

**USULAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI DAN  
DISTRIBUSI BERDASARKAN HASIL PERHITUNGAN EMISI  
DAN FISILOGI KERJA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



**ALFAN DENY WIJAYA**

**16 06 08859**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

Usulan Perbaikan Proses Produksi Dan Distribusi Berdasarkan Hasil Perhitungan  
Emisi Dan Fisiologi Kerja

Yang disusun oleh

Alfan Deny Wijaya

16 06 08859

Dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 27 Oktober 2020

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	Dr. Parama Kartika Dewa SP, S.T., M.T.	Telah menyetujui
Dosen Pembimbing 2	Dr. Parama Kartika Dewa SP, S.T., M.T.	Telah menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	Yosef Daryanto, S.T., M.Sc., Ph.D	Telah menyetujui
Penguji 2	DM. Ratna Tungga Dewa, S.Si., M.T.	Telah menyetujui

Yogyakarta, 27 Oktober 2020

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

Ttd.

Dr. A. Teguh Siswantono, M.Sc

## PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfani Deny Wijaya

NPM : 160608859

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Usulan Perbaikan Proses Produksi Dan Distribusi Berdasarkan Hasil Perhitungan Emisi Dan Fisiologi Kerja” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2019/2020 yang bersifat original dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidak sesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 23 September 2020

Yang menyatakan,



Alfani Deny Wijaya

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis menyelesaikan penelitian ini dengan mendapat banyak doa dan dukungan dari banyak orang. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan perlindungan serta rahmat selama mengerjakan laporan tugas akhir.
2. Papa, Mama, dan Kakak yang telah memberikan dukungan dan doa selama mengerjakan laporan tugas akhir.
3. Dekky Kus Herwindro dan Rainaldo Canda Andika Yogiswara yang selalu memberikan masukan dan semangat kepada penulis selama mengerjakan tugas akhir.
4. Bapak Dr Parama Kartika Dewa SP, S.T., M.T. yang sudah membimbing dengan penuh kesabaran dan perhatian.

**Hati yang gembira adalah obat yang manjur, tetapi semangat yang patah mengeringkan tulang (Amsal 17:22)**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan perlindungan-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Usulan Perbaikan Proses Produksi Dan Distribusi Berdasarkan Hasil Perhitungan Emisi Dan Fisiologi Kerja” dengan baik. Penulisan skripsi ini disadari tidak dapat selesai tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Ririn Diar Astanti, S.T., MMT., Dr.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Dr Parama Kartika Dewa SP, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing.
5. Ibu DM. Ratna Tungga Dewa, S.Si., M.T., dan Bapak Yosef Daryanto, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

## DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGESAHAN	ii
	PERNYATAAN ORIGINALITAS	iii
	HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
	KATA PENGANTAR	v
	DAFTAR ISI	vi
	DAFTAR GAMBAR	vii
	DAFTAR TABEL	ix
	DAFTAR LAMPIRAN	x
	INTISARI	xi
1	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Rumusan Masalah	2
	1.3. Tujuan Penelitian	2
	1.4. Batasan Masalah	3
2	TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
	2.1. Tinjauan Pustaka	4
	2.2. Dasar Teori	6
3	METODOLOGI PENELITIAN	20
	3.1. Tahap Pendahuluan	20
	3.2. Tahap Pengumpulan Data	21
	3.3. Tahap Pengolahan Data	24
	3.4. Tahap Penutup	28
4	PROFIL PERUSAHAAN DAN DATA	30
	4.1. Profil Perusahaan	30
	4.2. Alat dan Mesin	31

4.3. Bahan Baku Kulit	33
4.4. Bahan Pembantu	35
4.5. Produk Utama	35
4.6. <i>Process Flow Diagram</i>	41
4.7. Data Penjualan	42
4.8. Data Distribusi	43
4.9. Jarak Distribusi dan Kendaraan	46
4.10. Faktor Tenaga Kerja	47
4.11. Pernapasan Manusia	48
4.12. Proses Bisnis	49
5 PENGOLAHAN DATA	51
5.1. <i>Goal and Scope Definition</i>	51
5.2. <i>Life Cycle Inventory Analysis</i>	51
5.3. <i>Proses Purchasing</i>	57
5.4. <i>Proses Distribusi</i>	62
5.5. <i>Faktor Tenaga Kerja Manusia</i>	72
5.6. <i>Kontribusi Aspek Manusia Dalam Global Warming Potential</i>	75
5.7. <i>Diagram Alir Proses Produksi</i>	78
5.8. <i>Diagram Alir Proses Distribusi</i>	80
5.9. <i>Life Cycle Impact Assesment</i>	81
5.10. <i>Life Cycle Impact Interpretation</i>	81
5.11. <i>Usulan Perbaikan</i>	82
6 KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1. Kesimpulan	83
6.2. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lingkup <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	8
Gambar 2. 2. <i>Life Cycle Assessment Framework</i>	9
Gambar 2. 3. Data Emisi CO <sub>2</sub> pada Tahun 2011	10
Gambar 2. 4. Contoh Diagram Alir	19
Gambar 3. 1. Tahap Pendahuluan	21
Gambar 3. 2. Tahap Pengumpulan Data	22
Gambar 3. 3. Tahap Pengumpulan Data Primer	23
Gambar 3. 4. Tahap Pengumpulan Data Sekunder	24
Gambar 3. 5. Tahap Pengolahan Data	25
Gambar 3. 6. Tahap Penutup	29
Gambar 4. 1. UKM JL	30
Gambar 4. 2. Lokasi UKM JL	31
Gambar 4. 3. Pelubang Kulit	32
Gambar 4. 4. Mesin Jahit	32
Gambar 4. 5. Mesin Emboss	33
Gambar 4. 6. Kulit Siap Olah	34
Gambar 4. 7. Produk Tas Pria	36
Gambar 4. 8. Strap Jam	37
Gambar 4. 9. Dompot Pria	38
Gambar 4. 10. Proses Prefabrikasi Dompot	39
Gambar 4. 11. Proses Fabrikasi Dompot	40
Gambar 4. 13. Proses Bisnis Pemesanan	50
Gambar 5. 1. Diagram Alir Proses Produksi	78
Gambar 5. 2. Diagram Alir Proses Produksi Lanjutan	79
Gambar 5. 3. Diagram Alir Proses Distribusi	80
Gambar 5. 4. Emisi di UKM JL	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Faktor Emisi Bahan Bakar	13
Tabel 2. 2. Nilai Kalor Bahan Bakar	13
Tabel 2. 3. Nilai <i>Global Warming Potential</i>	14
Tabel 2. 4. Kategori Beban Kerja	14
Tabel 2. 5. Klasifikasi % CVL	15
Tabel 2. 6. Simbol Peta Proses Operasi	18
Tabel 4. 1. Lokasi	35
Tabel 4. 2. <i>Part</i> Tas	36
Tabel 4. 3. <i>Part</i> Strap Jam	37
Tabel 4. 4. <i>Part</i> Dompot Pria	38
Tabel 4. 5. Data Penjualan Per Bulan	42
Tabel 4. 6. Lanjutan	43
Tabel 4. 7. Data Penjualan Satu Tahun	43
Tabel 4. 8. Distribusi Magelang	44
Tabel 4. 9. Distribusi Surakarta	45
Tabel 4. 10. Jarak Distribusi	46
Tabel 4. 11. Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan	47
Tabel 4. 12. Faktor Tenaga Kerja	47
Tabel 4.13. Rata-Rata Pernapasan Normal	48
Tabel 4.14. Rata-Rata Pernapasan Aktivitas	49
Tabel 5.1. Frekuensi Pernapasan Pekerja	75

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Bimbingan	87
Lampiran 2. Surat Keterangan UKM JL	89
Lampiran 3. Peta Proses Operasi PreFabrikasi Dompot	90
Lampiran 4. Peta Proses Operasi Fabrikasi	91
Lampiran 5. Peta Proses Operasi PreFabrikasi Dompot	92
Lampiran 6. Peta Proses Operasi Fabrikasi	93
Lampiran 7. Process Flow Diagram	94
Lampiran 8. Rata-Rata Pernapasan Pekerja Saat Aktivitas	95
Lampiran 9. Draft Wawancara	96



## INTISARI

Proses produksi di UKM JL membutuhkan *input* untuk menjadi produk yang diharapkan. Penggunaan energi akan menghasilkan *output* yang dapat berdampak buruk bagi lingkungan jika tidak diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber serta besar emisi karbon yang dihasilkan di UKM JL. Selain itu dilakukan juga identifikasi kelelahan pada pekerja dalam melakukan aktivitas produksi. Pada penelitian ini, identifikasi dilakukan pada tahap produksi hingga distribusi produk dari UKM JL.

Penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Assesment* (LCA). Metode LCA terdiri dari empat tahap yaitu *goal and scope definition*, *life cycle inventory analysis*, *life cycle impact assessment*, dan *life cycle interpretation*. Dalam melaksanakan penelitian, perlu dilakukan pengambilan data primer maupun sekunder untuk diolah pada langkah selanjutnya. Sedangkan pada proses produksi, penelitian fokus pada produksi dompet.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sumber emisi karbon terdapat pada penggunaan listrik, bahan bakar, dan pernapasan manusia. Listrik digunakan untuk menjalankan mesin jahit, mesin emboss, dan lampu. Pada penggunaan bahan bakar digunakan untuk kendaraan baik Honda Vario maupun Daihatsu Luxio yang digunakan untuk proses pembelian, dan distribusi. Sumber emisi terakhir ada pada pernapasan manusia saat melakukan aktivitas maupun saat tidak melakukan aktivitas kerja. Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan listrik selama satu tahun sebesar 0,201 tonCO<sub>2eq</sub>/tahun. Pada penggunaan bahan bakar selama satu tahun jika menggunakan Honda Vario menghasilkan emisi sebesar 0,087 tonCO<sub>2eq</sub>/tahun, dan penggunaan Daihatsu Luxio sebesar 0,437 tonCO<sub>2eq</sub>/tahun. Emisi yang dihasilkan dari pernapasan pekerja selama satu tahun sebesar 0,027 tonCO<sub>2eq</sub>/tahun. Pada proses produksi di UKM JL, pekerja tidak membutuhkan waktu istirahat tambahan.

Kata kunci : karbon dioksida, emisi, *Life Cycle Assesment*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Permasalahan iklim menjadi bahasan penting terkait isu lingkungan hidup pada tingkat nasional maupun internasional. Dengan adanya perubahan iklim, banyak dampak yang disebabkan oleh adanya masalah tersebut. Penyebab terjadinya perubahan iklim antara lain adalah peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di bumi, sehingga menyebabkan pemanasan global yang berdampak pada perubahan iklim. Pada tahun 1974-2005 terjadi peningkatan konsentrasi GRK sebesar 70%. Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menyumbang 17,4% total emisi di dunia didapat dari laporan *Fourth Assessment of IPCC* (2007).

*Global warming* merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus. *Global warming* sendiri merupakan fenomena dimana terjadi peningkatan suhu di bumi. Berbagai dampak dapat disebabkan dari *global warming*, antara lain perubahan cuaca yang tidak menentu, meningkatnya permukaan air laut, dan lain sebagainya. *Global warming* atau pemanasan global tidak terjadi dengan sendirinya. Faktor yang dapat menyebabkan pemanasan global antara lain tingginya polusi udara, penyalahgunaan bahan kimia, banyak hutan digunduli, dan berbagai penyebab lainnya.

Faktor penting dibalik timbulnya pemanasan global adalah tingginya emisi yang dihasilkan oleh masyarakat sehari-hari. Emisi merupakan komponen yang dapat menjadi pencemar di lingkungan sekitar. Disaat emisi melebihi batasannya, emisi dapat menjadi masalah dalam lingkungan. Namun jika emisi masih dalam batasan, hal tersebut tidak menjadi masalah dalam lingkungan. Emisi karbon merupakan faktor terbesar ditimbulkannya permasalahan *global warming*. Penggunaan bahan bakar fosil, serta minyak bumi maupun batu bara semakin memperparah kondisi permukaan bumi. Selain itu penggunaan bahan kimia berbahaya juga dapat memperburuk kondisi bumi. Penggunaan Klorofluorokarbon (CFC) dapat menjadi masalah ketika penggunaannya berlebihan.

Jejak karbon merupakan emisi gas yang dihasilkan oleh masyarakat akibat aktivitas yang dilakukan sehari - hari. Setiap kegiatan dalam proses produksi menghasilkan jejak karbon. Penggunaan sumber energi listrik atau bahan bakar secara berlebihan, dapat memiliki dampak yang tidak baik bagi lingkungan. Terdapat Undang Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang

Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, selain itu juga terdapat rencana pemerintah untuk mengenakan pajak berdasarkan emisi produksi. Tujuan adanya undang – undang, dan rencana pemerintah tersebut untuk menekan tingkat pencemaran, dan melestarikan lingkungan.

Proses produksi pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Jogja Leather Production juga menggunakan energi dalam proses produksi. UKM ini bergerak pada pengolahan kulit sapi menjadi kerajinan tangan seperti tas, dompet, strap jam, dan berbagai macam produk lainnya. Sistem produksi pada UKM ini menerapkan sistem *make to stock*, namun tidak menutup kemungkinan menyesuaikan keinginan konsumen (*make to order*). Dalam proses produksinya UKM JL menggunakan listrik untuk penerangan serta penggunaan mesin produksi, dan menggunakan bahan bakar untuk kendaraan dalam proses distribusi maupun *purchasing*.

Banyak pihak belum memperhatikan emisi yang dihasilkan dalam proses produksinya. Maka dari itu, perlu dilakukan di UKM JL. Tindakan ini dilakukan untuk memberi evaluasi di UKM JL, serta memberi usulan dalam mengurangi nilai emisi.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana UKM JL dapat melaksanakan evaluasi dampak *Global Warming Potential* dalam proses produksi dan distribusi?
- b. Bagaimana perbaikan yang dapat dilakukan oleh UKM JL pada proses produksi dan distribusi?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka dalam penelitian ini memiliki tujuan yaitu:

- a. Mengidentifikasi sumber jejak emisi karbon yang dihasilkan.
- b. Menghitung besar jejak emisi karbon yang dihasilkan, serta mengurutkan berdasarkan dampak terbesar pada lingkungan.
- c. Mengidentifikasi kelelahan pekerja.
- c. Memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi dalam proses produksi dan distribusi.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam melakukan penelitian ini, penelitian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar emisi yang dihasilkan pada UKM JL. Penelitian dimulai dari mendapatkan bahan baku, hingga tahap pengolahan. Selain itu penelitian dilaksanakan pada tanggal 30 Juni 2020 – 1 Oktober 2020. Fokus pada penelitian ini yaitu pada produksi olahan kulit sapi di UKM JL.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Yulianto dkk (2016) dalam penelitiannya membahas tentang masalah lingkungan yang paling kritis secara internasional adalah pemanasan global. Salah satu sektor yang bertumbuh secara global adalah perkembangan industri. Penelitian dilakukan di rantai pasok, yang menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Carbon Footprint*. Dari hasil penelitian tersebut, kekurangan dari *Carbon Footprint* adalah terlalu fokus pada satu permasalahan yang menyebabkan terjadinya pengalihan beban, serta perlunya pengembangan alat untuk menghitung jejak karbon. Terjadi saat perhitungan CF, terdapat daftar *input* yang hilang seperti misalnya bahan kimia, proses siklus fermentasi anggur. Hal ini disebabkan karena CF lebih fokus pada beberapa produk yang berhubungan dengan anggur. Sedangkan dilakukannya LCA bertujuan untuk menguji alat sehubungan dengan nilai kesesuaian sebagai alat standar. Hasil dari perhitungan LCA, penyumbang nilai emisi sebesar 70% ada pada botol kaca dari produk *wine*, distribusi, serta pertanian anggur.

Kartika dkk (2017) dalam penelitiannya menggunakan metode LCA di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo dengan output karet setengah jadi. Perusahaan tersebut sebagai pemasok ke perusahaan lainnya seperti *Good Year* dan *Michelin* pada bulan November tahun 2016 hingga bulan Februari tahun 2017. Penelitian ini menggunakan metode ISO 14040, untuk menganalisis emisi karbon yang digunakan dan menggunakan Olah Citra *Landsat 8.0*, *software Arc Map 10.4* dan *ENVI 4.5* dalam melakukan perhitungan penyerapan karbon. Dari perhitungan tersebut didapatkan penghasilan emisi dari tahun 2015 dan 2016 berturut-turut sebesar 6,65 ton CO<sub>2</sub> equivalen per hektar per tahun dan 8,84 ton CO<sub>2</sub> equivalen per hektar per tahun. Sedangkan nilai penyerapan karbon pada tahun 2015 dan 2016 berturut-turut sebesar 31,52 ton CO<sub>2</sub> equivalen per hektar per tahun dan 154,72 ton CO<sub>2</sub> equivalen per hektar per tahun. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan jumlah konsumsi karbon lebih besar daripada nilai potensi emisi yang dihasilkan.

Pada sidang PBB yang dilakukan pada tahun 1988, menyatakan jika perlunya perhatian khusus untuk menangani perubahan iklim yang dapat menjadi bencana dikemudian hari. Dukungan dari “Kyoto Protokol” pada tahun 1997, menuntut berbagai negara untuk mengurangi emisi kolektif mereka. Emisi yang perlu diperhatikan antara lain gas metana (CH<sub>4</sub>), perfluorokarbon (C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), dan hidrofluorokarbon (HFCs).

