA berkurang secara signifikan dari 629.520 detik menjadi 220.800 detik, atau turun sebesar 64,9%, sedangkan konsumsi NVA turun dari 17,666 kWh menjadi 7,314 kWh. Pengurangan emisi karbon NVA mencapai 17,628 kg CO₂, dan limbah emisi karbon berlebih berkurang sebesar 30.131,84 kg CO₂. Emisi karbon dari persediaan berkurang dari 35,253 kg CO₂ menjadi 17,626 kg CO₂, sementara emisi karbon dari proses transportasi berkurang sebesar 0,976 kg CO₂. Pengurangan emisi karbon akibat produk cacat mencapai 903,955 kg CO₂. Waktu produksi juga berkurang dari 23,6 hari menjadi 8 hari, dan tingkat kelulusan produk meningkat dari 98% menjadi 99,5%. Selain itu, waktu pemrosesan dipersingkat dari 248 detik menjadi 237 detik (Zhu et al., 2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Prayugo & Zhong (2021) yang berjudul “*Green productivity: waste reduction with green value stream mapping. A case study of leather production*” bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan di perusahaan manufaktur PT Rajapaksi Adya Perkasa berdasarkan konsep Green Manufacturing dengan menganalisis 7 Green Waste yaitu energi, air, limbah, sampah,

emisi, transportasi, dan keanekaragaman hayati yang divisualisasikan menggunakan *tools Value Stream Mapping*. Setelah dilakukannya usulan perbaikan pada penelitian ini terjadi penurunan 7 Green Waste pada produksi kulit yaitu diantaranya Konsumsi energi menurun di setiap tahap, seperti pada proses *cutting* dari 742 KWH menjadi 672 KWH, *stitching* dari 336 KWH menjadi 253 KWH, dan *assembling* dari 425 KWH menjadi 164 KWH. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan efisiensi energi dalam proses produksi. Penggunaan air juga berkurang secara signifikan, terutama pada tahap *cutting* dan *stitching*, yang mengindikasikan bahwa teknologi atau metode yang lebih hemat air telah diadopsi. Selain itu, juga terjadi penurunan dengan penurunan jarak tempuh yang berbanding lurus dengan perubahan emisi, seperti pada proses *cutting* yang turun dari 30 km (emisi 7,03 kg) menjadi 25 km (emisi 4,07 kg), dan transportasi ke *downstream industry* yang turun dari 65 km (emisi 14,78 kg) menjadi 55 km (emisi 8,13 kg), serta Penggunaan material dan jumlah limbah juga menurun di setiap proses, seperti pada tahap *cutting* di mana limbah berkurang dari 14,8 kg menjadi 13,59 kg, serta pada tahap *stitching* yang berkurang dari 5,9 kg menjadi 4,96 kg (Prayugo & Zhong, 2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Lintang & Harwanti (2019) yang berjudul “*The implementation of green lean manufacturing in small scale industry: Reduction energy waste and emission*” bertujuan untuk menerapkan konsep green lean manufacturing di industri skala kecil. *Green lean manufacturing* dicapai melalui penghematan energi dan pengurangan emisi. Hasil dari perancangan *Future State Environmental Value Stream Mapping* yang telah dilakukan terjadi penurunan waktu siklus sebesar 3,9% sehingga berdampak pada konsumsi energi yang digunakan juga sebesar 14%. Sedangkan emisi yang dikeluarkan proses produksi batik cap mengalami penurunan setelah dilakukan penghematan energi dan penggantian kayu bakar sebesar 63% (Lintang & Harwanti, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Hartini et al. (2021) yang berjudul “*Sustainable-value stream mapping to improve manufacturing sustainability performance: Case study in a natural dye batik SME's*” bertujuan untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan manufaktur pada UKM pewarna batik alami dengan menggunakan *Sustainable-Value Stream Mapping* (Sus-VSM) yang dapat meningkatkan indikator keberlanjutan ekonomi, lingkungan, dan sosial. Adapun hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu mengurangi waktu setup dan transportasi dengan memperbaiki tata letak tempat kerja menggunakan prinsip 5S dan peralatan material handling, mengurangi penggunaan

material berlebih dengan cara menggunakan lilin malam kembali dengan cara menggunakan gondorukem sehingga dapat mengurangi konsumsi lilin hingga 60%, Instalasi pengolahan air limbah untuk mengurangi konsumsi air dan meningkatkan efisiensi limbah yang diolah, serta menyediakan program pelatihan untuk meningkatkan produktivitas dan kesadaran karyawan dalam menggunakan alat pelindung diri (Hartini et al., 2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Budihardjo & Hadipuro (2022) yang berjudul "*Green Value Stream Mapping: A Tool For Increasing Green Productivity (The Case of PT. NIC)*" bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi dan sumber daya dalam proses produksi roti manis di PT. NIC Semarang. Hasil dari penelitian tersebut adalah PT. NIC berhasil mencapai pengurangan signifikan dalam konsumsi energi dan air, yaitu penurunan konsumsi listrik sebesar 51,4%, LPG sebesar 24,42%, dan penggunaan air sebesar 60%, serta pengurangan penggunaan air dari 129 kubik meter menjadi 38 kubik meter per bulan dengan cara penerapan sistem perpipaan baru (BudihardjoS & Hadipuro, 2022).

Penelitian yang dilakukan Sultan et al (2021) yang berjudul "*A Simulation-Based Performance Investigation of Downstream Operations in The Indian Surimi Supply Chain using Environmental Value Stream Mapping*" bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasi hilir rantai pasokan surimi di India saat ini, merekomendasikan perbaikan agar lebih berkelanjutan, dan menganalisis kinerja berbagai skenario integrasi rantai pasokan untuk mendapatkan skenario yang paling efisien secara ekonomi dan ramah lingkungan. Hasil dari penelitian tersebut yaitu energi dan total emisi yang ditemukan adalah 14331.13 kg CO₂ dapat dikurangi setelah dilakukannya perbaikan menjadi 14331.13 kg CO₂. Selain itu, terdapat penghematan energi setelah dilakukannya perbaikan sebesar 5,96 % (Sultan et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Siegel et al. (2019) yang berjudul "*Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework*" bertujuan untuk mengetahui tools apa yang kerap kali digunakan untuk mereduksi *green waste* dalam konsep *green manufacturing*. Hasil dari penelitian tersebut alat "5S" merupakan tools yang paling dominan dalam penerapan *Green* dan *Lean Tools*, dengan tingkat penggunaan mendekati 80%. Hal ini menunjukkan bahwa 5S, yang berfokus pada efisiensi tempat kerja melalui pengaturan dan kebersihan, sangat diandalkan dalam mendukung praktik *Lean* dan *Green Manufacturing*. Di sisi lain, alat-

alat seperti *Total Productive Maintenance (TPM)*, *Value Stream Mapping (VSM)*, dan *Visual Control/Workplace Management* digunakan dalam tingkat yang lebih rendah, sekitar 50%. Alat-alat terkait keberlanjutan, seperti *Eco-design*, ISO 14001, dan *Life Cycle Assessment (LCA)*, memiliki penerapan yang relatif rendah, berada di bawah 30%, yang menunjukkan bahwa meskipun penting untuk aspek lingkungan, adopsinya belum maksimal (Siegel et al., 2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Alavi et al. (2023) yang berjudul “*Providing a Green Value Stream Map to Improve Production Performance*” bertujuan untuk mengurangi kerugian lingkungan pada industri semen dengan pemetaan aliran nilai guna menentukan jumlah limbah dan polusi lingkungan yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode yang disebutkan di atas dalam proses jalur produksi utama perusahaan semen, sekitar 30% limbah dan polusi berhasil dikurangi (Alavi et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Heravi et al. (2020) yang berjudul “*Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings’ pre-fabricated steel frames using lean techniques*” bertujuan untuk meningkatkan proses produksi, transportasi, dan pemasangan komponen rangka baja prafabrikasi (PSF) guna untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi CO₂. Hasil dari penelitian ini adalah konsumsi energi berkurang 9,2%, sedangkan untuk emisi CO₂ berkurang sebesar 4,4% (Heravi et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Schoeman et al. (2021) yang berjudul “*Value Stream Mapping as a Supporting Management Tool to Identify the Flow of Industrial Waste: A Case Study*” bertujuan untuk mengidentifikasi, mendemonstrasikan, dan mengevaluasi limbah industri besi dan baja di Afrika Selatan. Hasil dari penelitian ini metode *Value Stream Mapping* yang diterapkan pada besi dan baja di Afrika Selatan berhasil memvisualisasikan dan menganalisis aliran limbah serta mengurangi limbah yang dihasilkan sebesar 28% dan biaya pengangkutan limbah sebesar 28% (Schoeman et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Pujiyanto et al. (2022) yang berjudul “*Pengukuran Kinerja Green Manufacturing Pada Industri Tahu Sumedang Untuk Meningkatkan Kinerja Terhadap Lingkungan Menggunakan GSCOR Dan LCA*” bertujuan untuk mengetahui objek yang diteliti yaitu industri Tahu Sari Kedelai tergolong sebagai industri yang sudah menerapkan sistem green manufacturing atau tidak, oleh karena itu perlu

dilakukan evaluasi menggunakan GSCOR dan LCA guna untuk mengetahui nilai kerja dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Hasil pengukuran kinerja dengan metode GSCOR pada industri Sari Kedele memiliki nilai sebesar 79,78 yang termasuk dalam kategori baik. Sedangkan, Analisis dampak lingkungan dinilai dengan fokus pada emisi GRK (Gas Rumah Kaca) yang menggunakan LCA dengan pendekatan ISO 14040, menghasilkan nilai emisi GRK CO₂-eq/kg tahu sebesar 3,7107 untuk satu kali produksi dan efisiensi energi yang diperhitungkan yaitu sebesar 23,18 %, maka energi yang terlepas selama proses perebusan sebesar 76,82 % dari energi input. Alternatif perbaikan yang direkomendasikan dari hasil perhitungan dan analisis pada kegiatan industri Tahu Sari Kedelai yaitu pemanfaatan limbah cair menjadi biogas, penggantian sistem dan bahan bakar proses perebusan kedelai, melakukan pelaksanaan produksi bersih, dan penanaman pohon disekiter area pabrik (Pujiyanto et al., 2022)

Penelitian yang dilakukan oleh Prabowo & Ahmad Puji Suryanto (2019) yang berjudul "Implementasi *Lean* dan *Green Manufacturing* Guna Meningkatkan *Sustainability* pada PT. Sekar Lima Pratama" bertujuan untuk meningkatkan ketahanan perusahaan (*sustainability*) terhadap persaingan usaha melalui pengurangan pemborosan dengan metode lean dan memberikan perhatian penuh terhadap kelestarian lingkungan pada manufaktur (*concern in environment cl.* Terdapat hasil dari penelitian ini diantaranya yaitu waste yang terjadi pada proses finishing kain katun yang didapat menggunakan konsep *lean manufacturing* meliputi *waste delays (waiting time)*, *process*, dan *defect*. Serta, dilakukannya perbaikan dengan memanfaatkan limbah kondensat sebagai umpan boiler, sisa air pendingin mesin sigeing yang dimanfaatkan kembali untuk proses penghilangan kanji, memanfaatkan air sisa cucian bleaching untuk proses scouring, dan melakukan rekayasa untuk komponen mesin yang masih bisa digunakan guna untuk meningkatkan konsep *green manufacturing* dari level perusahaan *Chemical-Pre-treatment Pre-Treatment* menjadi *level Reycling* dan *Reuse of Materials* (Prabowo & Suryanto, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Kurnia et al. (2022) yang berjudul "Integrasi *Lean* dan *Green Manufacturing* Untuk mengurangi Pemborosan Proses dan Limbah Kertas Rekrutmen Karyawan Pada Industri Manufaktur di Indonesia" bertujuan untuk mengurangi LT proses rekrutmen pada industri PA dan mengurangi limbah pemakaian kertas untuk memberikan perhatian penuh terhadap kelestarian lingkungan pada industri manufaktur dengan menggunakan integrasi metode *Lean Manufacturing* dengan *Green*

Manufacturing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lead Time rekrutmen turun dari 17,9 hari menjadi 16,4 hari, atau penurunan rasio sebesar 8,37%. Limbah kertas, atau berkas lamaran, dapat dihilangkan dari 191,6 kilogram per bulan menjadi 0 kilogram per bulan. *Process Time* turun dari 76,21 jam menjadi 74,20 jam, atau penurunan sebesar 2,63%. Hasil penelitian ini telah membantu industri *Pro Audio* menjadi lebih hijau karena dapat mengurangi limbah kertas yang dapat mencemari lingkungan (Pujiyanto et al., 2022)

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dan Yuliatwati (2023) yang berjudul “Pengukuran Kinerja Operasional Perusahaan Meubel Berdasarkan Konsep Green Manufacturing Untuk Mewujudkan Keberlanjutan Proses”. penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja operasional perusahaan meubel XXX berdasarkan konsep green manufacturing untuk mendukung sistem manufaktur yang berkelanjutan. Hasil dari penelitian menunjukkan terdapat dua indikator yaitu intensitas limbah dan intensitas pencemaran udara yang memerlukan evaluasi lebih lanjut agar perusahaan menjadi lebih baik dalam menerapkan konsep green manufacturing dengan masing masing sebesar 12,25 kg/unit produk dan 0,80 kg/unit produk. Serta terdapat enam indikator yang memiliki nilai “Nihil” yang berarti pada saat proses produksi berlangsung perusahaan tidak menggunakan bahan ataupun energi sehingga tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Karena hasil tersebut, kinerja operasional perusahaan meubel XXX terkait green manufacturing masuk dalam kategori Advance (Prasetyo & Yuliatwati, 2023)

Penelitian yang dilakukan oleh Mustakim et al. (2021) yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Campuran Batako Dalam Implementasi *Green Manufacturing*” bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk batako dengan memanfaatkan limbah plastik, serta menentukan komposisi untuk pembuatan batako. Hasil dari penelitian ini Kualitas batako dengan campuran limbah botol plastik sampel layak digunakan sebagai kontruksi bangunan karena hasil kuat tekan rata-rata yang di dapat adalah 8,756366 (Mpa), sedangkan kuat tekan batako pada umumnya hanya 3-5 Mpa. Komposisi bahan baku yang optimal dan memiliki kuat tekan rata-rata dari 3 replikasi pada sampel 8 (13,5275 Mpa) dimana memiliki komposisi semen dan agregat (1:07), air dan semen (40% : 60%), limbah botol plastic (25%), pasir dan abu batu (60%:40%), sehingga dengan nilai kekuatan 13,5275 Mpa komposisi ini layak untuk digunakan (Mustakim et al., 2021).

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis	Tahun	Metode Penelitian		
			<i>Green Manufacturing</i>	EVSM	PAM
1	Zhu et al.	2020	√	√	
2	Prayugo & Zhong	2021	√	√	
3	Lintang & Harwanti	2019	√	√	√
4	Hartini et al.	2021	√	√	√
5	Budihardjo & Hadipuro	2022	√	√	
6	Sultan et al.	2021	√	√	√
7	Siegel et al.	2019	√		
8	Alavi et al.	2023	√		
9	Heravi et al.	2020	√	√	
10	Schoeman et al.	2021	√	√	
11	Pujianto et al.	2022	√	√	
12	Prabowo & Suryanto	2019	√	√	
13	Kurnia et al.	2022	√	√	
14	Prasetyo & Yuliawati	2023	√	√	
15	Mustakim et al.	2021	√	√	

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Green Manufacturing*

Green Manufacturing merupakan sebuah pendekatan yang dilakukan untuk mendorong sistem yang berkesinambungan dari perbaikan lingkungan proses industri dan produk yang dihasilkannya agar mengurangi atau mencegah polusi udara, air, dan tanah, mengurangi limbah, dan meminimasi resiko terhadap manusia ataupun spesies lainnya (Auliya et al., 2021). *Green Manufacturing* menjadi kebutuhan untuk pembangunan jangka panjang, serta menjadi keunggulan kompetitif bagi perusahaan manufaktur modern. Hal ini memanfaatkan filosofi perlindungan lingkungan dan konservasi energi dalam kegiatan industri untuk mengurangi limbah dalam industri, menghemat energi dan kelangkaan sumber daya, serta meminimalkan kontaminasi terhadap lingkungan (Basit, 2022).

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 (Lesmana et al., 2024). 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 saling mempengaruhi antara ketiganya harus dipenuhi sehingga perusahaan bisa tetap berkembang tanpa menimbulkan dampak buruk pada lingkungan (Hanafi, 2016).