*Intergovernmental Panel on Climate Change (2007)* mengatakan jika aktivitas yang dilakukan sehari-hari dapat menyebabkan emisi yang memiliki efek terjadinya pemanasan global. Selain itu dampak yang dihasilkan tergantung dari radiasi dan waktu molekul gas di atmosfer. Pemanasan global dapat diketahui melalui perhitungan matematis, dan relatif terhadap CO<sub>2</sub>. Terjadinya *Greenhouse Gases (GHG)* berasal dari berbagai faktor antara lain yaitu CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>O.

Proses produksi yang berlangsung akan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> di kehidupan sehari-hari. Jumlah produksi yang tidak diseimbangi dengan langkah penanganan mengenai emisi CO<sub>2</sub> yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan alam jika dilakukan dalam jangka waktu panjang dan berlebih. Pada Peraturan Presiden No, 61 tahun 2011, menyatakan jika pada tahun 2020 memiliki target untuk melakukan penurunan emisi pada sektor industri.

Wahyudi (2017) melakukan penelitian pada penggunaan emisi GRK dari kegiatan produksi tahu. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan metode LCA. Penggunaan metode tersebut mengikuti standar ISO 14040. Metode tersebut melakukan perhitungan emisi GRK dan jejak karbon sesuai dengan *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006*. Hasil dari penelitian tersebut, menunjukkan bahwa daur hidup tahu sebesar 2.224.871,2 kgCO<sub>2</sub>eq/tahun dan nilai jejak karbon sebesar 1.849 kgCO<sub>2</sub>eq/tahun. Hasil yang diperoleh tersebut, selanjutnya dilakukan upaya perbaikan pada aktivitas kegiatan produksi tahu, guna untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Upaya yang diusulkan pemasangan isolator, penggunaan biogas untuk tujuan pengolahan limbah cair dan pemasangan ketel uap.

Astari (2012) dalam tugas akhirnya membahas mengenai energi yang digunakan dalam suatu permukiman. Energi tersebut dapat berupa energi listrik dan energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Astari meneliti kegiatan permukiman di Pademangan Jakarta Utara. Penelitian dilakukan dengan cara menghitung emisi jejak karbon yang diperoleh dari kegiatan di permukiman. Perhitungan

menggunakan metode penarikan sampel acak berstrata secara proporsional terhadap jumlah total kepala keluarga di permukiman tersebut. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, total emisi karbon yang dihasilkan sebanyak 11.336,16 ton CO<sub>2</sub>/bulan. Penggunaan emisi karbon terbanyak berasal dari kelurahan Pademangan Barat yang menggunakan emisi karbon primer (penggunaan bahan bakar fosil) sebesar 221,76 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan emisi karbon sekunder (penggunaan listrik) sebesar 3910,12 ton CO<sub>2</sub>/bulan. Berdasarkan hasil analisis dan uji statistik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai emisi CO<sub>2</sub>. Beberapa faktor tersebut yaitu jenis rumah, daya listrik, dan jumlah pendapatan.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Konsep Jejak Karbon**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jacobus & Yohanes (2017) proses produksi yang dilakukan di Indonesia memiliki dampak yang berbahaya karena tingginya emisi yang dihasilkan. Emisi tersebut berasal dari penggunaan batubara yang berlebih. Pada tahun 2025 diperkirakan menghasilkan emisi sebesar 20 kali lebih tinggi daripada emisi batubara yang dihasilkan pada tahun 2005.

Konsep jejak karbon bukan merupakan hal yang baru, namun konsep jejak karbon menjadi indikator terjadinya pemanasan global. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, jejak karbon merupakan perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan secara langsung maupun tidak langsung pada siklus produksi (Wiedmann & Minx, 2008).

Dalam perhitungan jejak karbon dibutuhkan untuk mengetahui jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu proses produksi. Jumlah penurunan emisi membutuhkan perhitungan laju emisi dan serapan karbonnya. Dalam melakukan perhitungan tersebut membutuhkan data aktivitas dan faktor emisi dalam suatu proses produksi.

### **2.2.2. Dampak Pemanasan Global**

Perubahan iklim yang terjadi juga akan berdampak pada peningkatan suhu air laut di Indonesia sebesar 0,2° C hingga 2,5° C. Selain itu dampak yang dihasilkan dapat dihasilkan oleh pemanasan global adalah terumbu karang di Indonesia atau sebesar 50.000 km<sup>2</sup>, terancam kritis. Berdasarkan penelitian tahun 2000, 6% terumbu karang di Indonesia berada dalam kondisi sangat baik, 24% dalam kondisi baik, dan 70% sisanya dalam kondisi sedang dan buruk.

Berdasarkan laporan IPCC's *Fourth Assessment* (2007), perubahan iklim yang terjadi di Indonesia tidak hanya berdampak pada keanekaragaman hayati saja, namun perubahan iklim menjadi peringatan mengenai bahaya yang mengancam. Bahaya lain yang ditimbulkan dengan perubahan iklim adalah meningkatnya jumlah penderita demam berdarah selama musim hujan di Indonesia. Peningkatan penderita demam berdarah diperparah dengan cuaca yang lebih panas. Selain itu peningkatan suhu juga dapat mempengaruhi mutasi virus dengue, sehingga beberapa korban demam berdarah membutuhkan perawatan khusus.

Menurut Irianto (2004) bahaya terbesar dari perubahan iklim adalah gangguan siklus air. Pemanasan global akan mempengaruhi kualitas air di permukaan bumi. Kelangkaan air bersih menjadi masalah yang perlu diberi perhatian khusus.

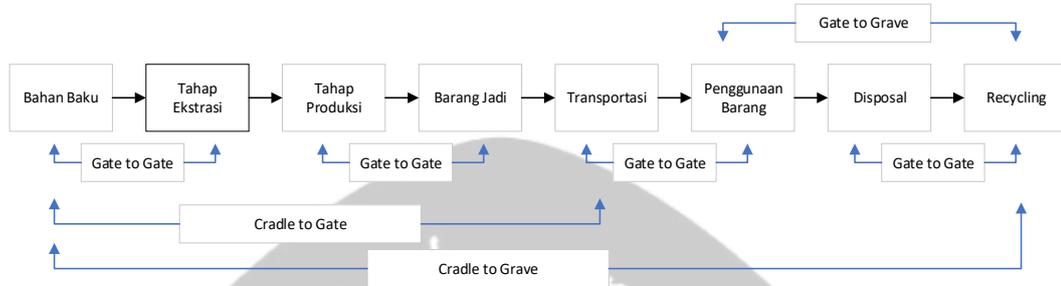
### **2.2.3. Life Cycle Assessment**

Menurut Graedel (1998) fokus dalam LCA adalah mengetahui dampak lingkungan dari sistem yang sedang diteliti pada aspek kesejahteraan ekologis, kesehatan manusia, dan penipisan sumber daya. Definisi sasaran (ISO 14040) merupakan fase penting dalam tahap analisis lingkungan, karena pada fase ini bertujuan untuk mengetahui batasan yang perlu diketahui dalam proses penelitian. Inventaris (ISO 14041) adalah analisis yang dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif, selain itu juga mengidentifikasi sumber daya yang digunakan dan emisi yang dihasilkan dalam siklus hidup. Penilaian dampak (ISO 14042) dapat dibagi menjadi klasifikasi, karakterisasi dan penilaian.

*Life Cycle Analysis* (LCA) adalah metode berbasis *cradle to grave*, yang didalamnya menganalisis mulai dari proses produksi hingga pengolahan limbah dengan tujuan mendapatkan jumlah energi, biaya, dan dampak lingkungan terhadap daur hidup produk. Langkah dalam pelaksanaan LCA dimulai dari menentukan ruang lingkup dan tujuan, analisis inventori, analisis dampak, dan interpretasi. Dalam menentukan batasan, terdapat empat pendekatan seperti pada Gambar 2.1. yang dapat dilakukan yaitu:

- a. *Cradle to grave*: dimulai dari bahan baku produksi, distribusi, proses produksi hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.
- b. *Cradle to gate*: dimulai dari proses pengolahan bahan baku, hingga bahan baku tersebut diolah menjadi produk jadi, bertujuan untuk mengetahui dampak lingkungan suatu produk.

- c. *Gate to grave*: dimulai dari penggunaan paska produksi, hingga fase akhir siklus hidupnya, dengan tujuan mengetahui dampak yang disebabkan setelah keluar dari proses produksi.
- d. *Gate to gate*: hanya mencakup tahapan pada proses produksi, dengan tujuan mengetahui dampak yang dihasilkan selama proses produksi.