2.2.2 Perbandingan *Lean Manufacturing* dan *Green Manufacturing*

Perbandingan antara *lean manufacturing* dan *green manufacturing* merupakan hal yang menarik. Meskipun memiliki tujuan akhir yang berbeda, kedua frasa tersebut sering digunakan secara bergantian. *Lean manufacturing* berkonsentrasi pada pengurangan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah, sedangkan *green manufacturing* dikaitkan dengan manufaktur berkelanjutan, yang bertujuan untuk meminimalkan dampak buruk terhadap lingkungan dan menghemat energi dan sumber daya alam yang disebabkan beberapa beberapa bentuk limbah (Aisyah & Suparno, 2018).

2.2.3 Environmental Waste

Berikut merupakan tujuh jenis *environmental waste* yang berdampak pada lingkungan sekitar (Wills, 2020) :

1. *Energy Waste*

Energy Waste yang dimaksud berasal dari seluruh sumber daya bahan bakar yang digunakan secara berlebihan dan dapat berpotensi merusak lingkungan, sehingga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Tujuan utamanya yaitu meminimalkan penggunaan daya serta diharapkan menggunakan energi yang lebih bersih guna mengurangi dampak lingkungan.

2. *Water Waste*

Water Waste atau limbah air disebabkan oleh penggunaan air lebih dari yang dibutuhkan, atau pemborosan air, baik terkontaminasi atau tidak. Pembuangan air yang terkontaminasi dan Penggunaan Air Secara berlebih berpotensi berdampak merugikan terhadap lingkungan disekitarnya, sehingga tujuan utamanya adalah mengurangi penggunaan air berlebih dan menghilangkan limbah air tersebut sehingga dapat mengurangi potensi membahayakan terhadap lingkungan.

3. *Material Waste*

Limbah material ini dihasilkan dari bahan mentah yang tidak dapat digunakan kembali atau didaur ulang dan mungkin mengandung senyawa berbahaya sehingga menimbulkan kerugian ekonomi dan dampak buruk terhadap lingkungan. Jadi, yang diperlukan adalah mengembangkan dan memproduksi barang-barang dari bahan yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali tanpa toksisitas.

4. *Garbage Waste*

Sampah ini berasal dari segala sesuatu yang dibeli atau dibayar dan akan dibuang sehingga menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Sehingga diharapkan seluruh sampah dapat dihilangkan dengan menghasilkan sampah yang dapat didaur ulang secara sempurna atau dengan membuang sampah yang mudah terurai.

5. *Transportation Waste*

Transportation Waste disebabkan oleh penggunaan moda transportasi yang berlebihan dan boros, sehingga menambah biaya dan juga berdampak buruk terhadap lingkungan. Transportation Waste ini berfokus pada moda transportasi dan jarak yang ditempuh, dibandingkan emisi dan penggunaan bahan bakar. Ada manfaat ekonomi dari pengurangan limbah transportasi.

6. *Emissions Waste*

Limbah Emisi mengacu pada penciptaan dan pembuangan kontaminan ke atmosfer, yang bertujuan untuk meminimalkan polusi dengan menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan.

7. *Biodiversity Waste*

Limbah *Biodiversity Waste* muncul dalam dua bentuk: pertama, dari kerusakan langsung terhadap flora, fauna, dan organisme yang diakibatkan oleh pembangunan infrastruktur dan yang kedua, dari penggunaan sumber daya alam secara berlebihan seperti Penebangan pohon dalam jumlah besar tanpa memperhatikan keseimbangan ekologis atau peraturan yang ada.

2.2.4 Process Activity Mapping

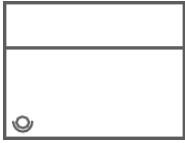

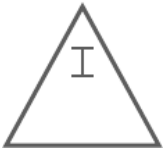
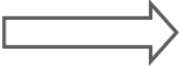


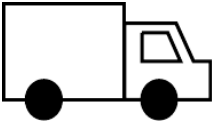
Peta ini mengidentifikasi pemborosan dalam aliran nilai dan mengoptimalkan proses untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas melalui penyederhanaan, kombinasi, atau penghapusan. Tujuan dari pemetaan ini adalah untuk lebih memahami alur proses, mendeteksi pemborosan, menentukan apakah suatu proses dapat direformasi menjadi lebih efisien, dan mengoptimalkan aliran nilai tambah (Ramadhika, 2019). Pendekatan ini melibatkan pembuatan gambaran alur produk dan informasi, pengukuran waktu untuk aktivitas, jarak yang ditempuh, dan tingkat persediaan produk pada setiap lini tahap produksi

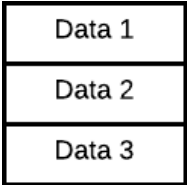



Pengenalan jenis-jenis aktivitas menjadi bagian kunci, di mana aktivitas dibagi menjadi lima kategori: operasi, transportasi, inspeksi, delay, dan penyimpanan (Mahen et al., 2023). Konsep dari PAM yaitu memetakan setiap tahapan aktivitas produksi dari kedatangan mulai operasi, *delay*, inspeksi, transportasi 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.

2.2.5 Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) adalah pemetaan aliran proses yang melibatkan aliran informasi dan material untuk menciptakan pendekatan kinerja yang unggul (James P. Womack, Daniel T. Jones, 2007). VSM diperlukan suatu benchmark dalam menentukan simbol- simbol dasar yang akan digunakan. Menurut (Lee & Snyder, 2007), simbol standar yang digunakan dalam pembuatan VSM adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Simbol *Value Stream Mapping*

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Process</i>	Simbol ini mewakili proses, operasi, mesin, atau departemen di mana aliran material terjadi.
	<i>Customer/ Supplier</i>	Simbol ini mewakili pemasok ketika berada di posisi kiri atas sebagai titik awal aliran material dan mewakili pelanggan ketika berada di posisi kanan atas sebagai titik akhir aliran material.
	<i>Inventory</i>	Simbol ini melambangkan penyimpanan bahan mentah, barang jadi, dan persediaan di antara kedua proses tersebut.
	<i>Shipment</i>	Simbol ini merepresentasikan perpindahan dari <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> sampai pada konsumen.
	<i>Push Arrow</i>	Simbol ini merepresentasikan material yang didorong dari proses sebelum ke proses sesudahnya. <i>Push</i> berarti suatu proses menghasilkan sesuatu tanpa memedulikan perlunya proses selanjutnya.
	<i>Electronic Info</i>	Simbol panah berkelok-kelok ini mewakili arus informasi elektronik seperti <i>e-mail</i> , Intranet, dan LAN (<i>local area network</i>)
	<i>External Shipment</i>	Simbol ini mewakili pengiriman dari pemasok atau pengiriman ke konsumen menggunakan transportasi eksternal.

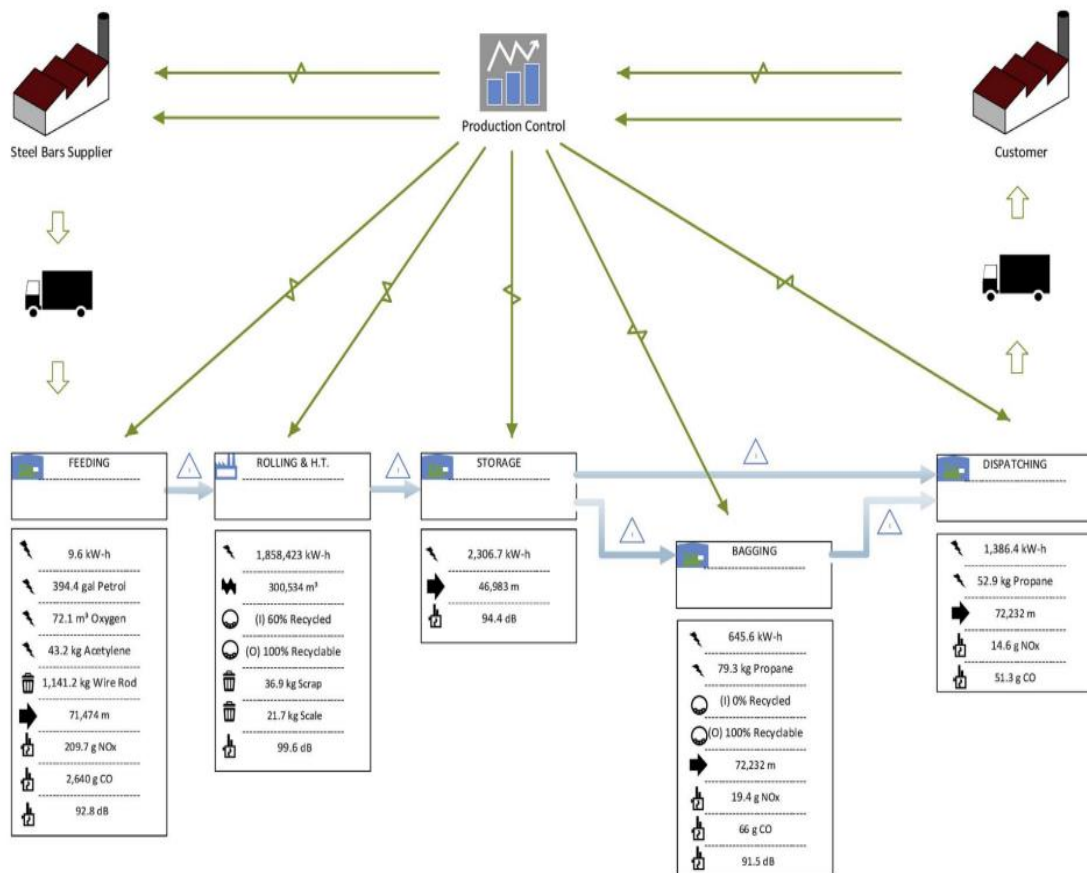
Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Data Box</i>	Simbol ini berada di bawah simbol process yang berisi data atau informasi yang diperlukan untuk analisis dan pengamatan suatu sistem. Informasi umum yang ditempatkan pada <i>data box</i> adalah <i>processing time</i> , <i>cycle time</i> , <i>delay time</i> , <i>lot size</i> , dan <i>lead time</i> .
	<i>Timeline</i>	Simbol ini mewakili garis waktu yang menunjukkan <i>value added time</i> dan <i>non value added time</i> . <i>Timeline</i> digunakan untuk menghitung <i>lead time</i> dan total <i>cycle time</i> .
	Operator	Simbol ini mewakili operator yang diperlukan untuk memproses produk/layanan di <i>workstation</i> .
	<i>Starburst</i>	Simbol ini digunakan untuk menyoroti kebutuhan kemajuan dan merencanakan perbaikan <i>Kaizen</i> pada proses yang dianggap <i>waste</i> .

2.2.6 Environmental Value Stream Mapping (EVSM)

Pengertian dari VSM sendiri merupakan alat yang menggambarkan seluruh proses yang ada pada suatu perusahaan. Dalam pengelolaan lingkungan hidup survei energi dan material digunakan dengan cara serupa yang dikemas dalam *Environmental Value Stream Mapping* sebagaimana dijelaskan oleh Badan Perlindungan Lingkungan AS, merupakan kombinasi metode antara metode *Value Stream Mapping* dengan lebih ditekankan pada aspek lingkungannya untuk memvisualisasikan keadaan sistem produksi dan gambaran lingkungan saat ini dengan tujuan untuk mengetahui potensi perbaikan yang dapat dilakukan dengan cara mengeliminasi pemborosan yang berdampak terhadap lingkungan sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi

(Huang & Tomizuka, 2017).

Tahap ini menghasilkan pemetaan keadaan saat ini atau yang juga bisa disebut *current state mapping*, yang dikenal sebagai peta awal. Pemetaan ini menggambarkan penyajian kegiatan yang memungkinkan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi *Environmental waste* dalam proses operasi produksi. Identifikasi limbah ini sangat penting untuk menemukan potensi guna memperbaiki efisiensi proses operasi dengan mengurangi atau menghilangkan *Environmental waste* yang telah diidentifikasi pada pemetaan masa depan atau bisa juga disebut dengan *Future State Mapping* (Garza-Reyes et al., 2018).



Gambar 2. 1 Contoh *Current Environmental Value Stream Mapping*







Sumber : (Garza-Reyes et al., 2018)

Pada gambar 2.1 merupakan contoh *Environmental Value Stream Mapping* yang berisi mengenai informasi waktu proses, energi, dan sebagainya yang dapat membantu


manajer untuk untuk, mengobtrol, mengukur, mengintegrasikan 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 *environmental waste* pada tiap tiap *waste* (Garza-Reyes et al., 2018)

Tabel 2. 3 Contoh Strategi untuk menghilangkan *environmental waste*


<i>Process Stages</i> <i>Wastes</i>	<i>Feeding of Raw Material</i>	<i>Helical Rolling and Heat Treatment</i>	<i>Storage</i>	<i>Bagging</i>	<i>Dispatch</i>
Energi 					
Air 		<ul style="list-style-type: none"> • Konservasi • Menggunakan kembali air yang belum terkontaminasi zat bahaya • Meminimalkan toksisitas 			
Material 		<ul style="list-style-type: none"> • 100% reuse • Daur ulang • Penggunaan yang sesuai tidak berlebihan • Penghapusan bahan yang memiliki dampak negatif 		<ul style="list-style-type: none"> • 100% reuse • Daur ulang • Penggunaan yang sesuai tidak berlebihan • Penghapusan bahan yang memiliki dampak negatif 	
Sampah 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Minimisation</i> • <i>Reuse</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Minimisation</i> • <i>Reuse</i> 			
Transportasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi 		<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jarak • Mencari <i>Alternative eco-friendly</i> transportasi
Emisi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi emisi pada sumber 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi emisi pada sumbernya 		<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi emisi pada sumbernya 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi emisi pada sumbernya

Tabel 2. 4 Contoh Kegiatan yang dianggap sebagai bagian dari strategi eliminasi



Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
<p>Energy</p> 	Konsentrasi Energi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan prosedur untuk memutuskan sambungan perangkat saat tidak diperlukan untuk bekerja • Memanfaatkan timer, sensor, dll. Untuk mematikan perangkat secara otomatis saat tidak digunakan • Mengatur operasi perangkat sesuai dengan intensitas tugas tertentu
	Sumber Alternatif	<ul style="list-style-type: none"> • Mengadopsi pembangkit energi seperti panas bumi, biomassa, kincir angin, panel surya, dan turbin hidro
	Penerapan teknologi manajemen energi yang efisien	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan energi untuk jangka waktu tertentu dalam sehari ketika daya total perangkat rendah

Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
		<ul style="list-style-type: none"> • Memindahkan penggunaan energi ke waktu non-sibuk
<p data-bbox="368 1099 507 1160">Water</p> 	<p data-bbox="683 1178 975 1267">Konservasi air sumber alternatif</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menerapkan prosedur operasional baik otomatis maupun manual untuk mematikan katup mesin/air ketika tidak diperlukan • Menerapkan prosedur operasional baik otomatis maupun manual untuk mematikan katup mesin/air ketika tidak diperlukan • Menerapkan program pemeliharaan untuk memperbaiki dispenser yang bocor • Menyelidiki apakah air dipasok dalam jumlah yang dibutuhkan dan pada saat dibutuhkan • Menggunakan teknologi hemat air

Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
	Minimalisasi toksisitas	<ul style="list-style-type: none"> • Menangani sistem air pertama yang mengeluarkan kandungan racun tertinggi dan yang memiliki dampak terbesar dalam mengurangi denda • Berkonsentrasi pada penghapusan sebagian besar racun berbahaya dari sumbernya • Jika menghilangkan sumber racun tidak memungkinkan, membersihkan racun dalam air adalah salah satu pilihan. • Klasifikasikan air buangan berdasarkan tingkat kekotorannya <ul style="list-style-type: none"> ▪ Air Bersih layak untuk diminum ▪ Air Abu-abu tidak layak untuk diminum tetapi dapat digunakan kembali
	<i>Reuse</i>	