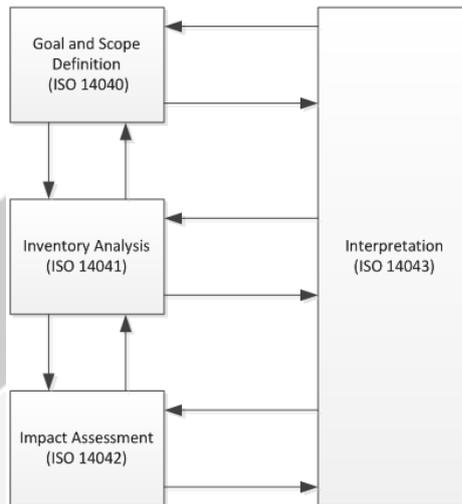
**Gambar 2.1. Lingkup *Life Cycle Assessment (LCA)***

ISO 14040, membahas mengenai LCA yang mencakup definisi tujuan dan ruang lingkup, fase analisis, analisis dampak, dan interpretasi siklus. Hasil dari LCA memiliki tujuan untuk mempertimbangkan tujuan dan ruang lingkup. Dengan adanya rasa khawatir akan dampak yang ditimbulkan akibat proses produksi akan membantu meningkatkan kinerja lingkungan produk pada proses produksi. Selain itu penerapan LCA akan membantu dalam pemasaran sebuah produk dengan mengikutsertakan ecolabel pada produk. Pada tahap ini perlu untuk menentukan rumusan masalah, tujuan penelitian, serta batasan masalah yang ada.

Sedangkan pada ISO 14041 membahas mengenai *Inventory Analysis*. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui proses dari suatu pekerjaan untuk menghasilkan *output* tertentu. Diperlukan untuk mengetahui *input* sebuah proses serta jumlah yang dibutuhkan, sebelum dilakukan proses. Hasil dari proses akan menghasilkan produk utama yang diproses, serta produk sampingan yang tidak digunakan beserta limbahnya. Pada setiap proses pasti membutuhkan sebuah *input* untuk dilakukan proses yang dapat menghasilkan emisi selama prosesnya.

Tahap selanjutnya dari proses LCA pada ISO 14042 yaitu *Impact Assessement* atau analisis dampak. Setelah mengetahui *output* serta limbah yang dihasilkan dari proses awal, dilakukan evaluasi untuk mengetahui kelayakan yang ada. Hasil dari tahapan sebelumnya perlu dievaluasi apakah hasil tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kelangsungan hidup selanjutnya. Ada beberapa aspek yang perlu diketahui dalam tahap evaluasi ini, aspek tersebut antara lain  $N_2O$ ,  $CH_4$ , dan  $CO_2$ .

Tahap terakhir dari proses LCA terdapat pada ISO 14043 yaitu *Life Cycle Interpretation*. Pada tahap ini akan diberikan saran yang dapat dilakukan bagi pemilik usaha pada tahap produksi berikutnya. Hasil dari tahap sebelumnya akan dibuat kesimpulan mengenai proses produksi yang sudah dilakukan. Skema tersebut dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.2.



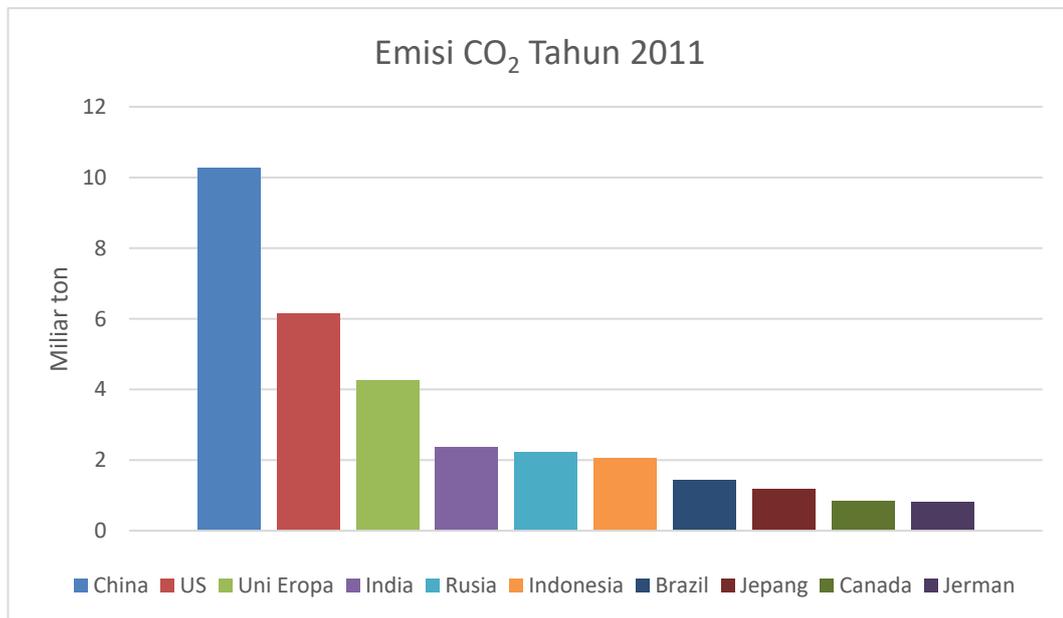
**Gambar 2. 2. Life Cycle Assessment Framework**

#### 2.2.4. Gas Rumah Kaca

*Global warming* dapat disebabkan oleh GRK. GRK sendiri merupakan partikel panas yang tidak dapat keluar dari atmosfer. Disaat sinar matahari akan masuk ke bumi, sebagian tidak dapat masuk ke bumi karena dipantulkan oleh atmosfer, dan sebagian lainnya akan masuk permukaan bumi. GRK merupakan lapisan yang berguna untuk menyerap radiasi matahari, namun bila jumlah partikel yang berlebih di atmosfer, akan menyebabkan partikel panas tidak bisa keluar dari atmosfer. Partikel panas yang berlebih akan menyebabkan pemanasan global.

Indonesia merupakan negara yang memiliki peran cukup besar dalam menyumbangkan GRK ke 16 terbesar di dunia, data tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.3. Pada tahun 2003, Indonesia menghasilkan emisi sebesar 247 juta ton CO<sub>2eq</sub>. Jumlah emisi karbon yang dihasilkan Indonesia pada tahun 2003 merupakan 1,34% total emisi yang ada di dunia pada tahun 2003. Hal tersebut diperparah dengan adanya fakta yang menyatakan total emisi non CO<sub>2</sub> yang dihasilkan Indonesia sebesar 505 juta ton per tahun, hasil tersebut menempatkan Indonesia pada peringkat 15 penghasil emisi terbesar di dunia sejak tahun 2000. Indonesia berada di peringkat 6 di dunia yang menjadikan negara penghasil CO<sub>2</sub>

di dunia. Pada tahun 2011 CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 45,914 miliar ton, dan indoneisa menyumbang sebesar 2,053 miliar ton.



**Gambar 2. 3. Data Emisi CO<sub>2</sub> pada Tahun 2011**

*United Nations Framework Convention on Climate Change*, menggolongkan enam gas yang menjadi GRK yaitu CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, Sulfurheksafluorida (SF<sub>6</sub>), dan Perfluorokarbon (PFCs). Penambahan emisi sebagian besar dihasilkan dari proses produksi yang terjadi, bisa dari pembakaran bahan bakar maupun mesin yang digunakan untuk proses produksi.

### 2.2.5. Emisi Karbon

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan meningkatnya emisi karbon, faktor tersebut antara lain penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi, gas, dan batu bara) ditengah peningkatan produksi. Maka perlu untuk menghitung jumlah emisi karbon yang dihasilkan sebagai berikut:

#### a. Energi listrik

Pada penggunaan energi listrik yang diteliti, listrik berasal dari pembakaran batu bara sebagai sumber energi. Listrik yang ada dapat digunakan untuk sumber energi mesin selama proses produksi. Maka untuk mengetahui besar emisi yang berasal dari energi listrik selama proses produksi sebagai berikut:

$$W = P \times t \quad (2.1)$$

Diketahui:

$W$  = Energi (Wh)

$P$  = Daya listrik (watt)

$t$  = Waktu (*hour*)

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengetahui energi ( $W$ ) yang dibutuhkan oleh suatu mesin dalam proses produksi. Perlu untuk mengetahui daya listrik ( $P$ ) alat yang digunakan, serta waktu ( $t$ ) penggunaan mesin. Maka ditemukan hasil dari energi listrik proses tersebut.

$$KE = W \times SFC \times NK_Y \quad (2.2)$$

Diketahui:

$KE$  = Konsumsi energi (TJ)

$W$  = Energi (watt)

$SFC$  = *Specific Fuel Consumption* / konsumsi bahan bakar listrik 0,54 ton/MWh atau ton/MegaWatt-hour