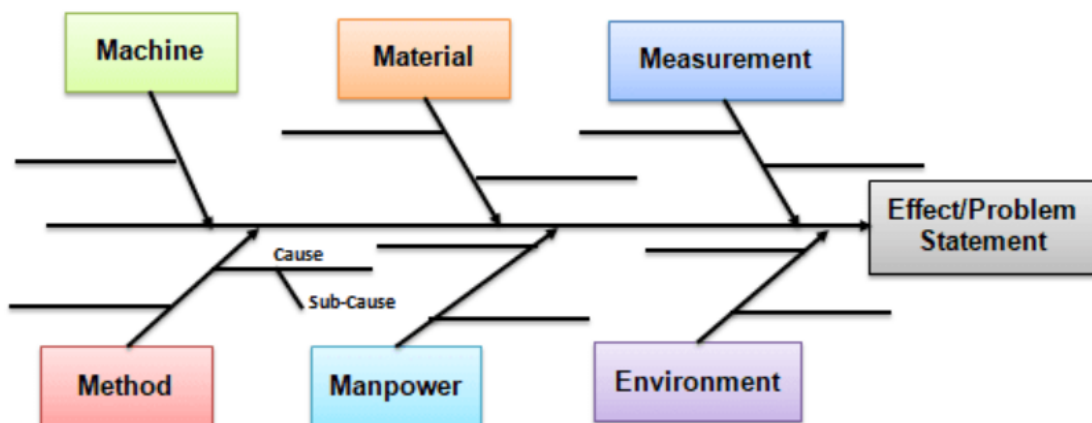
Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air Hitam harus diolah • Memutuskan dalam penggunaan jenis air
	100 % <i>Reuse</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Merancang proses yang memungkinkan suatu produk untuk kembali berfungsi setelah akhir masa pakainya
<p>Materials</p> 	Menggunakan Bahan daur ulang	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan bahan baku yang memiliki daya daur ulang yang lebih tinggi • Memproduksi barang yang sangat mudah didaur ulang
	Mengurangi Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> • Penerapan praktik yang efektif dan tidak melakukan pemborosan dalam material
	Penghapusan material berdampak negatif	<ul style="list-style-type: none"> • Menghilangkan bahan yang mempunyai resiko tinggi terhadap lingkungan dan sesuai dengan

Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
		perundang undangan terkait lingkungan
<p data-bbox="347 1041 528 1108">Garbage</p> 	<p data-bbox="683 907 975 940">Minimalisirs Sampah</p> <p data-bbox="788 1641 866 1675"><i>Reuse</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1058 448 1393 750">• Identifikasi asal sampah dengan mengidentifikasi proses/aktivitas tempat sampah dihasilkan <li data-bbox="1058 795 1393 1153">• Analisis apakah jumlah sampah dapat dikurangi/dihilangkan melalui perubahan pada proses/aktivitas yang menghasilkannya <li data-bbox="1058 1198 1393 1400">• Analisis material mana yang dapat didaur ulang atau diurai secara biologis <li data-bbox="1058 1444 1393 1870">• Mengubah ukuran, bentuk, atau karakteristik bahan yang digunakan agar dapat didaur ulang, digunakan kembali, atau terurai secara hayati
	<p data-bbox="699 1915 970 1948">Meminimalkan Jarak</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1058 1915 1393 1998">• Menerapkan praktik <i>cellular</i>

Limbah	Strategi	Tindakan/Alternatif
<p>Transportation</p> 	<p>Transportasi alternatif ramah lingkungan</p>	<p><i>manufacturing practies</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengadaptasi bahan bakar dan moda transportasi yang ramah lingkungan
<p>Emission</p> 	<p>Minimalisasi di sumbernya</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi sumber emisi lembar kerja penghapusan limbah. • Menganalisis apakah proses sesuai dengan desain parameter • Memastikan aktivitas dapat menggunakan sedikit emisi • Mencari pengganti emisi dengan yang lebih berish/ramah lingkungan • Mencari solusi untuk mengubah atau menghilangkan aktivitas yang memicu emisi yang besar

2.2.7 Fishbone Diagram

Diagram tulang ikan atau *fishbone diagram* yang dikenal juga dengan diagram sebab akibat pertama kali diperkenalkan oleh pencetusnya Kaoru Ishikawa (1915-1989), seorang profesor di Universitas Tokyo. Diagram tulang ikan merupakan alat yang umum digunakan untuk menganalisis sebab akibat untuk mengidentifikasi hubungan suatu masalah yang dikemas dalam bentuk seperti tulang ikan. Bagian-bagian diagram tulang ikan tersebut antara lain kepala ikan yang digunakan untuk menyatakan pokok permasalahan yang perlu diselesaikan, sirip yang digunakan untuk menuliskan kelompok permasalahan, dan tulang ikan yang digunakan untuk menyatakan alasannya untuk masalah tersebut (Division et al., 2021). Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi atau mencari kemungkinan penyebab masalah yang terjadi, dengan mengklasifikasi beberapa faktor yang biasa digunakan dalam suatu penelitian yaitu mesin (*machine*), manusia (*man*), metode (*method*), material (*material*), pengukuran (*measurement*) dan lingkungan (*environment*) atau biasa juga disebut dengan 5M1E (Makarín, 2024). Berikut merupakan contoh gambar dari *fishbone* diagram



Gambar 2. 2 Diagram Fishbone

Berikut adalah penjelasan mengenai setiap faktor-faktornya dalam diagram *fishbone* (Hessing, 2019):

1. *Method*: Metode mengacu pada prosedur, instruksi, dan teknik yang digunakan untuk melaksanakan proses. Metode mencakup prosedur operasi standar (SOP), instruksi kerja, alur proses, dan desain proses secara keseluruhan.
2. *Man*: mengacu pada sumber daya manusia yang terlibat dalam proses, termasuk operator, teknisi, dan supervisor. Fokusnya adalah pada keterampilan, pelatihan, dan keahlian orang-orang yang melaksanakan tugas.
3. *Measurement*: Melibatkan sistem dan instrumen pengukuran yang digunakan untuk menilai dan memantau proses. Berfokus pada akurasi, presisi, kalibrasi, dan keandalan perangkat pengukuran.
4. *Machine*: Mesin merupakan peralatan, mesin, dan perkakas yang digunakan dalam proses. Mesin mencakup faktor-faktor seperti kemampuan mesin, perawatan, kalibrasi, dan keandalan.
5. *Materials*: Meliputi bahan baku, komponen, dan perlengkapan yang digunakan dalam proses. Meliputi aspek-aspek seperti kualitas bahan, spesifikasi, kondisi penyimpanan, dan prosedur penanganan.
6. *Environmental*: Faktor tambahan ini terkadang disertakan untuk mewakili lingkungan fisik atau kondisi tempat berlangsungnya proses. Ini mencakup faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, kebersihan, dll.

2.2.8 Konsep 5W+1H

Konsep ini sebagian besar digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam produksi dan pengendalian kualitas dalam manufaktur. 5W1H adalah metode untuk mengumpulkan informasi tentang masalah perusahaan melalui observasi atau penelitian. 5W1H adalah singkatan dari "Apa?", "Dimana?", "Kapan?", "Mengapa?", "Siapa?", dan "Bagaimana?" (Purwanto & Astuti, 2019). Dalam implementasinya, teknik ini digunakan untuk memuat data dan menganalisis masalah untuk menentukan solusi perbaikan yang tepat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini objek yang diteliti adalah proses produksi Batik Tulis dengan motif truntum pada IKM Batik Tulis Sidomukti yang terletak di Giriloyo, Jl. Giriloyo No. Rt 01, Wukirsari, Kec. Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Batik tulis Sidomukti merupakan sebuah IKM yang memproduksi batik tulis. Pada penelitian ini difokuskan pada proses produksi produk batik tulis dengan motif truntum dengan mengidentifikasi *Environmental Waste* dalam konsep *Green Manufacturing*. Motif Batik Truntum sendiri dipilih sebagai fokus dalam penelitian ini dikarenakan motif tersebut merupakan salah satu batik yang sering digunakan dalam acara pernikahan dan berasal dari suku yang paling mendominasi di Indonesia yaitu suku Jawa.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam Penelitian ini adalah para pekerja dan *owner* IKM Sidomukti yang terlibat dalam produksi batik tulis Motif Truntum pada IKM Sidomukti. Subjek tersebut dipilih untuk lebih memahami alur proses dan menganalisis manufaktur *green manufacture*.

3.3 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data yang didapatkan langsung dari hasil observasi disebut data primer, sedangkan data yang didapatkan berasal dari perusahaan dan berdasarkan sumber-sumber terpercaya disebut data sekunder. Berikut data primer dan data sekunder dalam penelitian ini:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti itu sendiri melalui berbagai metode seperti observasi dan wawancara yang diperoleh dari objek penelitian ini yaitu IKM Sidomukti. Dalam penelitian ini data primer yang dikumpulkan diantaranya yaitu alur proses produksi, aktivitas produksi, alur produksi, serta proses kegiatan produksi penggunaan sumber daya seperti bahan bakar, air, dan sebagainya, beserta deskripsi setiap prosesnya.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan cara pengambilan tidak langsung yang digunakan untuk menunjang data primer. Data sekunder biasanya diperoleh dari buku, jurnal, maupun arsip perusahaan. Data sekunder dalam penelitian ini berupa jurnal terdahulu terkait implementasi *green manufacturing* yang dapat mendukung penelitian ini.

3.4 Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Pengumpulan data dalam metode ini yaitu dengan pengamatan langsung ke lapangan. Seperti data alur proses produksi bagaimana proses itu dari awal hingga akhir proses menjadi produk data ini digunakan untuk *enviromental value stream mapping*, waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk, serta permasalahan yang terjadi selama proses produksi.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memahami situasi yang ada di IKM Batik Sidomukti dan mengumpulkan informasi yang relevan dengan penelitian. Wawancara dilakukan melalui sesi tanya jawab dengan pemilik dan para pekerja di IKM Batik Sidomukti. Data yang dikumpulkan melalui wawancara seperti data deskripsi proses, alur produksi, jumlah operator, dan jenis bahan yang digunakan.

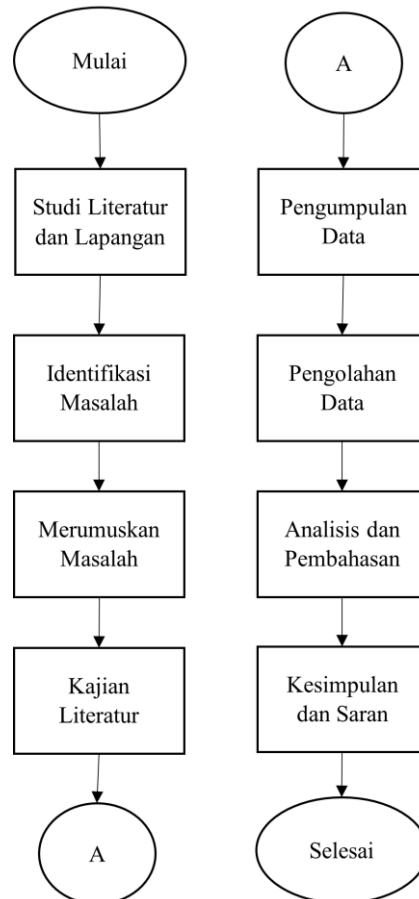
3. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan sebagai penunjang untuk membantu peneliti dalam mendapatkan informasi mengenai berbagai teori dan data yang berhubungan dengan topik penelitian. Studi literatur dapat diperoleh dari buku, penelitian ilmiah, paper, maupun jurnal.

Dalam penelitian ini dilakukan wawancara kepada pihak terkait mengenai produk-produk yang sering diproduksi atau diminati, sehingga produk tersebut nantinya akan diteliti. Data yang diperoleh selama proses produksi dari awal hingga produk jadi akan diperoleh alur, waktu produksi, serta dan permasalahan yang terjadi selama proses produksi yang akan diolah kemudian data tersebut diidentifikasi waste dengan menggunakan *Process Activity Mapping* dan dikemudian divisualisasikan dengan metode *Current State Environmental Value Stream Mapping* sehingga dapat diketahui kondisi awal. Setelah itu, Waste yang akan direduksi dicari akar masalahnya menggunakan tools *fishbone*

diagram guna untuk mengetahui Usulan yang diberikan dan gambaran dari *Future State Environmental Value Stream Mapping*

3.5 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1. Studi Literatur dan Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan cara melihat secara keseluruhan kondisi di lokasi penelitian untuk memperoleh informasi mengenai kondisi awal serta mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh IKM Batik Tulis Sidomukti. Sedangkan studi literatur dilakukan mempelajari, mengkaji, dan menelaah berbagai literatur yang relevan dengan topik yang diteliti agar dapat untuk mendapatkan landasan teori, konsep, dan informasi yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian seperti halnya konsep *environmental waste* dan *environmental value stream mapping*

2. Merumusan Masalah

Penelitian akan melanjutkan dengan mengidentifikasi fase sebelumnya dari IKM Batik Tulis Sidomukti.

3. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan penelitian sebelumnya tentang topik yang sedang dipelajari yang dapat berbentuk berupa jurnal, dan buku yang berkaitan dengan penelitian, Kajian literatur berfokus terhadap analisis kritis terhadap literatur yang ada guna mengetahui gap penelitian dan meningkatkan kualitas penelitian yang dilakukan

4. 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, dan sebagainya yang berhubungan dengan proses produksi

7. Pengolahan Data

Peneliti disini melakukan pengamatan secara langsung di lapangan dalam mengidentifikasi environmental waste dan sesekali melakukan wawancara terhadap owner di batik tulis Sidomukti.

a. *Identifikasi Waste*

Melakukan pengelompokan terhadap aktivitas-aktivitas yang termasuk environmental waste pada proses produksi batik tulis truntum di IKM Sidomukti, kemudian mengelompok-kelompokan *environmental waste* lebih detail pada tiap tiap tahap pada proses produksi batik tulis

b. *Current Environmental Value Stream Mapping*

Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui alur material dan informasi yang ada di IKM Batik Tulis Sidomukti yang berfokus pada aspek 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, waktu proses per aktivitas yang dilakukan, waktu transportasi, penggunaan energi, air, listrik yang berhubungan dengan proses produksi.

c. *Fishbone Diagram*

Pada tahap ini tools *Fishbone diagram* digunakan guna untuk mengetahui akar permasalahan, sehingga peneliti dapat mudah untuk memberikan usulan yang diberikan berdasarkan permasalahan yang terjadi.

d. Rencana Tindakan Perbaikan 5W1H

Peneliti mengidentifikasi masalah dan merancang perbaikan menggunakan metode 5W1H (apa, mengapa, dimana, kapan, siapa, dan bagaimana) berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya melalui *fishbone diagram*.

e. Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan diberikan untuk menjaga keberlanjutan lingkungan selama proses produksi batik tulis truntum di IKM Sidomukti

f. *Future Environmental Value Stream Mapping*

Usulan perbaikan berdasarkan akar permasalahan *fishbone diagram* divisualisasikan pada Desain *Future State Environmental Value Stream Mapping* sehingga dapat diketahui perbedaan sebelum dilakukannya perbaikan pada *Current State Environmental Value Stream* dan setelah dilakukannya perbaikan pada *Future State Environmental Value Stream*

8. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis dan pembahasan berdasarkan pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya serta membahas hasil yang ditimbulkan dari perbaikan yang dilakukan Kesimpulan dan Saran

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan, peneliti menjelaskan tujuan penelitian berdasarkan diskusi penelitian sebelumnya. IKM Batik Tulis Sidomukti dan peneliti lain akan mempertimbangkan saran terbaik untuk memperbaiki masalah yang ada.

10. Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil IKM

Sidomukti merupakan IKM kerajinan batik tulis asal Giriloyo, Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Para abdi dalem penjaga makam Raja Mataram mengajari masyarakat setempat cara menenun kain batik yang diwariskan secara turun-temurun. Selain itu, masyarakat Giriloyo juga menerima bantuan dan pelatihan dari berbagai sumber, yang bertujuan untuk memajukan masyarakat.

IKM Sidomukti diketuai oleh Akhyar dan dibantu oleh anggota IKM yang sebagian besar adalah perempuan, dalam menciptakan batik tulis yang indah. Para pekerja dan anggotanya adalah warga lokal yang telah menerima pelatihan dan mahir dalam proses produksi spesifik mereka. Selain itu, batik tulis saat ini juga menjadi sumber pendapatan melalui penjualan dan produksi batik bagi para produsen di berbagai toko batik, khususnya di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya.

IKM Sidomukti menggunakan teknik Canting/Tulis untuk membuat kain batik dengan berbagai motif antara lain Truntum, Sido Mukti, Sido Asih, Sido Luhur, dan Wahyu Tumurun. IKM Sidomukti menerapkan strategi *make-to-order* untuk memproduksi batik berdasarkan permintaan pelanggan. IKM Sidomukti sesekali membuat batik sendiri untuk mengisi galeri, melatih keterampilan, dan mengembangkannya.