$NK$  = Nilai Kalor

Setelah mengetahui energi yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah menghitung konsumsi energi.  $KE$  merupakan hasil perkalian dari energi, konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor. Konsumsi bahan bakar listrik sebesar 0,54 ton / Mega watt *hour*. Sedangkan nilai kalor yang dihasilkan dari pembakaran batu bara sebesar  $18,9 \times 10^{-6}$  TJ/ton.

$$Emisi l_x = KE \times FE_x \times GWP_x \quad (2.3)$$

Diketahui:

$Emisi x$  = Emisi listrik dari  $CO_2$  /  $N_2O$  /  $CH_4$  ( $kgCO_{2eq}$ )

$KE$  = Konsumsi energi (TJ)

$FE$  = Faktor emisi setiap emisi (kg/TJ)

$GWP$  = *Global Warming Potential* setiap emisi ( $CO_{2eq}$ )

Langkah ketiga adalah menghitung emisi yang dihasilkan pada setiap gas yang ingin diketahui seperti CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Konsumsi energi yang sudah diketahui pada tahap sebelumnya dikali dengan faktor emisi setiap emisi yang sedang dihitung, dan dikali dengan nilai *Global Warming Potential* setiap emisi yang sedang dihitung.

$$Total\ Emisi\ Proses = \sum Emisi\ l_x \quad (2.4)$$

Tahap terakhir adalah menghitung total emisi proses dengan menjumlah hasil emisi dari CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub> yang sudah dihitung pada tahap sebelumnya.

#### b. Bahan Bakar

Selain menghitung emisi yang dihasilkan selama proses produksi berdasarkan emisi listrik yang dihasilkan, perlu untuk mengidentifikasi emisi bahan bakar yang digunakan selama proses distribusi. Perlu diketahui jarak, serta konsumsi bahan bakar kendaraan yang digunakan. Menurut Wardani dkk (2017) dari informasi tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan berikut.

$$Kebutuhan\ BBM = \frac{S}{konsumsi} \quad (2.5)$$

Diketahui:

*Kebutuhan BBM* = Bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali perjalanan (liter)

*S* = Jarak (km)

*Konsumsi* = Konsumsi bahan bakar minyak kendaraan (km/L)

Tahap pertama adalah mengetahui kebutuhan bahan bakar minyak yang dibutuhkan oleh kendaraan tertentu untuk melakukan satu kali distribusi. Jarak dari lokasi awal menuju lokasi tujuan dibagi dengan konsumsi kendaraan tertentu. Setelah diketahui kebutuhan bahan bakar minyak kendaraan tersebut, lalu digunakan untuk langkah selanjutnya.

$$Emisi\ bb_x = Kebutuhan\ BBM \times NK_Y \times FE_x \quad (2.6)$$

Diketahui:

*Emisi bb<sub>x</sub>* = Emisi bahan bakar dari emisi x (kg/tahun)

*Kebutuhan BBM* = Bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali perjalanan (liter)

*NK<sub>Y</sub>* = Nilai kalor bahan dari bakar Y (pada Tabel 2.2)

*FE<sub>X</sub>* = Faktor emisi dari emisi X (pada Tabel 2.1)

Menurut Sofiah (2017), langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi emisi bahan bakar dari emisi CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>. Kebutuhan bahan bakar minyak yang sudah diketahui pada tahap sebelumnya dikali dengan nilai kalor dari bahan bakar kendaraan yang digunakan, dan dikali dengan faktor emisi dari emisi yang sedang dihitung. Nilai kalor dan faktor emisi dapat diketahui dengan melihat pada Tabel 2.1. Sebagai contoh pada penggunaan bahan bakar batu bara, faktor emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 1 kg/TJ, sedangkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 96.100 kg/TJ, faktor emisi N<sub>2</sub>O sebesar 1,5 kg/TJ, dan seterusnya pada bahan bakar solar maupun premium.

**Tabel 2. 1. Faktor Emisi Bahan Bakar**

Bahan Bakar	Emisi	Faktor Emisi
Batu Bara	CH <sub>4</sub>	1 kg/TJ
	CO <sub>2</sub>	96.100 kg/TJ
	N <sub>2</sub> O	1,5 kg/TJ
Solar	CH <sub>4</sub>	3,9 kg/TJ
	CO <sub>2</sub>	74100 kg/TJ
	N <sub>2</sub> O	3,9 kg/TJ
Premium	CH <sub>4</sub>	33 kg/TJ
	CO <sub>2</sub>	69.300 kg/TJ
	N <sub>2</sub> O	3,2 kg/TJ

Sedangkan pada Tabel 2.2. dapat diketahui jika batu bara memiliki nilai kalor sebesar  $18,9 \times 10^{-6}$  TJ/Ton, solar memiliki nilai kalor sebesar  $36 \times 10^{-6}$  TJ/L, dan premium memiliki nilai kalor sebesar  $33 \times 10^{-6}$  TJ/L.

**Tabel 2. 2. Nilai Kalor Bahan Bakar**

Bahan Bakar	Nilai kalor
Batu Bara	$18,9 \times 10^{-6}$ TJ/Ton
Solar	$36 \times 10^{-6}$ TJ/L
Premium	$33 \times 10^{-6}$ TJ/L

Tahap selanjutnya adalah melakukan konversi satuan dari emisi N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>, agar satuannya menjadi kgCO<sub>2eq</sub>. Berdasarkan IPCC pada tahun 2014 seperti pada Tabel 2.3, perlu untuk melakukan konversi dengan persamaan sebagai berikut:

$$1kgN_2O = 265 kgCO_{2eq} \quad (2.7)$$

$$1 kgCH_4 = 28 kgCO_{2eq} \quad (2.8)$$

**Tabel 2. 3. Nilai *Global Warming Potential***

Emisi	Rumus	GWP
Metana	CH <sub>4</sub>	28 CO <sub>2eq</sub>
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	1 CO <sub>2eq</sub>
Dinitroksida	N <sub>2</sub> O	265 CO <sub>2eq</sub>

$$Total\ Emisi\ Proses = \sum Emisi\ bb_x \quad (2.9)$$

Langkah terakhir dalam identifikasi emisi yang dihasilkan dari bahan bakar kendaraan selama proses distribusi adalah menjumlah emisi dari CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub> yang sudah dikonversi. Maka diketahui emisi dari penggunaan bahan bakar selama proses distribusi.

### 2.2.6. Fisiologi

Penelitian yang dilakukan oleh Guyton dan Hall (1997) menyatakan bahwa, dalam mengetahui beban tenaga kerja terdapat dua metode. Perhitungan tersebut dapat dilakukan secara penilaian langsung, dan tidak langsung.

Pada perhitungan metode perhitungan langsung, dilakukan pengukuran energi (*energy expenditure*) berdasarkan kebutuhan oksigen selama bekerja. Besar oksigen yang dibutuhkan akan bergantung pada kegiatan yang dilakukan. Berikut dapat diamati pada Tabel 2.4. penggolongan berat aktivitas tenaga kerja saat melakukan tugas.

**Tabel 2. 4. Kategori Beban Kerja**

Kategori Beban Kerja	Konsumsi Oksigen (liter/menit)	Denyut Jantung (denyut/menit)
Sangat Berat Sekali	2,5 - 4,0	> 175
Sangat Berat Sekali	2,0 - 2,5	150 - 175
Berat	1,5 - 2,0	125 - 150
Sedang	1,0 - 1,5	100 - 125
Ringan	0,5 - 1,0	75 - 100

Sebelum melakukan perhitungan kebutuhan energi, perlu diketahui denyut jantung dari obyek yang akan diteliti. Perhitungan dilakukan menggunakan metode 10 denyut (Bahri, 2012), sebagai berikut.

$$\text{Denyut Nadi} = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60 \quad (2.10)$$

Perhitungan denyut jantung sendiri terdapat dua jenis, yaitu:

- a. Denyut Nadi Istirahat (DNI), yaitu denyut nadi yang diukur saat pekerja belum melakukan aktivitasnya.
- b. Denyut Nadi Kerja (DNK), yaitu denyut nadi saat pekerja melakukan aktivitasnya.

Untuk menggolongkan beban kerja, maka perlu dilakukan identifikasi peningkatan denyut nadi kerja dibandingkan denyut nadi maksimal. Rumus %CVL yang digunakan sebagai berikut:

$$\% CVL = \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{Max} - DNI} \quad (2.11)$$

Diketahui:

% CVL = % Cardiovasculair load

DNK = Denyut Nadi Kerja

DNI = Denyut Nadi Istirahat

DN<sub>Max</sub> = Denyut Nadi Maksimum, (220-umur)

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan tersebut, dapat diketahui pekerja berada dalam kondisi beban kerja seperti pada Tabel 2.5. Jika hasil menunjukkan hasil diatas 100 %, maka tidak boleh beraktivitas, namun jika hasil menunjukkan hasil 80% - 99% menunjukkan jika perlu dilakukan tindakan segera, dan sebagainya.

**Tabel 2. 5. Klasifikasi % CVL**

% CVL	Klasifikasi % CVL
< 30 %	Tidak terjadi Kelelahan
31 % - 59 %	Diperlukan perbaikan
60 % - 79 %	Kerja dalam waktu singkat
80 % - 99 %	Diperlukan tindakan segera
> 100 %	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Sedangkan pengeluaran energi/*energy expenditure* merupakan seberapa besar energi yang dibutuhkan oleh manusia untuk melakukan aktivitasnya. Untuk mengetahui seberapa besar energi yang dibutuhkan, dapat menggunakan persamaan berikut.

$$W = 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} X^2 \quad (2.12)$$

Diketahui:

$W$  = Energi yang dikeluarkan (Kkal/menit)

$X$  = Denyut jantung (denyut/menit)

Setiap pekerja dalam melakukan aktivitas membutuhkan waktu untuk istirahat, maka perlu untuk mengetahui konsumsi energi dari tiap pekerja. Untuk mengetahui konsumsi energi menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$K = W_K - W_S \quad (2.13)$$

Diketahui:

$K$  = Kebutuhan energi (Kkal/menit)

$W_K$  = Energi saat kerja (Kkal/menit)

$W_S$  = Energi sebelum kerja (Kkal/menit)

Waktu istirahat yang dibutuhkan antar pekerja juga berbeda karena memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhi, seperti usia, berat badan, tinggi badan, denyut nadi, serta jenis kelamin. Maka untuk mengetahui waktu istirahat yang dibutuhkan dapat dimasukkan dalam persamaan sebagai berikut.

$$Rt = 0 \quad \text{pada } K < S \quad (2.14)$$

$$Rt = \frac{K/S \times T(K.S)/BM}{2} \quad \text{pada } S < K < 2S \quad (2.15)$$

$$Rt = \frac{T(K.S)}{K.BM} \times 1,11 \quad \text{pada } K > 2S \quad (2.16)$$

Diketahui:

$Rt$  = Waktu Istirahat (menit)

$K$  = Kebutuhan energi (Kkal/menit)

$S$  = Standar energi (laki-laki = 5 Kkal/menit , perempuan = 5 Kkal/menit)

*BM* =Metabolisme basal (laki-laki = 1,7 Kkal/menit, perempuan = 1,4 Kkal/menit)

*T* = Lama bekerja (menit)

### **2.2.7. Pernapasan Manusia**

Menurut Saminah (2012), setiap manusia dalam melakukan *inspirasi* menghirup  $O_2$ , dan  $N_2$ . Kadar oksigen yang dihirup sebesar 20%, sedangkan nitrogen yang dihirup sebesar 80%. Namun dalam proses respirasi, manusia mengeluarkan tiga jenis gas yaitu  $O_2$ ,  $N_2$ , dan  $CO_2$ . Kadar yang terkandung dalam proses respirasi yaitu 4%  $CO_2$ , 16%  $O_2$ , dan 80%  $N_2$ .

Volume udara yang dibutuhkan manusia dewasa untuk satu kali pernapasan sebesar 500ml. Frekuensi pernapasan manusia dewasa pada kondisi normal sebesar 14 – 20 kali dalam satu menit. Sedangkan orang dewasa saat melakukan aktivitas seperti bekerja dalam satu menit dapat melakukan pernapasan sebanyak 50.000 kali dalam satu hari. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi frekuensi pernapasan manusia, antara lain usia, emosi, pekerjaan yang dilakukan, jenis kelamin, dan posisi tubuh.

### **2.2.8. Proses Bisnis**

Menurut Weske (2007), proses bisnis memiliki tujuan untuk meningkatkan pemahaman suatu kegiatan. Selain itu dalam proses bisnis, akan mengambil beberapa masukan yang akan menghasilkan keluaran untuk pelanggan. Berbagai macam kegiatan didalam proses bisnis akan menghasilkan strategi bisnis. Selain itu menurut Davenport (1993) proses bisnis merupakan kegiatan yang terstruktur dan terukur untuk menghasilkan keluaran atau *output* tertentu. Didalam proses bisnis terdapat langkah yang spesifik dengan *input* maupun *output*.

Terdapat beberapa manfaat dengan adanya proses bisnis suatu aktivitas tertentu, antara lain:

- a. Proses evaluasi menjadi lebih cepat guna merespon masalah secara tepat dan cepat.
- b. Dapat mengatasi tantangan yang tidak terduga.
- c. Membantu melihat gambaran bisnis secara menyeluruh.
- d. Mendeteksi peluang bisnis baru dan mengetahui pergerakan pesaing.
- e. Mendeteksi sejak awal masalah yang ada dari perusahaan.

### 2.2.9. Peta Proses Operasi

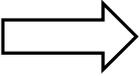
Sutalaksana (2006) menyatakan jika penggunaan peta proses operasi bertujuan untuk mempermudah memahami tahap yang dilalui dalam proses produksi sehingga suatu produk terbentuk. Dalam proses tersebut mencakup bahan yang digunakan, pemeriksaan, dan juga langkah operasi. Selain hal tersebut juga diketahui alat dan bahan yang digunakan dalam proses, serta *scrap* yang dihasilkan. Peta proses operasi akan memberikan beberapa informasi terkait proses produksi yang dilakukan seperti total waktu yang dibutuhkan.

Peta proses operasi juga memiliki beberapa manfaat yang dapat berguna bagi, antar lain:

- a. Mengetahui mesin yang diperlukan selama proses operasi.
- b. Mengetahui bahan baku yang diperlukan.
- c. Panduan pelatihan kerja.
- d. Mengetahui waktu yang dibutuhkan.
- e. Memberikan informasi bagi pembaca.

Selain memberikan beberapa manfaat, pada pembuatan peta proses operasi akan melibatkan beberapa simbol untuk mempermudah, simbol tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6. sebagai berikut:

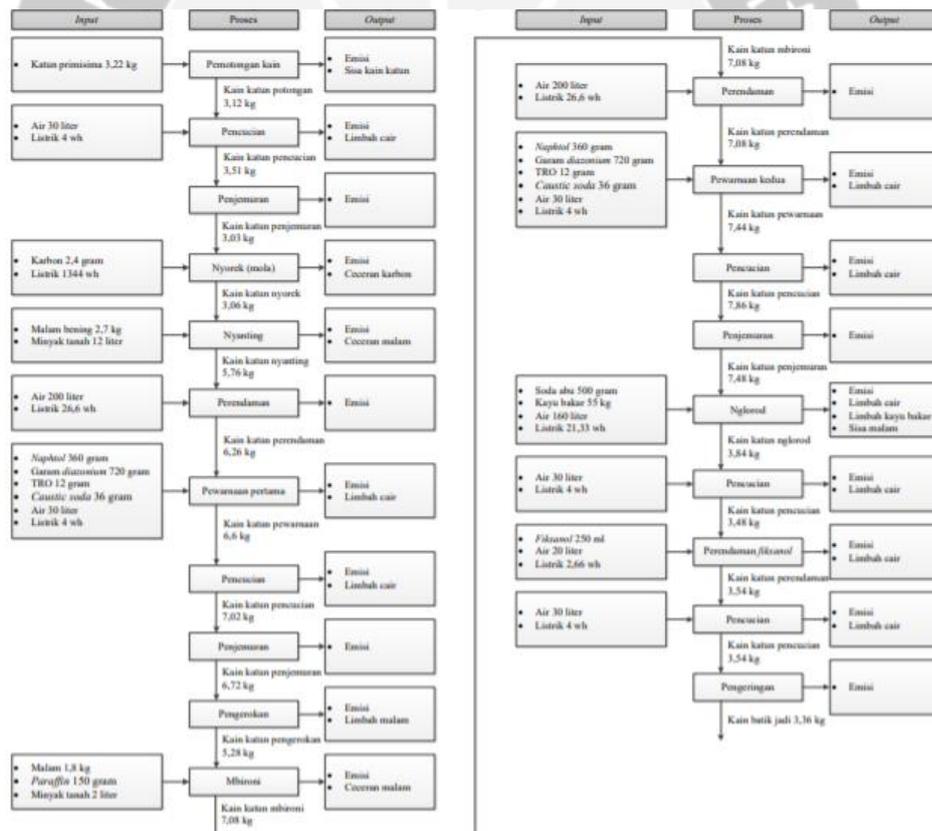
**Tabel 2. 6. Simbol Peta Proses Operasi**

No	Simbol	Arti
1		Kegiatan Operasi
2		Inspeksi
3		Operasi Ganda
4		Menunggu
5		Penyimpanan
6		Transportasi

Pada bagian atas pembuatan peta proses operasi, diperlukan informasi lebih yang mencakup nama obyek, departemen, dipetakan oleh, dan tanggal dipetakan guna memberi informasi kepada pembaca untuk mempermudah memahami peta proses operasi. Berikut contoh peta proses operasi sebuah produk pada tahap prefabrikasi.