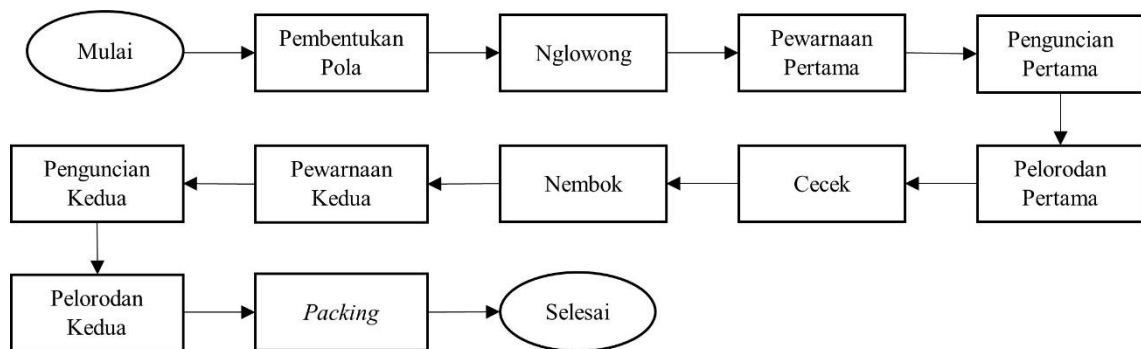


Gambar 4. 1 Produk Batik Tulis



Gambar 4. 2 Motif Kain Batik Tulis

4.1.2 Proses Produksi



Gambar 4. 3 Alur Produksi

1. Pembentukan Pola

Metode Mola melibatkan penggambaran motif batik langsung pada kain. Pola truntum yang digunakan dalam penelitian ini, beserta kain putih, pensil, dan meja untuk meletakkan kain.

2. Nglowong



Gambar 4. 4 Hasil dari Proses Nglowong

Salah satu proses dalam pembuatan batik tulis yaitu nglowong. Nglowong sendiri dilakukan menggunakan malam sebagai bahan dasarnya, serta canting yang digunakan sebagai alat tulisnya. Nglowong sendiri disesuaikan dengan pembentukan pola yang telah dibuat menggunakan pensil.

3. Pewarnaan Pertama



Gambar 4. 5 Proses Pewarnaan

Pewarnaan dimaksudkan untuk menambah warna pada pola batik sehingga menjadi lebih hidup saat digunakan. IKM Sidomukti menggunakan teknik kuas yang memanfaatkan gramassol sebagai bahan dasar pewarnaan dengan warna yang digunakan adalah warna hitam

4. Penguncian Pertama



Gambar 4. 6 Proses Penguncian

Penguncian warna menggunakan water glass agar warna tidak cepat pudar. Proses pengunciannya dilakukan dengan mencelupkan ke dalam bak berisi air dan mencampurkannya ke dalam gelas berisi air, yang kemudian ditiriskan dan dijemur. Penguncian pertama ini dilakukan guna untuk mengunci warna hitam yang sudah diaplikasikan pada kain agar tidak mudah luntur

5. Pelorodan Pertama



Gambar 4. 7 Proses Pelorodan Pertama

Pelorodan bermaksud menghilangkan lilin dari polanya agar motifnya bisa muncul nantinya. Alat dan bahan yang digunakan antara lain celemek, sarung tangan tahan panas, sepatu boot, kompor, air bersih, dan kain celup. Pada pelorodan pertama ini dilakukan guna untuk menghilangkan lilin yang telah ditorehkan pada proses nglowong dan cecek

6. Cecek



Gambar 4. 8 Canting sesuai proses yang digunakan



Gambar 4. 9 Proses Cecek

Nyecek adalah teknik membatik yang melibatkan penambahan titik-titik pada bagian tertentu pada pola, seperti elemen garuda pada motif truntum. Tujuannya dilakukan proses ini antara lain guna untuk memberi nilai estetika pada batik yang dibuat. Alat

dan bahan yang diperlukan dalam teknik nyecek antara lain canting untuk nyecek, lilin, tungku untuk memanaskan malam, dan gawang untuk alas kain.

7. Nembok



Gambar 4. 10 Hasil dari proses nembok

Nembok adalah teknik membatik yang bertujuan untuk menutupi bagian yang tidak boleh terkena warna dasar dengan menggunakan malam guna menghasilkan motif dan warna yang unik. Bahan yang digunakan adalah kain dan malam, alat canting untuk nyecek, kompor untuk memanaskan malam, dan gawangan untuk menopang kain.

8. Pewarnaan Kedua

Pewarnaan kedua bertujuan untuk memberikan warna yang berbeda dengan warna dasar pada kain batik truntum. Pewarna yang digunakan masih sama dengan Pewarnaan Pertama yaitu Pewarna Sintetis, namun bedanya warna yang digunakan pada pewarnaan kedua yaitu berwarna coklat.

9. Penguncian Warna Kedua

Penguncian Warna Kedua ini berguna untuk mengunci warna yang baru saja ditorehkan pada kain batik, yaitu warna coklat. Hal ini tentunya bertujuan agar warna yang baru ditorehkan tidak mudah luntur

10. Pelorodan Kedua

Pelorodan kedua dilakukan guna bertujuan untuk melorodkan atau menghilangkan lilin malam yang sudah ditembok. Hasil dari pelorodan kedua ini dapat dilihat pada kain yang ditunjukkan pada Bagian-bagian berwarna putih.

11. Packing



Gambar 4. 11 Hasil dari proses *packing*

Packing atau bisa juga disebut dengan Pengepakan merupakan langkah terakhir dalam proses pembuatan batik tulis.

4.1.3 Data Aktivitas Produksi

Berikut merupakan Aktivitas – Aktivitas Produksi yang mana dalam proses produksi Data waktu produksi dikumpulkan secara langsung, sepanjang proses produksi Data diukur menggunakan jam dan rekaman video. Pengumpulan data dilakukan sebanyak tujuh kali dengan cara memantau produksi produk batik tulis termasuk desain truntum. Berikut data rata-rata waktu produksi Batik Tulis Truntum:

a. Data Aktivitas Proses Produksi

Tabel 4. 1 Data Aktivitas Produksi

No	Proses	Aktivitas	Kode Aktivitas
1	Pembentukan Pola	Mempersiapkan alat dan tempat	A1
		Mengambil pola kain	A2
		Meletakkan pola kain pada meja pemolaan	A3
		Mengambil kain polos	A4

No	Proses	Aktivitas	Kode Aktivitas
		Mengukur kain polos	A5
		Memposisikan pola kain di meja pemolaan	A6
		Memposisikan kain polos diatas pola kain	A7
		Menggambar pola kain	A8
		Memeriksa hasil polaan kain	A9
		Meletakkan kain pada inventory	A10
2	Nglowong	Mempersiapkan alat alat dan bahan	B1
		Mengambil kain	B2
		Memanaskan lilin	B3
		Pola luaran	B4
		Isian	B5
		Memeriksa kembali hasil nglowong	B6
		Peletakan kain pada tatakan	B7
		Penyimpanan hasil nglowong	B8
3	Pewarnaan pertama	Mempersiapkan alat-alat	C3
		Mengambil kain dari inventory	C4
		Menyiapkan bahan baku pewarnaan	C5
		Pewarnaan Kain	C6
		Penjemuran	C7
		Membersihkan Tangan	C8
4	Penguncian Warna pertama	Persiapan Penguncian	D1
		Mengisi Air pada Bak Penguncian	D2

No	Proses	Aktivitas	Kode Aktivitas
		Memasukkan Waterglass pada Bak Penguncian	D3
		Menggunakan APD	D4
		Mengambil Kain	D5
		Pencelupan Kain	D6
		Pemerasan Kain	D7
		Penjemuran	D8
5	Pelorodan pertama	Mempersiapkan alat dan bahan	E1
		Mempersiapkan kain batik	E2
		Mengisi tungku dengan air	E3
		Memanaskan air dalam tungku	E4
		Memasukkan Kain ke dalam tungku	E5
		Melakukan pelodoran kain	E6
		Membilas kain	E7
		Membuang Air Hasil Pelorodan	E8
		Pengecekan hasil pelodoran	E9
		Pengeringan kain	E10
		Menyimpan kain pada inventory	E11
6	Cecek	Mempersiapkan alat dan bahan	F1
		Mengambil kain	F2
		Memanaskan lilin dan canting	F3
		Menggambar proses cecek	F4
		Melanjutkan menggambar proses cecek	F5

No	Proses	Aktivitas	Kode Aktivitas
		Penyimpanan kain	F6
7	Nembok	Mempersiapkan alat dan bahan	G1
		Mengambil kain	G2
		Memaskan lilin dan canting	G3
		Menggambar proses nembok	G4
		Penyimpanan kain	G5
8	Pewarnaan kedua	Mempersiapkan alat-alat	H1
		Mengambil kain dari inventory	H2
		Menyiapkan bahan baku pewarnaan	H3
		Pewarnaan Kain	H4
		Penjemuran	H5
		Membersihkan Tangan	H6
9	Penguncian Warna 2	Persiapan Penguncian	I1
		Mengisi Air pada Bak Penguncian	I2
		Memasukkan Waterglass pada Bak Penguncian	I3
		Menggunakan APD	I4
		Mengambil Kain	I5
		Pencelupan Kain	I6
		Pemerasan Kain	I7
		Penjemuran	I8
10	Pelorodan 2	Mempersiapkan alat dan bahan	J1
		Mempersiapkan kain batik	J2

No	Proses	Aktivitas	Kode Aktivitas
		Mengisi tungku dengan air	J3
		Memanaskan air dalam tungku	J4
		Memasukkan Kain ke dalam tungku	J5
		Melakukan pelodoran kain	J6
		Membilas kain	J7
		Pengecekan hasil pelodoran	J8
		Membuang Air Hasil dari Pelorodan	J9
		Pengeringan kain	J10
		Menyimpan kain pada inventory	J11
11	<i>Packing</i>	Memindahkan ke tempat gallery	K1
		Melipat kain	K2
		Pengemasan	K3

b. Data berikut menunjukkan waktu kerja dan jumlah operator untuk setiap proses, yang dibantu oleh pekerja dan anggota IKM Sidomukti dalam menjalankan usahanya

Tabel 4. 2 Data pekerja setiap produksi

No	Proses	Jumlah Operator
1	Pembentukan Pola	1
2	Nglowong	1
3	Pewarnaan Pertama	1
4	Penguncian Pertama	1
5	Pelorodan Pertama	1
6	Cecek	1
7	Nembok	1

No	Proses	Jumlah Operator
8	Pewarnaan Kedua	1
9	Penguncian Kedua	1
10	Pelorodan Kedua	1
11	<i>Packing</i>	1

Hanya dua pekerja yang digunakan dalam produksi motif batik Truntum karena pelanggan hanya membeli satu batik ketika peneliti melakukan penyelidikan. Jam kerja IKM Sidomukti adalah pukul 09.00 - 16.00 WIB setiap hari Senin sampai dengan Minggu.

4.1.4 Metode Perhitungan Emisi dari Produksi dan Konsumsi Energi

- Menurut IPCC atau singkatan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change*, yang bertugas untuk menilai ilmu pengetahuan terkait perubahan iklim yang disebabkan oleh aktivitas manusia emisi dapat dihitung dengan rumus berikut (Bappenas, 2014):

$$Emisi = EC \cdot EF \quad (4.1)$$

Diketahui:

EC = Konsumsi Energi

EF = Faktor Emisi atas tipe bahan bakar yang digunakan jenis tertentu

- Faktor emisi yang digunakan dalam hal ini telah disesuaikan faktor emisi lokal Indonesia dijelaskan dalam Tabel masing-masing adalah Bahan bakar rumah tangga, transportasi, faktor emisi Sistem jaringan listrik dan faktor emisi di seluruh Indonesia Emisi dari sektor industri.

Tabel 4. 3 Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi
Kayu Bakar	1,75 kg CO_2/kg kayu bakar
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	2,98 kg CO_2/kg LPG
Minyak Tanah	2,58 kg $CO_2/Liter$ minyak tanah

Sumber : (Bappenas, 2014)

Tabel 4. 4 Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi (CO_2/Liter BBM)
Solar (<i>diesel oil</i>)	2,2
Premium (<i>fuel oil</i>)	2,6

Sumber : (Bappenas, 2014)

Tabel 4. 5 Kesetaraan Kayu Bakar Dengan Jenis Bahan Bakar Lainnya

Aplikasi	1 kg kayu bakar setara dengan
1 kg kayu bakar	0,46 kg LPG
	0,62 Liter Minyak Tanah
	0,52 Liter Solar

Sumber : (Samnur & Irfan, 2011)

Tabel 4. 6 Faktor Emisi Jaringan Ketenagalistrikan

Sistem Ketenagalistrikan	Baseline Faktor Emisi ($Kg CO_2/kWh$)
Jawa-Madura-Bali	0,725
Sumatera	0,743
Kalimantan Timur	0,742
Kalimantan Barat	0,775
Kalteng dan Kalsel	1,273
Sulut, Sulteng, Gorontalo	0,161
Sulsel, Sulbar, Sultra	0,269

Sumber : (Bappenas, 2014)

4.1.5 Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas

Tabel 4. 7 Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas

Pembentukan Pola	Nglowong	Pewarnaan Pertama	Penguncian Pertama	Pelorodan Pertama	Cecek	Nembok	Pewarnaan Kedua	Penguncian Kedua	Pelorodan Kedua	Packaging
Kain Mori	Minyak Tanah 0,60 ml	Air 1,5 liter	Air 25,25 Liter	Air 19 Liter	Minyak Tanah 400 ml	Minyak Tanah 200 ml	Air 3 Liter	Air 25,25 Liter	Air 19 Liter	1 pcs
	586 gram lilin malam	Pewarna Remasol 100 gram	3,2 Liter Waterglass	Kayu 6 kg	293 gram lilin malam	146,5 gram lilin malam	200 gram Pewarna Remasol	Waterglass 3,2 Liter	Kayu 8 kg	

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Identifikasi Waste

Tabel dibawah ini merupakan pengamatan waktu proses produksi berserta environmental waste pada Batik Tulis motif truntum

Tabel 4. 8 Identifikasi *Waste*

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
1	Pembentukan Pola	Mempersiapkan alat dan tempat	A1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil pola kain	A2	-	-	-	-	-	-	-
		Meletakkan pola kain pada meja pemolaan	A3	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain polos	A4	-	-	-	-	-	-	-
		Mengukur kain polos	A5	-	-	-	-	-	-	-
		Memposisikan pola kain di meja pemolaan	A6	-	-	-	-	-	-	-
		Memposisikan kain polos diatas pola kain	A7	-	-	-	-	-	-	-
		Menggambar pola kain	A8	-	-	-	-	-	-	-
		Memeriksa hasil polaan kain	A9	-	-	-	-	-	-	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Meletakkan kain pada inventory	A10	-	-	-	-	-	-	-
2	Nglowong	Mempersiapkan alat alat dan bahan	B1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain	B2	-	-	-	-	-	-	-
		Memanaskan lilin	B3	-	-	-	-	-	✓	-
		Pola luaran	B4	-	-	-	-	-	✓	-
		Isian	B5	-	-	-	-	-	✓	-
		Memeriksa kembali hasil nglowong	B6	-	-	-	-	-	-	-
		Peletakan kain pada tatakan	B7	-	-	-	-	-	-	-
		Penyimpanan hasil nglowong	B8	-	-	-	-	-	-	-
3	Pewarnaan pertama	Mempersiapan alat-alat	C3	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain dari inventory	C4	-	-	-	-	-	-	-
		Menyiapkan bahan baku pewarnaan	C5	-	-	-	-	-	-	-
		Pewarnaan Kain	C6	-	-	-	-	-	-	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Penjemuran	C7	-	-	-	-	-	-	-
		Membersihkan Tangan	C8	-	-	-	-	-	-	-
4	Penguncian Warna pertama	Persiapan Penguncian	D1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengisi Air pada Bak Penguncian	D2	-	-	-	-	-	-	-
		Memasukkan Waterglass pada Bak Penguncian	D3	-	-	-	-	-	-	-
		Menggunakan APD	D4	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil Kain	D5	-	-	-	-	-	-	-
		Pencelupan Kain	D6	-	-	-	-	-	-	-
		Pemerasan Kain	D7	-	-	-	-	-	-	-
		Penjemuran	D8	-	-	-	-	-	-	-
5	Pelorodan pertama	Mempersiapkan alat dan bahan	E1	-	-	-	-	-	-	-
		Mempersiapkan kain batik	E2	-	-	-	-	-	-	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Mengisi tungku dengan air	E3	-	-	-	-	-	-	-
		Memanaskan air dalam tungku	E4	-	-	-	-	-	✓	-
		Memasukkan Kain ke dalam tungku	E5	-	-	-	-	-	-	-
		Melakukan pelodoran kain	E6	-	-	-	-	-	✓	-
		Membilas kain	E7	-	-	-	-	-	-	-
		Membuang Air Hasil Pelorodan	E8	-	-	-	-	-	-	-
		Pengecekan hasil pelodoran	E9	-	-	-	-	-	-	-
		Pengeringan kain	E10	-	-	-	-	-	-	-
		Menyimpan kain pada inventory	E11	-	-	-	-	-	-	-
6	Cecek	Mempersiapkan alat dan bahan	F1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain	F2	-	-	-	-	-	-	-
		Memanaskan lilin dan canting	F3	-	-	-	-	-	✓	-
		Menggambar proses cecek	F4	-	-	-	-	-	✓	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Melanjutkan menggambar proses cecek	F5	-	-	-	-	-	✓	-
		Penyimpanan kain	F6	-	-	-	-	-	-	-
7	Nembok	Mempersiapkan alat dan bahan	G1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain	G2	-	-	-	-	-	-	-
		Memanaskan lilin dan canting	G3	-	-	-	-	-	✓	-
		Menggambar proses nembok	G4	-	-	-	-	-	✓	-
		Penyimpanan kain	G5	-	-	-	-	-	-	-
8	Pewarnaan kedua	Mempersiapkan alat-alat	H1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil kain dari inventory	H2	-	-	-	-	-	-	-
		Menyiapkan bahan baku pewarnaan	H3	-	-	-	-	-	-	-
		Pewarnaan Kain	H4	-	-	-	-	-	-	-
		Penjemuran	H5	-	-	-	-	-	-	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Membersihkan Tangan	H6	-	-	-	-	-	-	-
9	Penguncian Warna 2	Persiapan Penguncian	I1	-	-	-	-	-	-	-
		Mengisi Air pada Bak Penguncian	I2	-	✓	-	-	-	-	-
		Memasukkan Waterglass pada Bak Penguncian	I3	-	-	-	-	-	-	-
		Menggunakan APD	I4	-	-	-	-	-	-	-
		Mengambil Kain	I5	-	-	-	-	-	-	-
		Pencelupan Kain	I6	-	-	-	-	-	-	-
		Pemerasan Kain	I7	-	-	-	-	-	-	-
		Penjemuran	I8	-	-	-	-	-	-	-
10	Pelorodan Kedua	Mempersiapkan alat dan bahan	J1	-	-	-	-	-	-	-
		Mempersiapkan kain batik	J2	-	-	-	-	-	-	-
		Mengisi tungku dengan air	J3	-	-	-	-	-	-	-