### 2.2.10. Diagram Alir Proses

Diagram alir proses terdapat tiga sektor penting didalamnya, yaitu *input* atau masukan, proses, dan *output* atau keluaran. Pada proses produksi, terdapat keterkaitan setiap tahap. Masukan pada tahap selanjutnya merupakan hasil keluaran pada tahap sebelumnya. Tahapan dalam pembuatan diagram alir proses dimulai dari melakukan identifikasi kebutuhan yang akan digunakan. Setelah itu masuk ke proses produksi yang akan mengubah *input* menjadi *output*. Pada bagian *output* dapat menghasilkan produk utama atau *main product*, dan produk sampingan atau *second product*. Pada produk utama akan diolah lagi untuk menjadi masukan di tahap selanjutnya.



Gambar 2. 4. Contoh Diagram Alir

## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir pada penelitian ini akan memberi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan di UKM JL.

#### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan di UKM JL, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Selama proses produksi dari bahan baku berupa lembaran kult menjadi produk utama berupa dompet, membutuhkan beberapa tahap operasi untuk menjadi produk utama. Proses tersebut antara lain penggunaan listrik untuk mesin jahit, mesin emboss, dan lampu. Pada tenaga kerja manusia juga menghasilkan emisi berupa keluaran karbon dioksida saat melakukan aktivitas. Selain penggunaan listrik, penggunaan bahan bakar selama proses *purchasing*, dan distribusi menggunakan mobil Daihatsu Luxio maupun sepeda motor Honda Vario juga menghasilkan emisi yang dapat meningkatkan emisi *Global Warming Potential* berupa  $N_2O$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$ .
- b. Dalam evaluasi proses produksi dan distribusi berdasarkan hasil perhitungan  $CH_4$ ,  $CO_2$ , dan  $N_2O$ , maka emisi yang dihasilkan dari penggunaan listrik pada proses produksi sebesar 0,201 ton $CO_{2eq}$ /tahun. Besarnya emisi dipengaruhi oleh besar daya mesin, serta lama penggunaannya. Selain itu emisi juga dihasilkan dari pernapasan tenaga kerja saat melakukan proses produksi, emisi tersebut sebesar 0,0098 ton $CO_{2eq}$ /tahun, sedangkan  $CO_2$  yang dihasilkan saat tidak melakukan pekerjaan sebesar 0,0174 ton $CO_{2eq}$ /tahun. Emisi bahan bakar yang dihasilkan selama distribusi maupun pembelian bahan produksi sebesar 0,0816 ton $CO_{2eq}$ /tahun saat menggunakan sepeda motor Honda Vario. Pengiriman menggunakan motor Honda Vario untuk distribusi ke Magelang menghasilkan sebesar 0,035 ton $CO_{2eq}$ /tahun, sedangkan saat menggunakan Daihatsu Luxio sebesar 0,185 ton $CO_{2eq}$ /tahun. Proses distribusi menuju Surakarta menggunakan Honda Vario menghasilkan emisi sebesar 0,047 ton $CO_{2eq}$ /tahun, sedangkan saat menggunakan Daihatsu Luxio sebesar 0,249 ton $CO_{2eq}$ /tahun. Proses *purchasing* di Karangjajen menggunakan Honda Vario menghasilkan emisi sebesar 0,0069 ton $CO_{2eq}$ /tahun, dan tujuan Toko 96 menghasilkan emisi sebesar 0,0038 ton $CO_{2eq}$ /tahun. Emisi terbesar dihasilkan jika pengiriman ke Magelang atau

Surakarta dilakukan menggunakan menggunakan Daihatsu Luxio. Pada proses produksi, emisi terbesar dihasilkan dari penggunaan lampu di UKM JL.

c. Setelah dilakukan identifikasi pada pekerja di UKM JL, kedua pekerja tidak mengalami kelelahan, serta tidak membutuhkan waktu istirahat tambahan.

d. Usulan perbaikan dapat dengan menggunakan Honda Vario, pada proses distribusi ke Magelang maupun Surakarta. Hal ini dilakukan karena emisi yang dihasilkan pada penggunaan Honda Vario lebih kecil dibandingkan penggunaan Daihatsu Luxio.

## 6.2. Saran

Setelah memberi kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan, maka perlu memberikan saran yaitu:

a. Pada penelitian selanjutnya, perlu untuk melakukan identifikasi tidak hanya pada emisi yang dihasilkan oleh  $N_2O$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$ .

b. Penggunaan kendaraan dalam tahap distribusi maupun *purchasing* dapat menggunakan motor Honda Vario 150 cc, akan menghasilkan emisi lebih kecil dibandingkan penggunaan mobil Daihatsu Luxio 1500 cc.

c. Selain menambah faktor yang dapat diidentifikasi, dapat mempertimbangkan cara untuk mengurangi emisi yang dihasilkan dalam proses produksi di UKM JL

## DAFTAR PUSTAKA

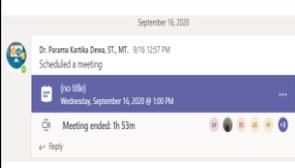
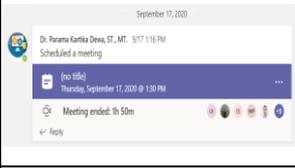
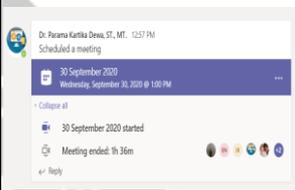
- Anonim. (2012). Buku referensi pedoman pelaksanaan rencana aksi penurunan emisi gas rumah kaca, kementerian perencanaan pembangunan nasional/badan perencana pembangunan nasional, Jakarta.
- Astari T. (2012). Studi jejak karbon dari aktivitas pemukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakarta Utara. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Autofun. Daihatsu Luxio MPV harga ekonomis, bensin relatif irit. Diakses tanggal 7 Agustus 2020 dari <https://www.autofun.co.id/berita/daihatsu-luxio-mpv-harga-ekonomis-bensin-relatif-irit-3913>
- Davenport, T. H. (1993). Process Innovation: Reengineering work through information technology. Boston: Harvard Business School Press.
- Graedel, T. (1998). *Streamlined life-cycle assesment* (pp. 34). United States of America: Prentice-Hall inc.
- Guyton & Hall. (1997). Ventilasi Paru : Buku ajar fisiologi kedokteran (edisi 9). Jakarta : EGC.
- Honda Cengkareng. Daftar konsumsi BBM sepeda motor honda. Diakses tanggal 7 Agustus 2020 dari <https://www.hondacengkareng.com/daftar-konsumsi-bbm-sepeda-motor-honda/>
- IPCC. (2007). IPCC fourth assessment report climate change 2007. Pachauri, R.K and Reisinger, A (eds). Geneva.
- Irianto. (2004). Statistik konsep dasar dan aplikasinya. Jakarta: Kencana.
- Jacobus, S., & Yohanes. (2017). Memahami pemanasan global dan perubahan iklim. Semarang: IKIP Veteran Semarang.
- Kartika U., Nugraha W., & Hadiwidodo M. 2017. Analisis emisi gas rumah kaca produksi karet dengan metode lca dan perhitungan penyerapan karbon PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo (Vol. 6). Semarang: Universitas Diponegoro.