No	Proses	Aktivitas Proses Produksi	Kode Aktivitas	Klasifikasi Waste						
				<i>Energy</i>	<i>Water</i>	<i>Material</i>	<i>Garbage</i>	<i>Transportation</i>	<i>Emissions</i>	<i>Biodiversity</i>
		Memanaskan air dalam tungku	J4	-	-	-	-	-	✓	-
		Memasukkan Kain ke dalam tungku	J5	-	-	-	-	-	-	-
		Melakukan pelodoran kain	J6	-	-	-	-	-	✓	-
		Membilas kain	J7	-	-	-	-	-	-	-
		Pengecekan hasil pelodoran	J8	-	-	-	-	-	-	-
		Membuang Air Hasil dari Pelorodan	J9	-	-	-	-	-	-	-
		Pengeringan kain	J10	-	-	-	-	-	-	-
		Menyimpan kain pada inventory	J11	-	-	-	-	-	-	-
11	<i>Packing</i>	Memindahkan ke tempat gallery	K1	-	-	-	-	-	-	-
		Melipat kain	K2	-	-	-	-	-	-	-
		Pengemasan	K3	-	-	-	✓	-	-	-

4.2.2 Perhitungan Emisi *Current State Environmental Value Stream Mapping*

Berdasarkan Identifikasi *Waste*, Serta Penggunaan Sumber Daya Tiap Aktivitas, dan Metode Perhitungan Emisi dari Produksi dan Konsumsi Energi, maka didapatkan data seperti dibawah ini:

1. Perhitungan emisi proses nglowong

Konsumsi energi (EC) = 0,60 Liter

Faktor Emisi (EF) = 2,58 kg CO_2 /Liter

Beban Emisi = 0,60 × 2,58 kg CO_2 /Liter

Beban Emisi = 1,55 kg CO_2

2. Perhitungan emisi proses Cecek

Konsumsi energi (EC) = 0,40 Liter

Faktor emisi (EF) = 2,58 kg CO_2 /Liter

Beban Emisi = 0,40 × 2,58 kg CO_2

Beban Emisi = 1,03 kg CO_2

3. Perhitungan emisi proses Nembok

Konsumsi emisi (EC) = 0,20 Liter

Faktor emisi (EF) = 2,58 kg CO_2 /Liter

Beban Emisi = 0,20 × 2,58 kg CO_2

Beban Emisi = 0,52 kg CO_2

4. Perhitungan emisi proses Pelorodan Pertama

Konsumsi emisi (EC) = 6 kg

Faktor emisi (EF) = 1,75 CO_2 /kg

Beban Emisi = 6 × 1,75 kg CO_2

Beban Emisi = 10,5 kg CO_2

5. Perhitungan emisi proses Pelorodan Kedua

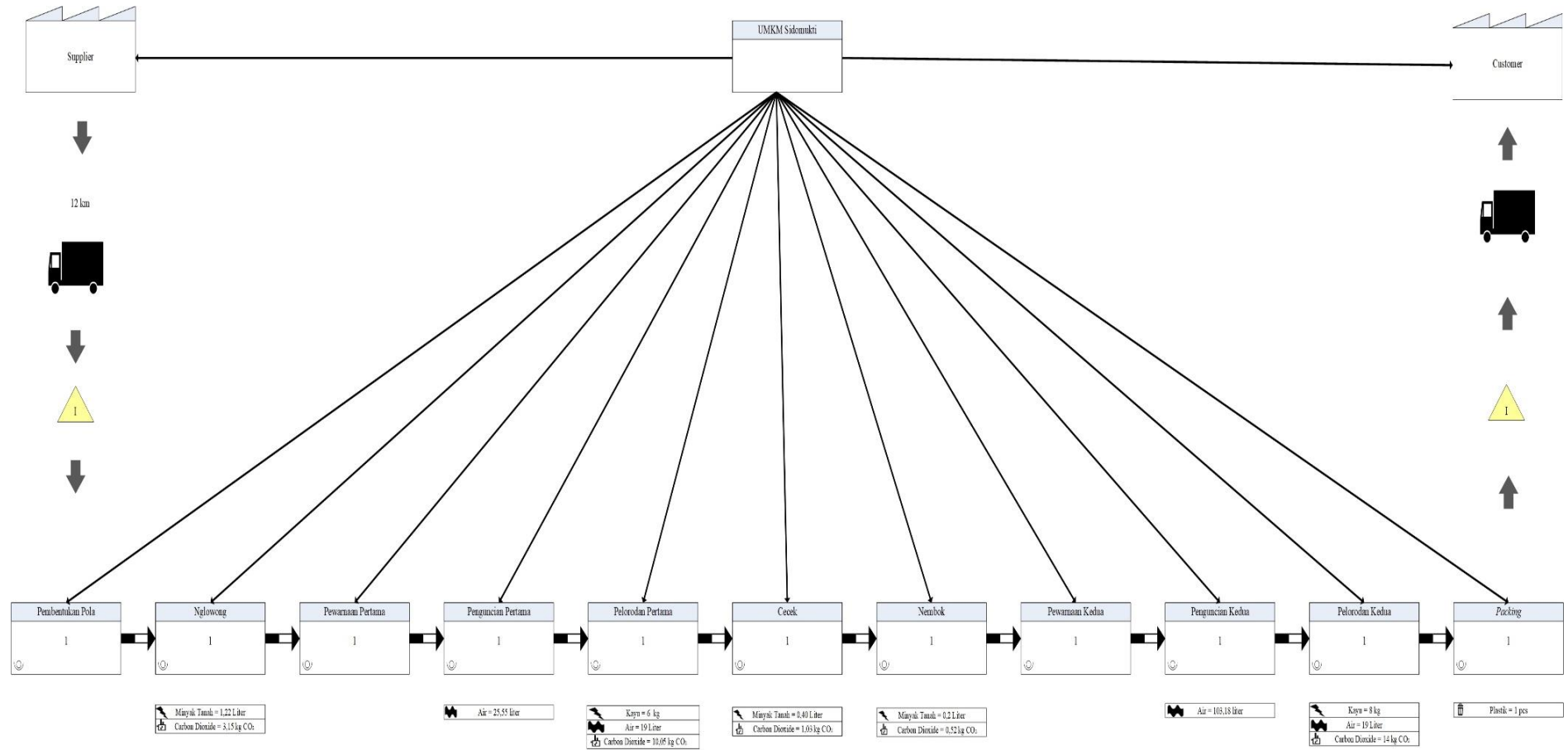
Konsumsi emisi (EC) = 8 kg

Faktor emisi (EF) = 1,75 CO_2 /kg

Beban Emisi = 8 × 1,75 CO_2

Beban Emisi = 14 CO_2 kg

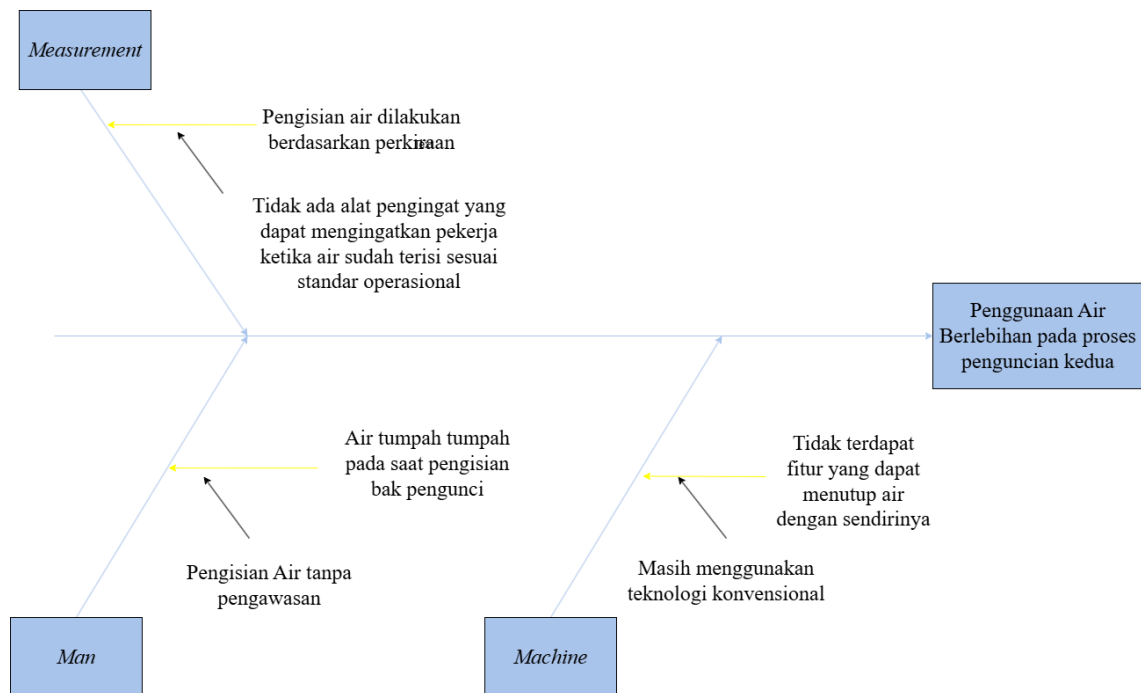
4.2.3 Current State Environmental Value Stream Mapping



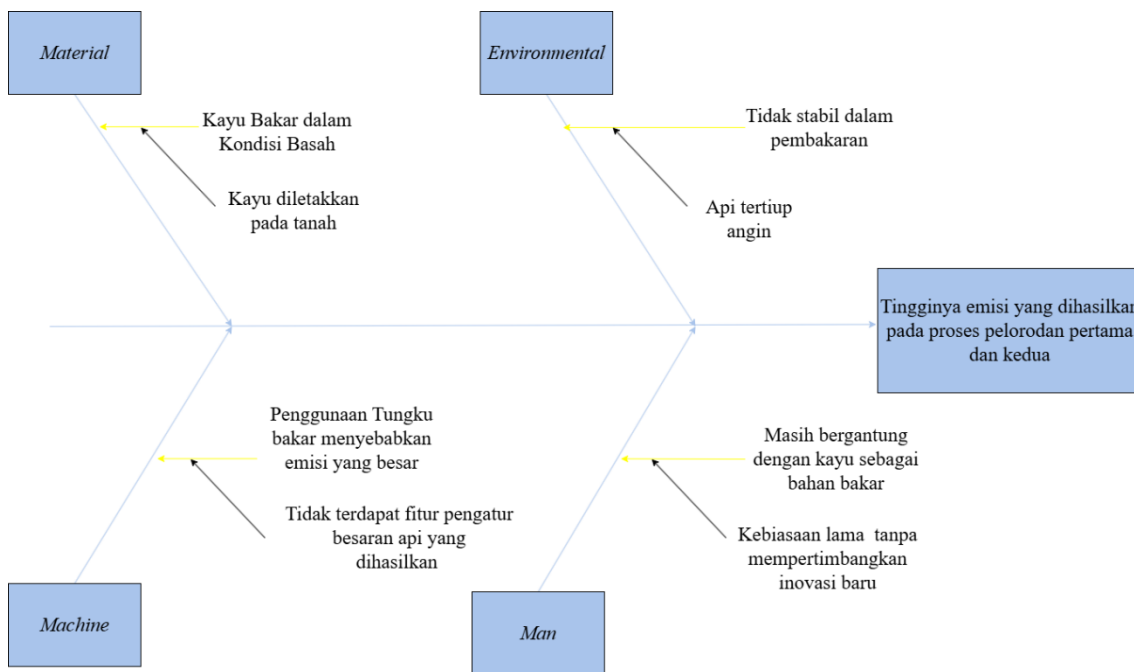
Gambar 4. 12 Current State Environmental Value Stream Mapping

4.2.4 Fishbone Diagram

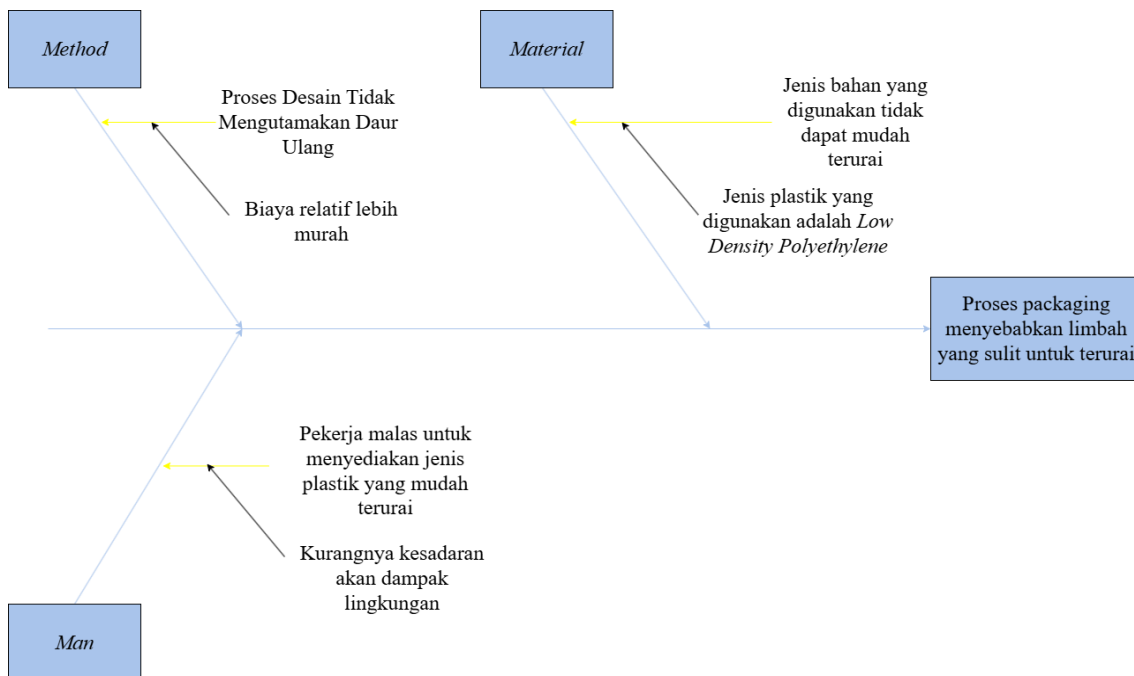
Diagram sebab akibat atau *fishbone diagram* digunakan untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab adanya *waste* yang terjadi pada IKM Batik Sidomukti. *Water* lingkungan dari Proses Produksi Batik Tulis IKM Sidomukti yang pertama adalah *Water*. *Water Waste* terjadi karena pada proses produksi IKM Sidomukti menggunakan air secara berlebihan dan Proses Produksi menghasilkan Limbah Berbahaya, sedangkan pada *Emissions Waste* terjadi dikarenakan proses produksi batik tulis menyebabkan tingginya emisi pada yang berpotensi membahayakan lingkungan. Serta, proses packing menyebabkan limbah yang sulit untuk terurai. Untuk *fishbone* diagram *water*, *fishbone* diagram *emission*, *fishbone* diagram *garbage* dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4. 13 *Water Waste*



Gambar 4. 14 *Emission Waste*



Gambar 4. 15 *Garbage Waste*

Tabel 4. 9 Identifikasi *fishbone diagram water waste*

Faktor	Cause	Keterangan
<i>Measurement</i>	Pengisian Air dilakukan berdasarkan perkiraan	Pengisian Air dilakukan hanya berdasarkan perkiraan saja, hal ini disebabkan karena tidak alat pengingat yang dapat mengingatkan ketika air sudah terisi sesuai standar operasional
<i>Man</i>	Air bak Penguncian dan pelorodan tumpah-tumpah pada saat pengisian	Pengisian Air tanpa pengawasan pekerja menyebabkan Air bak penguncian pada saat pengisian
<i>Machne</i>	Tidak terdapat fitur yang dapat menutup air dengan sendirinya	Keran yang digunakan tidak dapat menutup air dengan sendirinya, dikarenakan keran yang digunakan masih menggunakan keran konvensional

Tabel 4. 10 Identifikasi *fishbone diagram emission waste*

Faktor	Cause	Keterangan
<i>Machine</i>	Penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang besar	Penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang besar, dikarenakan tungku bakar tidak dapat mengatur

Faktor	Cause	Keterangan
		api yang dihasilkan dari pembakaran kayu
<i>Man</i>	Masih bergantung dengan kayu sebagai bahan bakar	Pekerja masih bergantung dengan kayu sebagai bahan bakar dikarenakan hal tersebut merupakan kebiasaan lama tanpa mempertimbangkan inovasi baru
<i>Material</i>	Kayu Bakar dalam kondisi basah	Kayu Bakar dalam kondisi basah yang disebabkan karena kayu diletakkan pada tanah
<i>Environmental</i>	Tidak stabil dalam pembakaran	Api tidak stabil dalam pembakaran dikarenakan Api tertiup angin

Tabel 4. 11 Identifikasi *fishbone diagram garbage waste*

Faktor	Cause	Keterangan
<i>Man</i>	Owner malas untuk menyediakan jenis plastik yang mudah terurai	<i>Owner</i> malas untuk menyediakan jenis plastik yang mudah terurai disebabkan karena kurangnya kesadaran akan dampak lingkungan
<i>Method</i>	Proses desain tidak mengutamakan daur ulang	Proses desain tidak mengutamakan daur ulang karena harga plastik yang

Faktor	Cause	Keterangan
		digunakan relatif lebih murah dibandingkan harga plastik yang dapat mudah di daur ulang
<i>Material</i>	Jenis bahan yang digunakan tidak dapat mudah terurai	Jenis bahan yang digunakan tidak dapat mudah terurai, dikarenakan bahan yang digunakan merupakan <i>Low Density Plythlene</i>

4.2.5 Rencana Tindakan Perbaikan 5W+1H Berdasarkan Fishbone Diagram

Metode ini digunakan untuk menjabarkan secara detail permasalahan yang sebelumnya sudah diidentifikasi pada fishbone.

Tabel 4. 12 Rencana tindakan perbaikan *water waste*

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
Pengisian Air dilakukan berdasarkan perkiraan	<i>What</i> (apa)	Apa yang perlu diperbaiki	Sistem pengukuran yang akurat untuk memastikan pengisian air dilakukan sesuai dengan kebutuhan yang tepat
	<i>Why</i> (Mengapa)	Mengapa tindakan Perbaikan diperlukan?	Untuk meningkat akurasi dalam proses pengisian air, sehingga dapat mencegah pemborosan air
	<i>Where</i> (Dimana)	Lokasi perbaikan akan dilakukan?	Pada bak Penguncian

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
			Tindakan ini sebaiknya
	<i>When</i> (Kapan)	Kapan tindakan perbaikan akan dilakukan?	dilakukan sesegera mungkin, terutama jika pengisian air berdasarkan perkiraan menimbulkan masalah
	<i>Who</i> (Siapa)	Siapa yang akan mengerjakan tindakan perbaikan tersebut	<i>owner</i>
	<i>How</i> (Bagaimana)	Bagaimana cara melakukan tindakan perbaikan	Pengadaan dan pemasangan alat ukur <i>Smart Water Level indicator IoT</i>

Tabel 4. 13 Rencana tindakan perbaikan *emission waste*

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
	<i>What</i> (apa)	Apa yang perlu diperbaiki	Sistem pengatur besaran api yang dihasilkan
Penggunaan Tungku bakar menyebabkan emisi yang besar	<i>Why</i> (Mengapa)	Mengapa tindakan Perbaikan diperlukan?	Untuk Meningkatkan keamanan karena api yang tidak dapat dikontrol menyebabkan terganggunya pernafasan dan iritasi mata pada pekerja kebakaran serta meminimalisir

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
			emisi yang dihasilkan
	<i>Where</i> (Dimana)	Lokasi perbaikan akan dilakukan?	IKM Sidomukti
	<i>When</i> (Kapan)	Kapan tindakan perbaikan akan dilakukan?	Sesegera mungkin sebelum dilakukannya pelorodan pertama dan kedua
	<i>Who</i> (Siapa)	Siapa yang akan mengerjakan tindakan perbaikan tersebut	<i>Owner</i>
	<i>How</i> (Bagaimana)	Bagaimana cara melakukan tindakan perbaikan	Pengadaan kompor (LPG) untuk proses pelorodan pertama dan kedua

Tabel 4. 14 Rencana tindakan perbaiki *garbage waste*

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
Jenis bahan yang digunakan tidak mudah terurai	<i>What</i> (apa)	Apa yang perlu diperbaiki	Jenis material yang digunakan perlu diganti dengan jenis plastik yang berasal dari sumber daya alam yang mudah terurai

Permasalahan	5W+1H	Deskripsi	Tindakan
	<i>Why</i> (Mengapa)	Mengapa tindakan Perbaikan diperlukan?	Untuk mencegah pencemaran lingkungan baik di darat dan dilaut
	<i>Where</i> (Dimana)	Lokasi perbaikan akan dilakukan?	IKM Sidomukti
	<i>When</i> (Kapan)	Kapan tindakan perbaikan akan dilakukan?	Sebelum produk batik didistribusikan kepada konsumen
	<i>Who</i> (Siapa)	Siapa yang akan mengerjakan tindakan perbaikan tersebut	<i>Owner</i>
	<i>How</i> (Bagaimana)	Bagaimana cara melakukan tindakan perbaikan	Mengganti jenis plastik menjadi jenis plastik yang lebih mudah terurai yaitu jenis plastik <i>biodegradable</i>

4.2.6 Tindakan perbaikan Berdasarkan 5W+1H

Tabel 4. 15 Tindakan perbaikan berdasarkan 5W+1h

Masalah	Tindakan Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Pengisian Air dilakukan	Pengadaan dan pemasangan	Pekerja tidak mengetahui kondisi air yang sudah terisi pada bak	Pekerja mengetahui kondisi air yang sudah terisi,

Masalah	Tindakan Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
berdasarkan perkiraan	ukur <i>Smart Water Level indicator IoT</i>	penguncian, sehingga pekerja hanya sekedar melakukan pengisian air dengan perkiraan saja. Oleh karena itu, kerap terjadi pemborosan air yang digunakan.	dikarenakan sistem dari <i>Smart Water Level indicator IoT</i> memiliki fitur untuk mengukur seberapa besar air yang sudah terisi pada bak penguncian dan sistem tersebut terintegrasi dengan gawai pekerja, sehingga air yang diisi dapat dipantau oleh pekerja meskipun sedang melakukan sesuatu
Penggunaan Tungku bakar menyebabkan emisi yang besar	Pengadaan kompor (LPG) untuk proses pelorodan pertama dan kedua	Emisi yang dihasilkan tidak dapat terkontrol, dikarenakan pengaturan besaran api tidak terkontrol.	Emisi yang dihasilkan dapat terkontrol, karena pada kompor LPG dapat mengatur berapa besarnya api yang dihasilkan, sehingga tidak menyebabkan emisi yang besar

Masalah	Tindakan Perbaikan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Jenis bahan yang digunakan tidak mudah terurai	terbarukan Mengganti jenis plastik menjadi jenis plastik yang lebih mudah terurai yaitu jenis plastik <i>biodegradable</i>	Penggunaan bahan yang tidak mudah terurai, yaitu plastik LDPE yang digunakan ini bersifat sulit terurai, sehingga dapat menyebabkan penumpukan sampah plastik di lingkungan yang berkontribusi pada pencemaran tanah dan air.	Mengurangi penumpukan sampah plastik, dan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan. Selain itu, dengan hal ini juga meningkatkan citra perusahaan yang peduli lingkungan

4.2.7 Usulan Perbaikan

Terdapat beberapa usulan perbaikan yang diberikan pada IKM Batik Sidomukti untuk mengurangi *Water Waste*, *Emission Waste*, dan *Garbage Waste* yang terjadi pada IKM Batik Sidomukti, sehingga diperoleh beberapa perubahan untuk mengurangi dampak lingkungan dalam proses membatik

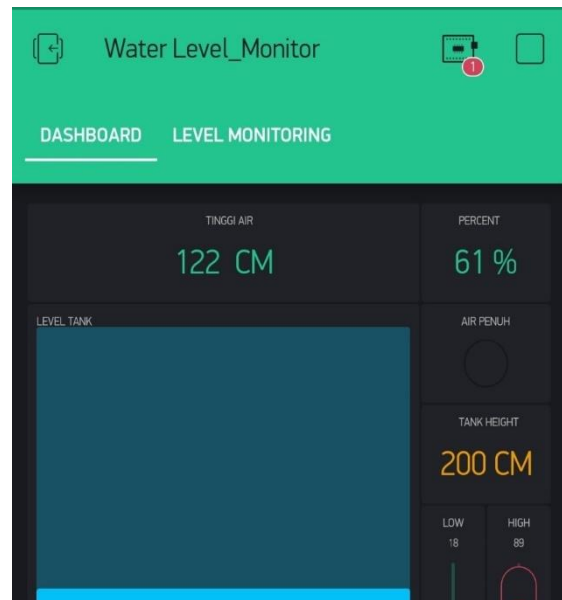
4.2.7.1 Usulan Perbaikan Permasalahan (Penggunaan Air Berlebihan Pada Proses Penguncian Kedua)

Pada proses produksi batik tulis truntum pada IKM Sidomukti terdapat permasalahan yaitu penggunaan air berlebihan pada proses penguncian kedua, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, kontribusi faktor pada penelitian yang dianalisis yaitu mengenai faktor *measurement* berupa pengisian air dilakukan berdasarkan perkiraan. Oleh karena itu, perlu adanya solusi berdasarkan permasalahan yang ada berupa Pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT* agar pengisian air dapat terukur lebih akurat.

Adapun teknis dari penggunaan *Smart Water Level Indicator IoT* sensor ultrasonik pada *Smart Water Level Indicator IoT* mengukur ketinggian air dan mengirimkan gelombang ultrasonik ke permukaan air, setelah menerima kembali pantulannya. Sehingga, dari waktu tempuh gelombang tersebut sensor dapat menghitung ketinggian air di bak penguncian dan mengirim data ke mikrokontroler secara *real-time*. Kemudian, ESP8266 sebagai mikrokontrollernya memproses data yang dikirimkan oleh Sensor Ultrasonik. Pemrosesan data tersebut dengan cara menjalankan algoritma sederhana untuk membaca ketinggian air yang sudah terisi dan mengirimkan pesan melalui jaringan platform *IoT* yang terinstall pada gawai pekerja, serta memberikan peringatan jika ketinggian air hampir melampaui abang batas yang telah ditentukan. Sehingga pekerja dapat mengambil tindakan segera.



Gambar 4. 16 Usulan Perbaikan *water waste*



Gambar 4. 17 *Dashboard Level Water Monitoring*

Berdasarkan usulan yang diberikan pada permasalahan penggunaan air berlebihan pada proses penguncian kedua, maka batas ambang ketinggian dari *Smart Water Level Indicator IoT* diatur sesuai kebutuhan air yaitu jari jari pada tabung setinggi 12 cm dari permukaan atau setengah bak penguncian yang berbentuk tabung yang diperuntukan agar pekerja mendapatkan peringatan jika ketinggian air hampir melampaui abang batas yang

telah ditentukan. Oleh karena itu, penggunaan air pada proses penguncian kedua dapat diukur menggunakan rumus dibawah ini (Yani, 2016).

$$Volume_{\frac{1}{2}tabung} = \frac{\pi \times r^2 \times t}{2} \quad (4.2)$$

Dimana:

$$\pi = 3,14$$

r = Jari-jari tabung

t = Tinggi tabung

Diketahui:

$$\pi = 3,14$$

$$r = 12 \text{ cm}$$

$$t = 113 \text{ cm}$$

$$Volume_{\frac{1}{2}Bak Penguncian} = \frac{3,14 \times 12^2 \times 113}{2}$$

$$Volume_{\frac{1}{2}Bak Penguncian} = 25.547,04 \text{ cm}^3$$

$$Volume_{\frac{1}{2}Bak Penguncian} \approx 25,55 \text{ Liter}$$

4.2.7.2 Usulan Perbaikan Permasalahan (Tingginya Emisi yang dihasilkan dari Proses Pelorodan Pertama dan Kedua)

Pada proses produksi batik tulis truntum pada IKM Sidomukti terdapat permasalahan yaitu tingginya emisi yang dihasilkan pada proses pelorodan pertama dan kedua, hal ini disebabkan karena beberapa faktor, namun pada usulan ini difokuskan terhadap faktor *machine* yaitu penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang tidak dapat dikendalikan. Oleh karena itu, perlu adanya solusi berupa mengganti mesin tungku berbahan kayu bakar menjadi kompor gas pada proses pelorodan sebagai sumber bahan bakar proses pelorodannya, penggunaan gas LPG lebih efisien dan mengurangi emisi rumah kaca dan polusi udara bagi lingkungan (Effendi, 2010).



Gambar 4. 18 Usulan perbaikan *emission waste*

Berdasarkan usulan yang diberikan maka terjadi perubahan penggunaan bahan bakar yang digunakan pada proses pelorodan pertama dan kedua, sehingga emisi yang dihasilkan juga mengalami perubahan. Adapun perubahan beban emisi yang dihasilkan mengalami perubahan dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan emisi proses pelorodan pertama

$$\text{Konsumsi energi (EC)} = 2,76 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor Emisi (EF)} = 2,98 \text{ CO}_2/\text{kg}$$

$$\text{Beban Emisi} = 2,76 \text{ kg} \times 2,98 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{Beban Emisi} = 8,22 \text{ CO}_2$$

2. Perhitungan emisi proses pelorodan kedua

$$\text{Konsumsi energi (EC)} = 3,68 \text{ kg}$$

$$\text{Faktor Emisi (EF)} = 2,98 \text{ CO}_2/\text{kg}$$

$$\text{Beban Emisi} = 3,68 \times 2,98 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{Beban Emisi} = 10,97 \text{ kg CO}_2$$

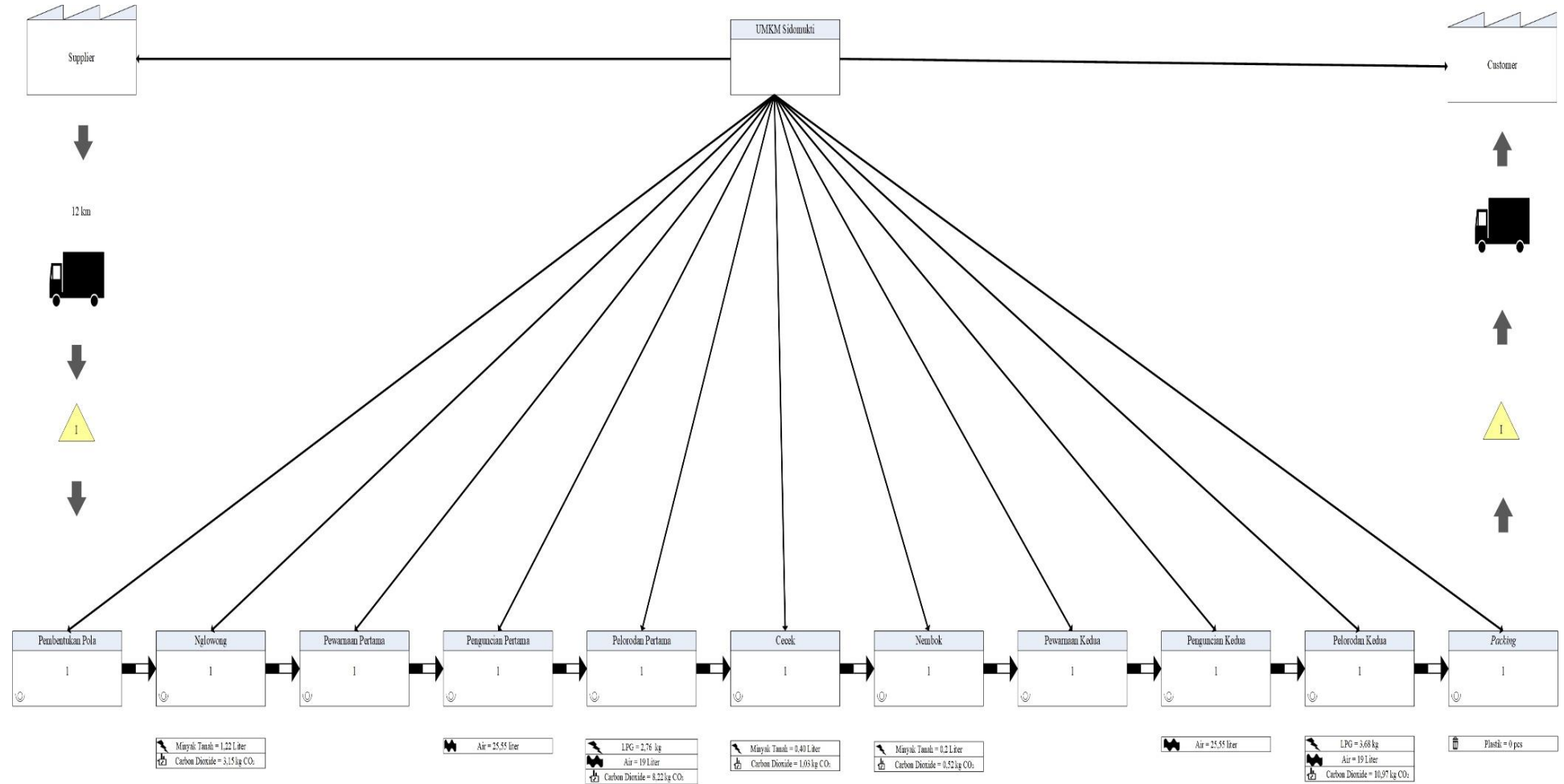
4.2.7.1 Usulan perbaikan Permasalahan (Proses *Packing* menyebabkan limbah yang sulit untuk terurai)



Gambar 4. 19 Usulan perbaikan *garbage waste*

Selanjutnya untuk permasalahan menyebabkan limbah yang sulit untuk terurai pada proses packing. Hal tersebut disebabkan beberapa faktor yang tergambar pada diagram *fishbone*. Faktor yang berkontribusi dalam permasalahan tersebut dikarenakan jenis bahan kemasan yang digunakan tidak mudah untuk terurai yaitu jenis plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*). Oleh karena itu, diberikannya usulan untuk mengganti jenis bahan kemasan yang digunakan dengan mengganti jenis plastik menjadi jenis plastik yang lebih mudah terurai yaitu jenis plastik *biodegradable*. Biodegradable sendiri berasal dari kata *bio* dan *degradable*. *Bio* berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat diuraikan. Plastik biodegradable dapat digunakan seperti halnya dengan plastik konvensional tetapi akan hancur oleh aktivitas mikroorganisme dan menghasilkan air dan senyawa yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan ketika dibuang ke lingkungan. Karena terbuat dari bahan-bahan organik. Oleh karena itu, plastik *biodegradable* bersifat ramah lingkungan (Nur, 2021)

4.2.8 Future State Environmental Value State Mapping



Gambar 4. 20 Future State Value Stream Mapping

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Identifikasi Waste

Berikut merupakan analisa dari identifikasi 7 *waste environmental* yang terjadi pada IKM Batik Sidomukti:

1. *Water*

IKM Batik Sidomukti mengalami *Water Waste* dikarenakan air yang digunakan berlebihan hingga tumpah-tumpah keluar Bak pengunci pengisian air ketika pengisian air pada penguncian Kedua.

2. *Garbage*

Pada Packaging Produk Batik memiliki *Garbage Waste* karena plastik yang digunakan untuk mengemas produk dan disalurkan kepada konsumen-konsumen dari IKM Batik Sidomukti tersebut merupakan jenis plastik yang sulit terurai yaitu LDPE (*Low Density Polyethylene*)

3. *Emission*

Proses-proses yang menghasilkan *Emissions Waste* diantaranya adalah Nglowong, Cecek, Nembok, Pelorodan Pertama, dan Pelorodan Kedua dikarenakan pada proses-proses tersebut menghasilkan emisi yang mana berkaitan langsung terhadap penggunaan *energy waste*, namun dikarenakan tidak ada penggunaan bahan bakar secara berlebihan pada pengamatan peneliti maka *energy waste* tidak teridentifikasi sebagai *waste*.

5.2 Analisis Emisi pada *Current State Environmental Value Stream Mapping*

Pada perhitungan yang telah dilakukan pada perhitungan emisi dari produksi *Current State Environmental Value Stream Mapping* didapatkannya data pada setiap tahap produksi yang menggunakan bahan bakar diantaranya pada proses nglowong, cecek, dan nembok yang memiliki Faktor Emisi atas tipe bahan bakar yang digunakan jenis minyak tanah (EF) sebesar 2,58 kg **CO₂/Liter**, dengan konsumsi energi (EC) berturut-turut sebesar 0,60 Liter, 0,40 Liter, dan 0,20 Liter. Oleh karena itu, didapatkan nilai emisi dengan cara mengalikan Faktor Emisi atas tipe bahan bakar yang digunakan jenis minyak

tanah (EF) dengan konsumsi energi yang digunakan (EC) berturut-turut untuk nglowong, cecek, dan nembok sebesar **1,55 kg CO₂**, **1,03 kg CO₂**, dan **0,52 kg CO₂**. Sedangkan pada proses pelorodan pertama dan kedua memiliki Faktor Emisi atas tipe bahan bakar yang digunakan jenis kayu bakar (EF) sebesar 1,75 kg **CO₂/kg** dengan emisi yang dihasilkan berturut-turut sebesar **10,5 CO₂** dan **14 CO₂**.

5.3 Analisis Current State Environmental Value Stream Mapping

Current State Environmental Value Steam Mapping memberikan gambaran dasar tentang waktu pemrosesan untuk setiap operasi, termasuk aktivitas yang bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. *Current State Environmental Value Steam Mapping* menggambarkan aliran informasi dan deskripsi material tentang kondisi awal suatu perusahaan di sepanjang Value Stream. Berdasarkan pada gambar *Current Environmental Value Stream Mapping* yang ada, terdapat beberapa *Environmental Waste* yang teridentifikasi pada gambar, *Water Waste*, *Garbage Waste*, dan *Emissions Waste*.

Selain itu, penggunaan air pada proses produksi batik tulis truntum untuk proses diantaranya dengan *Water Waste* teridentifikasi terjadi pada proses penguncian pertama sebesar 25,25 Liter, penguncian kedua 103,18 Liter, Pelorodan pertama 19 Liter, dan pelorodan kedua 19 Liter. Selain itu, *Water Waste* juga teridentifikasi dikarenakan penggunaan air berlebihan yaitu pada proses penguncian kedua dengan besar total penggunaan air proses tersebut sebesar 103,18. *Emission waste* yang didapatkan dari polusi yang dihasilkan dari proses produksi yang terjadi pada proses nglowong yaitu sebesar 1,55 kg CO₂, cecek sebesar 1,03 kg CO₂, nembok sebesar 0,52 kg CO₂, Pelorodan Pertama sebesar 10,5 kg CO₂, dan Pelorodan Kedua sebesar 14 kg CO₂.

Adapaun Pada proses packing plastik kemasan yang digunakan oleh *owner* merupakan jenis yang sulit untuk terurai sehingga plastik tersebut dapat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, plastik pada proses *packing* tergolong kedalam *environmental waste* kategori *Garbage Waste*.

5.4 Fishbone Diagram

Fishbone mempunyai fungsi menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* dari Tujuan *environmental waste*. Berdasarkan dari Analisis *Current State Environmental Value Stream Mapping* yang ada dari proses produksi batik truntum pada IKM Batik Tulis

penulis menganalisis menggunakan alat fishbone diagram dengan menggolongkan 6 kategorinya yaitu *man*, *machine*, *method*, *material*, *measurement*, dan *environment*.

Hasil dari fishbone yang sudah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. *Water*

Pada *Water Waste* permasalahan diidentifikasi dengan menggunakan *Fishbone diagram* dengan permasalahan utama penggunaan air berlebihan pada proses penguncian kedua memiliki memiliki 3 faktor akar penyebab yaitu *measurement*, *man*, dan *machine*. Faktor *measurement* dikarenakan pengisian Air dilakukan hanya berdasarkan perkiraan saja, hal ini disebabkan karena tidak adanya pengingat yang dapat mengingatkan pekerja ketika air terisi sesuai kebutuhannya. Pada faktor *man* dikarenakan Air tumpah-tumpah pada saat pengisian yang disebabkan karena pengisian air tanpa pengawasan. Sedangkan akar penyebab faktor *machine* dikarenakan tidak terdapat fitur yang dapat menutup air dengan sendirinya, yang disebabkan karena pengisian air masih menggunakan teknologi konvensional

2. *Emissions*

Pada *Emission Waste* memiliki 4 faktor kategori akar penyebab yaitu *material*, *environmental*, *machine*, dan *man*. Kategori *material* dikarenakan kayu bakar yang digunakan dalam kondisi basah yang disebabkan karena kayu diletakkan pada tanah. Kemudian faktor *machine* dikarenakan penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang besar, hal ini disebabkan karena tidak terdapat fitur pengatur besaran api yang dihasilkan. Sedangkan, Faktor *Environmental* dikarenakan tidak stabilnya api yang dihasilkan dalam pembakaran yang disebabkan karena api tertiuap angin. Serta faktor *man* dikarenakan masih bergantung dengan kayu sebagai bahan bakarnya yang disebabkan karena kebiasaan lama pekerja tanpa mempertimbangkan inovasi baru.

3. *Garbage*

Pada *Garbage Waste* memiliki 3 faktor kategori yaitu *man*, *material*, dan *method* faktor *man* dikarenakan kurangnya kesadaran akan dampak lingkungan pada *owner* hal ini disebabkan pekerja malas untuk menyediakan jenis plastik yang mudah terurai, hal ini disebabkan karena pekerja malas untuk menyediakan jenis plastik yang mudah terurai. Sedangkan faktor *material* disebabkan karena jenis bahan yang digunakan tidak dapat mudah terurai, yang disebabkan jenis plastik yang digunakan adalah *Low Density Polyethylene*. Serta faktor *method* disebabkan karena proses desain tidak mengutamakan daur ulang dikarenakan biaya relatif lebih murah

5.5 Analisis Rencana Perbaikan 5W+1H Berdasarkan Fishbone Diagram

Analisis 5W1H dilakukan untuk menunjukkan masalah yang terjadi secara menyeluruh berdasarkan hasil yang ditemukan pada diagram fishbone. Selain itu, analisis ini juga memberikan solusi yang terjadi untuk memperbaiki masalah.

Berdasarkan dari hasil analisis 5W+1H yang sudah dilakukan, maka diperoleh berbagai rencana usulan dari peneliti terhadap IKM Batik Sidomukti, pada permasalahan *water waste* terjadi Pengisian Air dilakukan berdasarkan perkiraan yang disebabkan oleh operator karena tidak adanya pengingat yang dapat mengingatkan pekerja ketika air sudah terisi sesuai kebutuhannya. Sehingga, dilakukan rencana tindakan perbaikan terhadap Sistem pengukuran yang akurat untuk memastikan pengisian air dilakukan sesuai dengan kebutuhan yang tepat. Dengan adanya sistem pengukuran yang akurat lebih akurat, diharapkan dapat meningkatkan akurasi dalam proses pengisian air, sehingga dapat mencegah pemborosan air pada bak penguncian.

Selain itu, pada permasalahan *emissions waste* penggunaan tungku yang menyebabkan emisi yang besar dilakukannya rencana perbaikan yang menghasilkan merekomendasikan untuk pengadaan kompor (LPG) untuk proses pelorodan pertama dan kedua yang dilakukan oleh owner dari IKM Sidomukti sendiri guna meningkatkan keamanan terhadap pekerja karena api yang tidak dapat terkontrol menyebabkan risiko tingginya emisi sehingga terganggunya pernafasan dan iritasi mata pada pekerja pada dihasilkan pada proses pelorodan pertama dan kedua yang dilakukan sesegera mungkin sebelum dimulainya proses pelorodan pertama dan kedua.

Serta, pada permasalahan *garbage waste* terdapat permasalahan Jenis bahan yang digunakan tidak mudah terurai guna untuk mencegah pencemaran lingkungan baik di darat dan dilaut dengan cara mengganti jenis plastik menjadi jenis plastik yang lebih mudah terurai yaitu jenis plastik *biodegradable* yang dilakukan oleh owner itu sendiri dan dilakukan Sebelum produk batik didistribusikan kepada konsumen.

5.6 Tindakan Perbaikan Berdasarkan 5W+1H

Berdasarkan dari rencana tindakan perbaikan 5W1H yang sudah dilakukan, dapat diketguyu terdapat perbedaan kondisi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan. Pada *water waste* permasalahan yang terjadi adalah Pengisian Air dilakukan berdasarkan perkiraan. Sebelum dilakukannya perbaikan pekerja tidak mengetahui kondisi air yang

sudah terisi pada bak penguncian yang menyebabkan pekerja hanya sekedar melakukan pengisian air dengan perkiraan saja, sehingga pengisian air kerap pada bak penguncian kerap kali berlebihan. Tindakan perbaikan dari hal itu yaitu pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT*.

Kemudian untuk permasalahan tidak adanya pengatur besaran api yang dihasilkan pada *emissions waste*, sebelum dilakukannya perbaikan emisi yang dihasilkan tidak dapat terkontrol, dikarenakan pengaturan besaran api tidak terkontrol. Setelah dilakukannya perbaikan yaitu Pengadaan kompor (LPG) untuk proses pelorodan pertama dan kedua. Sehingga Emisi yang dihasilkan dapat terkontrol, karena pada kompor LPG dapat mengatur berapa besarnya api yang dihasilkan.

Selain itu, terdapat permasalahan jenis bahan yang digunakan tidak terbarukan pada *garbage waste*, sebelum dilakukannya perbaikan penggunaan bahan yang tidak terbarukan, seperti plastik LDPE yang digunakan ini bersifat sulit terurai, sehingga dapat menyebabkan penumpukan sampah plastik di lingkungan, yang berkontribusi pada pencemaran tanah dan air. Kemudian setelah diusulkan untuk mengganti jenis plastik menjadi jenis plastik yang lebih mudah terurai yaitu jenis plastik bioplastik, sehingga dapat mengurangi penumpukan sampah plastik, dan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan. Selain itu, dengan hal ini juga meningkatkan citra perusahaan yang peduli lingkungan

5.7 Analisis Usulan

Berdasarkan usulan perbaikan berupa memberikan mitigasi pada permasalahan kategori *water waste* yang ada terjadi proses produksi batik truntum yaitu penggunaan air berlebihan akibat pengisian air dilakukan berdasarkan perkiraan pada saat proses penguncian kedua diusulkan untuk pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT* terhadap Bak Penguncian. Oleh karena itu, pekerja tidak lagi melakukan pengisian air berdasarkan perkiraan dikarenakan *Smart Water Level indicator IoT* dapat memantau air secara *real-time* yang sedang terisi pada bak penguncian dan memberi peringatan kepada pekerja melalui gawainya. Sehingga, proses penguncian kedua tidak lagi mengalami kelebihan konsumsi dalam penggunaan air. Adapun banyaknya air yang dihasilkan setelah pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT* terhadap Bak Penguncian Liter yang dihitung menggunakan rumus

bangun ruang dari bentuk bak penguncian yang terdapat pada persamaan (4.12), yaitu volume setengah tabung sebesar 25,55 Liter.

Kemudian, Berdasarkan usulan perbaikan berupa permasalahan kategori Emissions Waste yaitu proses pelorodan pertama dan kedua menghasilkan emisi yang tinggi disebabkan karena faktor karena proses pembakaran kayu yang sulit dikendalikan. Mengingat bahwa penggunaan kayu sebagai bahan bakar berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca dan polusi udara peneliti mengusulkan untuk mengganti tungku kayu dengan kompor gas berbahan bakar LPG. Dengan mengusulkan hal tersebut, maka ditemukan bahwa penyetaraan konsumsi energi dari penggunaan *Liquefied petroleum gas* (LPG) terhadap kayu bakar pada pelorodan pertama sebesar 2,76 kg dengan faktor emisi 2,98 kg CO_2/kg menghasilkan beban emisi sebesar 8,22 kg CO_2 . sedangkan pada pelorodan kedua konsumsinya mencapai 3,68 kg dengan faktor emisi yang sama menghasilkan beban emisi sebesar menghasilkan beban emisi sebesar 10,97 kg CO_2 . Dengan beralih ke gas LPG, diharapkan terjadi pengurangan signifikan pada emisi yang dihasilkan, yang berpotensi mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesehatan pekerja di sekitar IKM.

Kemudian, Peneliti juga memberikan usulan untuk *Garbage Waste* yang terjadi pada proses *Packing*, meskipun *Garbage Waste* teridentifikasi tidak sebanyak waste lainnya namun *Garbage Waste* memiliki dampak yang besar juga terhadap pencemaran lingkungan apabila dengan jumlah yang besar. Dengan cara mengganti jenis plastik yang lebih ramah lingkungan yaitu plastik biodegradable Pada limbah plastik LDPE yang digunakan untuk proses *packaging* memerlukan waktu selama 15 tahun untuk dapat terdegradasi sempurna secara alami (Suyatmo & Wiasih, 2024). Sedangkan pada plastik *biodegradable* hanya memerlukan waktu selama 12 hari untuk dapat terdegradasi sempurna secara alami (Nur, 2021). Oleh karena itu peneliti mengusulkan hal itu dengan mengganti jenis plastik *packaging* produk yang dengan beralih ke jenis plastik yang ramah lingkungan yaitu jenis plastik *biodegradable*, dengan tujuan agar sampah plastik yang digunakan pada proses *packaging* tidak memakan waktu yang lama pada tempat pembuangan akhir sehingga berpotensi dapat mencemari lingkungan.

5.8 Analisis *Future State Environmental Value Stream Mapping*

Tabel 5. 1 Perubahan pada *Water Waste*, *Emission Waste*, dan *Garbage Waste*

Faktor Waste	Current VSM	Future VSM	Selisih penurunan	Persentase Penurunan
<i>Water</i>	166,73	89,1	77,63	47%
<i>Emission</i>	27,15	9,54	17,61	65%
<i>Garbage</i>	1	0	1	100%

Setelah dilakukannya usulan perbaikan berdasarkan analisis *fishbone* dalam proses produksi batik pada proses produksi batik IKM Sidomukti yang tervisualisasi pada *Future Environmental Value Stream Mapping* terdapat perubahan *environmental waste* yang terjadi yaitu pada *water waste*, *emission waste*, dan *garbage waste*. *Water waste* yang merupakan penggunaan air berlebih mengalami penurunan sebesar 77,63 dengan persentase 47% dari total penggunaan air yang sebelumnya proses batik tulis truntum menggunakan air sebesar 166,73 Liter menjadi 89,1 Liter pada proses produksi truntum.

Kemudian terjadi perubahan pada *emission waste* yang divisualisasikan pada *Future Environmental Value Stream Mapping* yang sebelumnya pada proses pelorodan pertama dan pelorodan kedua menghasilkan proses karbon dioksida berturut-turut 10,05 kg CO_2 dan 14 kg CO_2 , menjadi sebesar 8,22 kg CO_2 dan 10,97 kg CO_2 dengan penurunan sebesar 17,61 kg CO_2 persentase penurunan 65% dari keseluruhan emisi yang dihasilkan pada proses produksi batik tulis.

Selain itu juga terjadi perubahan pada *garbage waste* sebesar 100 % dikarenakan penggantian jenis bahan *packaging* yang beralih menggunakan material yang lebih ramah lingkungan. Limbah plastik LDPE yang digunakan untuk proses *packaging* memerlukan waktu selama 15 tahun untuk dapat terdegradasi sempurna secara alami (Suyatmo & Wiasih, 2024). Sedangkan pada plastik *biodegradable* hanya memerlukan waktu selama 12 hari untuk dapat terdegradasi sempurna secara alami (Nur, 2021). Oleh karena itu, kemasan yang digunakan pada proses packing tidak menimbulkan residu terhadap lingkungan karena dapat mudah terurai dalam hitungan hari. Sehingga kemasan yang didistribusikan kepada pelanggan tidak berakhir ditempat pembuangan akhir sebagai limbah yang mencemari lingkungan.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. *Environmental waste* yang terjadi pada IKM Batik Tulis Sidomukti adalah *water waste*, *emission waste*, dan *garbage waste*. *Water Waste* terjadi pada proses penguncian kedua. Permasalahan pada proses tersebut adalah konsumsi air secara berlebihan. Kemudian, *Emission Waste* terjadi pada produksi pelorodan pertama dan kedua terjadi dikarenakan proses pelorodan pertama dan kedua menghasilkan emisi yang tinggi. Serta, *Garbage waste* terjadi pada proses *packing* disebabkan karena limbah yang sulit untuk terurai.
2. Akar masalah konsumsi air secara berlebihan adalah air tumpah tumpah pada saat pengisian bak pengunci, pengisian air berdasarkan perkiraan, dan tidak terdapat fitur yang dapat menutup air secara otomatis. Kemudian, untuk akar masalah produksi emisi yang tinggi yaitu kayu bakar dalam kondisi basah, tidak stabil dalam pembakaran, penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang besar, dan masih bergantung dengan kayu sebagai bahan bakar. Serta, akar masalah limbah yang sulit untuk terurai adalah jenis bahan yang digunakan tidak dapat mudah terurai, proses desain tidak mengutamakan daur ulang, dan pekerja malas untuk menyediakan jenis plastik yang mudah terurai.
3. Usulan pada perbaikan konsumsi air secara berlebihan yang terfokuskan kepada akar permasalahan pengisian air berdasarkan perkiraan yaitu Pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT*. Kemudian, untuk usulan perbaikan produksi emisi yang tinggi terfokuskan kepada akar permasalahan penggunaan tungku bakar menyebabkan emisi yang besar yaitu pengadaan dan pemasangan kompor (LPG). Sedangkan, untuk usulan perbaikan pada menghasilkan limbah yang sulit untuk terurai terfokuskan kepada akar permasalahan jenis bahan pada produksi menyebabkan limbah yang sulit terurai yaitu dengan mengganti jenis plastik kemasan menggunakan jenis plastik *biodegradable*.
4. Perubahan *waste* berdasarkan usulan perbaikan dari pengadaan dan pemasangan alat ukur *Smart Water Level indicator IoT* berdampak terhadap penurunan konsumsi air yang dapat dikurangi sebesar 77,63 Liter dengan persentase 47% dari total

penggunaan air. Kemudian, untuk perubahan waste berdasarkan usulan perbaikan dari pengadaan dan pemasangan kompor (LPG) berdampak terhadap penurunan emisi yang berkurang sebesar 17,61 CO_2 dengan persentase penurunan sebesar 65%. Sedangkan, untuk perubahan waste berdasarkan usulan perbaikan dari mengganti jenis plastik kemasan menggunakan jenis plastik *biodegradable* berdampak terhadap limbah yang dihasilkan sebesar 100% mudah terurai dikarenakan dalam kurun waktu kurang cepat yang sebelumnya tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan diantaranya:

1. Menerapkan proses produksi yang tetap ramah terhadap lingkungan
2. Memprioritaskan produksi dengan meninjau ulang bahan penunjang yang digunakan.
3. Dapat mengimplementasikan usulan perbaikan yang telah dibuat oleh peneliti yaitu menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan emisi yang berlebihan teruraa pada proses pelorodan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., & Suparno, O. (2018). Lean and Green Index Assessment on SMEs Chocolate Bean to Bar in Indonesia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(3), 300–308. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.3.300>
- Alavi, S., Siamaki, P., & Mirmohammadsadeghi, S. (2023). Providing A Green Value Stream Map to Improve Production Performance. *Green and Low-Carbon Economy*, 00(September), 1–10. <https://doi.org/10.47852/bonviewglce32021009>
- Alfathi, B. R. (2024). *Perkembangan Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia Tahun 2013-2023*. 22 Oktober 2024. <https://data.goodstats.id/statistic/perkembangan-emisi-gas-rumah-kaca-indonesia-tahun-2013-2023-aDUqo>
- 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. *Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 156–163. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i2.9708>
- Bappenas. (2014). Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca. *Buku I Landasan Ilmiah*, 1–60. www.bappenas.go.id
- Basit, A. (2022). The Influence of Green Supply Chain Management on Sustainable Performance. *South Asian Management Review*, November, 49–66. <https://doi.org/10.57044/samr.2022.1.1.2206>
- BPS. (2023). Statistik Indonesia. In *Bps* (Vol. 1101001). Publication Number: 03200.230. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- BudihardjoS, R., & Hadipuro, W. (2022). Green Value Stream Mapping: A Tool For Increasing Green Productivity (The Case of PT. NIC). *Journal of Management and Business Environment (JMBE)*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.24167/jmbe.v4i1.4620>
- Crippa, M. . G. (2024). GHG emissions of all world countries. In *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/0115360>
- Division, P., Teknik, F., Hasanuddin, U., & Campus, E. F. (2021). *Print edition ISSN 2615-5109 Electronic edition ISSN 2621-0541. 0*.
- 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>
- Erta Apriliana, & Asnita Frida Sebayang. (2024). Analisis Penggunaan Sibakul Jogja dalam Upaya Penguatan UMKM Melalui Pendekatan Technology Acceptance Model (TAM). *Bandung Conference Series: Economics Studies*, 4(1), 272–278. <https://doi.org/10.29313/bcses.v4i1.11585>
- Garza-Reyes, J. A., Jomero, J. T., 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>
- Goals, S. D. (2018). *WHO-EURO-2018-2376-42131-58026-eng. 3*, 1–9.
- Hanafi, J. (2016). Menuju manufaktur berkelanjutan di Indonesia: Tantangan dan Kesempatan. *Jurnal Teknik Industri*, 17(2). <https://doi.org/10.9744/jti.17.2>
- Hartini, S., Manurung, J., & Rumita, R. (2021). Sustainable-value stream mapping to improve manufacturing sustainability performance: Case study in a natural dye batik SME's. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1072/1/012066>
- Heravi, G., Rostami, M., & Kebria, M. F. (2020). Energy consumption and carbon emissions

- assessment of integrated production and erection of buildings' pre-fabricated steel frames using lean techniques. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120045. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120045>
- Herman, I. H., Widiyanto, D., & Ernawati, I. (2020). Penggunaan K-Nearest Neighbor untuk Mengidentifikasi Citra Batik Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Berdasarkan Warna. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, 504–515.
- Hessing, T. (2019). *Cause and Effect Diagram (aka Ishikawa, Fishbone)*. sixsigmastudyguide. <https://sixsigmastudyguide.com/cause-effect-diagram-aka-ishikawa-fishbone-herringbone-fishikawa/>
- Huang, Y., & Tomizuka, M. (2017). Production Flow Analysis through Environmental Value Stream Mapping: A Case Study of Cover Glass Manufacturing Facility. *Procedia CIRP*, 61, 446–450. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.180>
- James P. Womack, Daniel T. Jones, D. R. (2007). *The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production-- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*.
- Jiang, B., Yu, J., & Liu, Y. (2020). The Environmental Impact of Plastic Waste. *Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(2), 26–35. <https://doi.org/10.30564/jees.v2i2.2340>
- Lesmana, A. S., Ganefi, H. S., & Jahidah, N. S. (2024). Edukasi Green Manufacturing Dan Pemanfaatan Limbah Hasil Produksi Pada Ukm Tahu-Tempe. *Communnity Development Journal*, 5(1), 591–598.
- Lintang, S. A., & Harwati. (2019). The implementation of green lean manufacturing in small scale industry: Reduction energy waste and emission. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012091>
- Mahen, R. A., Batubara, H., & Wijayanto, D. (2023). Identifikasi Waste Melalui Proses Activity Mapping Dan Pendekatan Lean Manufacturing Pada Cv. Kreatifika Harapan Terbang Abadi. *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 7(2), 114–121. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2162>
- Makarín, H. (2024). Analisis Penyebab Ketidakcocokan Stock Opname Pada Divisi Spare Part Inventory Di besar ini juga terdapat departemen dan divisi yang berperan dalam perbedaan persediaan stok spare part di sistem dan juga data aktual serta kurang rapinya. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur*, 2(1).
- Mustakim, Handayani, D. I., & Yustina, S. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Campuran Batako Dalam Implementasi Green Manufacturing. *Jurnal Flywheel*, 12(2), 43–55.
- Nur, M. (2021). Sintesis Uji Kualitas Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Singkong Menggunakan Variasi Penguat Logam Seng Oksida (Zno) Dan Plasticizer Gliserol. *jurnal Al-Ulum*, 12(90500120088), 77–96.
- Pitoyo, A. J., & Triwahyudi, H. (2018). Dinamika Perkembangan Etnis di Indonesia dalam Konteks Persatuan Negara. *Populasi*, 25(1), 64. <https://doi.org/10.22146/jp.32416>
- Prabowo, R., & Suryanto, A. P. (2019). Implementasi Lean Dan Green Manufacturing Guna Meningkatkan Sustainability Pada Pt. Sekar Lima Pratama. *Jurnal SENOPATI : Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering*, 1(1), 52–63. <https://doi.org/10.31284/j.senopati.2019.v1i1.535>
- Prasetyo, S. D., & Yuliawati, E. (2023). Pengukuran Kinerja Operasional Perusahaan Meubel Berdasarkan Konsep Green Manufacturing untuk Mewujudkan

- Keberlanjutan Proses. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 8(1), 49–55.
- Prayugo, J., & Zhong, L. X. (2021). Green productivity: Waste reduction with green value stream mapping. A case study of leather production. *International Journal of Production Management and Engineering*, 9(1), 11–16. <https://doi.org/10.4995/IJPME.2021.12254>
- Prihandono, I., & Religi, F. H. (2019). Business and Human Rights Concerns in the Indonesian Textile Industry. *Yuridika*, 34(3), 493. <https://doi.org/10.20473/ydk.v34i3.14931>
- Pujianto, T., Bunyamin, A., & Wafiyah, S. (2022). Pengukuran kinerja green manufacturing pada industri tahu sumedang untuk meningkatkan kinerja terhadap lingkungan menggunakan GSCOR dan LCA. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 221–233. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.10831>
- Purwanto, H. S. A. E., & Astuti, R. D. (2019). Perbaikan Line Balancing Proses Packing Tablet Xyz Menggunakan Metode Ranked Positional Weight Di Pt. Y. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 18(1), 46–57. <https://doi.org/10.20961/performa.18.1.32360>
- Ramadhika, P. (2019). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local.*, 1(69), 5–24.
- Rizkia, P. N., & Hendrasarie, N. (2022). *Limbah Batik Cual Dengan Metode*. 1–3.
- Samnur, S., & Irfan, A. M. (2011). Analisis Kesetaraan Nilai Kalor LPG dengan Biogas dari Biodigester Skala Rumah Tangga. *Teknik Mesin" TEKNOLOGI"*, 103–110. <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/24018%0Ahttps://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/download/24018/12212>
- Schoeman, Y., Oberholster, P., & Somerset, V. (2021). Value stream mapping as a supporting management tool to identify the flow of industrial waste: A case study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su13010091>
- Siegel, R., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A., & Lameijer, B. (2019). Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118205>
- Sulistiyarini, N. (2021). ... , Conditional Value, Social Value, Emotional Value, dan Attitude Toward Purchasing Green Products serta Implikasinya terhadap Purchase Intention: Telaah pada *Bachelor Thesis thesis, Universitas Multimedia Nusantara*, 2504, 1–9. <http://kc.umn.ac.id/18230/%0Ahttp://kc.umn.ac.id/18230/15/LAMPIRAN.pdf>
- 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. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125389>
- Suyatmo, R. I. D., & Wiasih, H. F. P. (2024). Degradasi Kantong Plastik Oxo-Degradable dan Limbah Polietilena Menggunakan Metode Kolom Winogradsky. *Journal of Polymer Chemical Engineering and Technology*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.52330/jpcet.v1i1.238>
- Wills, B. (2020). Green Intentions. In *Green Intentions*. <https://doi.org/10.4324/9780367806682>
- Yani, A. (2016). Penggunaan Strategi Inkuiri Untuk Perolehan Belajar Konsep Volume Bangun Ruang Melalui Multimedia Di Kelas Vi Sekolah Dasar. *Program Magister TEP, FKIP Universitas Tanjungpura, Pontianak*, 8.
- Zhu, X. Y., Zhang, H., & Jiang, Z. G. (2020). Application of green-modified value stream

mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study.
International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 33(7), 716–731.
<https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667028>

LAMPIRAN