- Bahri, Syarifuddin, & Gunawan, (2012). Analisis penentuan waktu istirahat pendek berdasarkan beban kerja fisik dan asupan energi (vol.1, 30-35). Aceh: Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
- Saminah. (2012). Pertukaran udara O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. (vol. 12, no. 2, 122-126). Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Sofiah I. (2017). *Life cycle assessment* produk perikanan di PT Kemilau Bintang Timur Cirebon. Jawa Barat: Institut Pertanian Bogor.
- Sutalaksana & Iftikar Z. (2006), Teknik tata cara kerja. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wahyudi J. (2017). Penerapan *life cycle assessment* untuk menakar emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas produksi tahu. Magelang: Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Wardani E.P., Endro S., & Budi P.S. (2017). Penentuan nilai jejak karbon (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) dari aktivitas Kampus Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Semarang: Universitas Diponegoro
- Weske. (2007). *Business process management concept*. Berlin: Springer.
- Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). *A definition of 'carbon footprint'*. In: C. C. Pertsova *ecological economics research trends (Chapter 1, pp. 1-11)*. New York: Nova Science Publishers.
- Yulianto P., Akhmat F., & Syaiful R. (2016). Analisis *carbon footprint* gedung perpustakaan pusat, rektorat, dan laboratorium MIPA berbasis vegetasi eksisting sebagai pereduksi emisi gas rumah kaca. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Lembar Bimbingan

Tanggal	Materi	Keterangan																				
6 Februari 2020	Bab 1 & metode penelitian	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>TANGGAL</th> <th>KETERANGAN</th> <th>TANDA TANGAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6/2/2020</td> <td>Bab 1 &amp; metode</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>24/2/2020</td> <td>Diskusi LCA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6/3/2020</td> <td>Kelas LCA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>13/3/2020</td> <td>Penyesuaian Tujuan</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN	1	6/2/2020	Bab 1 & metode		2	24/2/2020	Diskusi LCA		3	6/3/2020	Kelas LCA		4	13/3/2020	Penyesuaian Tujuan	
NO	TANGGAL	KETERANGAN	TANDA TANGAN																			
1	6/2/2020	Bab 1 & metode																				
2	24/2/2020	Diskusi LCA																				
3	6/3/2020	Kelas LCA																				
4	13/3/2020	Penyesuaian Tujuan																				
24 Februari 2020	Diskusi LCA																					
6 Maret 2020	Kelas untuk mahasiswa topik LCA																					
13 Maret 2020	Penyesuaian tujuan penelitian																					
11 Juni 2020	Laporan progress semenjak pandemi corona																					
30 Juni 2020	Persetujuan perubahan obyek penelitian, serta penyesuaian batasan masalah																					
21 Agustus 2020	Menunjukkan data pada bab 4 (Profil perusahaan dan Data)																					
2 September 2020	Revisi bab 4 (pengambilan data penjualan selama satu tahun)																					
9 September 2020	Menunjukkan perhitungan pada bab 5 (pengolahan data)																					

16 September 2020	Revisi bab 5 (faktor tenaga kerja manusia)	
17 September 2020	Penambahan bab 5 (emisi yang dihasilkan pekerja)	
23 September 2020	Revisi metode penelitian bagian pengolahan data	
30 September 2020	Revisi bagian intisari	
1 Oktober 2020	Revisi intisari dan kirim berkas ke email Pak Parama	
8 Oktober 2020	Tugas akhir diterima dan mulai mendaftar ujian	

## Lampiran 2. Surat Keterangan UKM JL

### SURAT KETERANGAN MELAKUKAN PENELITIAN

Adanya surat ini menyatakan bahwa :

Nama : Alfian Deny Wijaya

NPM : 160608859

Fakultas : Teknologi Industri

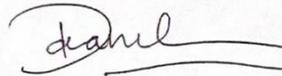
Jurusan : Teknik Industri

Judul : Evaluasi Dampak *Global Warming Potential* Pada Proses Produksi Dan Distribusi Di UKM Jogja Leather Production

Telah melakukan penelitian di UKM Jogja Leather Production untuk kepentingan tugas akhir. Pengambilan data dilakukan mulai 25 Juni 2020 hingga 30 September 2020. Penelitian dilakukan dengan cara pengamatan langsung serta wawancara, dengan ini saya selaku pemilik UKM Jogja Leather Production menyatakan jika data serta penelitian yang dilakukan benar adanya.

Yogyakarta, 1 Oktober 2020

Pemilik UKM Jogja Leather Production

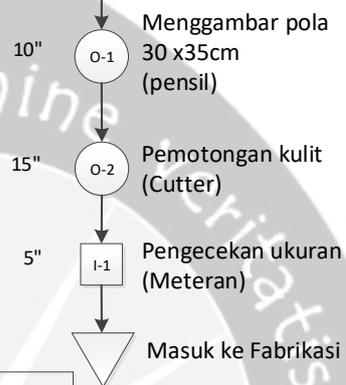


Daniel Chandra Halim Permana

### Lampiran 3. Peta Proses Operasi PreFabrikasi Dompot

PETA PROSES OPERASI (Pre Fabrikasi)	
<b>Nama Obyek</b>	: Dompot
<b>Departemen</b>	: Pre Fabrikasi
<b>Dipetakan oleh</b>	: Deny
<b>Tanggal dipetakan</b>	: 21 Mei 2020

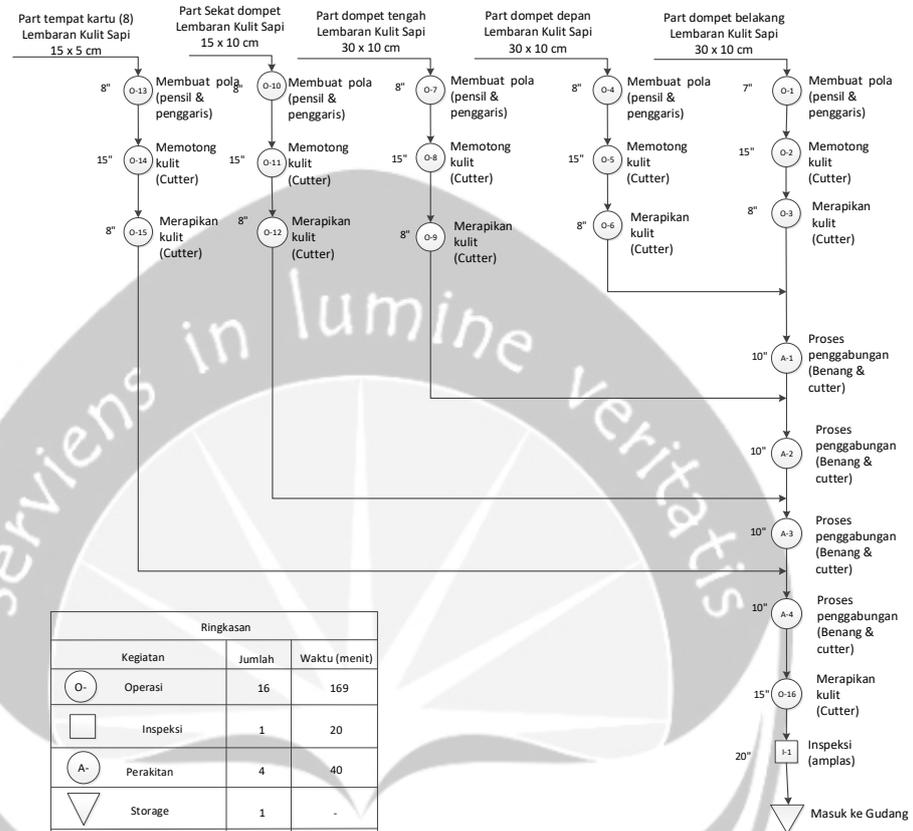
Lembaran Kulit Sapi  
(50 x 70 cm)



Ringkasan			
	Kegiatan	Jumlah	Waktu (detik)
○	Operasi	2	35
□	Inspeksi	1	5
▽	Storage	1	-
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>40</b>

## Lampiran 4. Peta Proses Operasi Fabrikasi

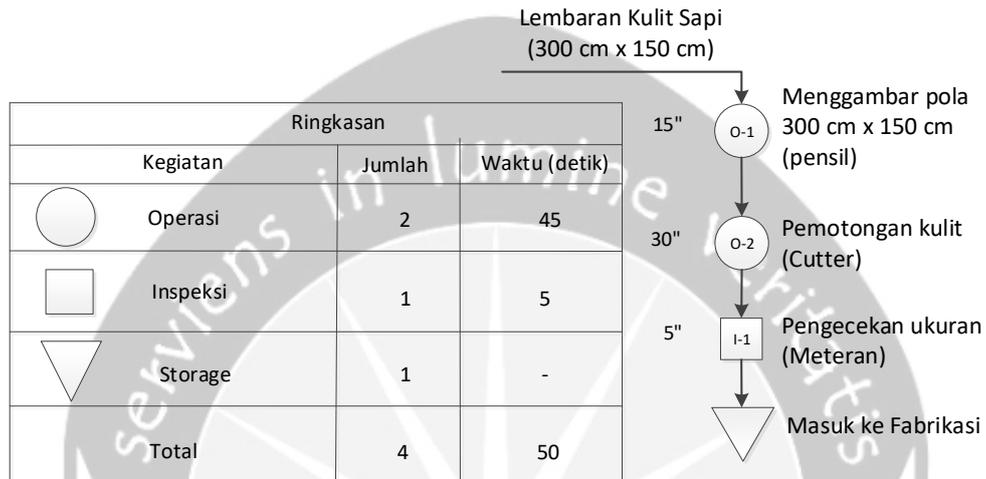
PETA PROSES OPERASI (Fabrikasi)	
Nama Obyek	: Dompot
Departemen	: Fabrikasi
Dipetakan oleh	: Deny
Tanggal dipetakan	: 21 Mei 2020



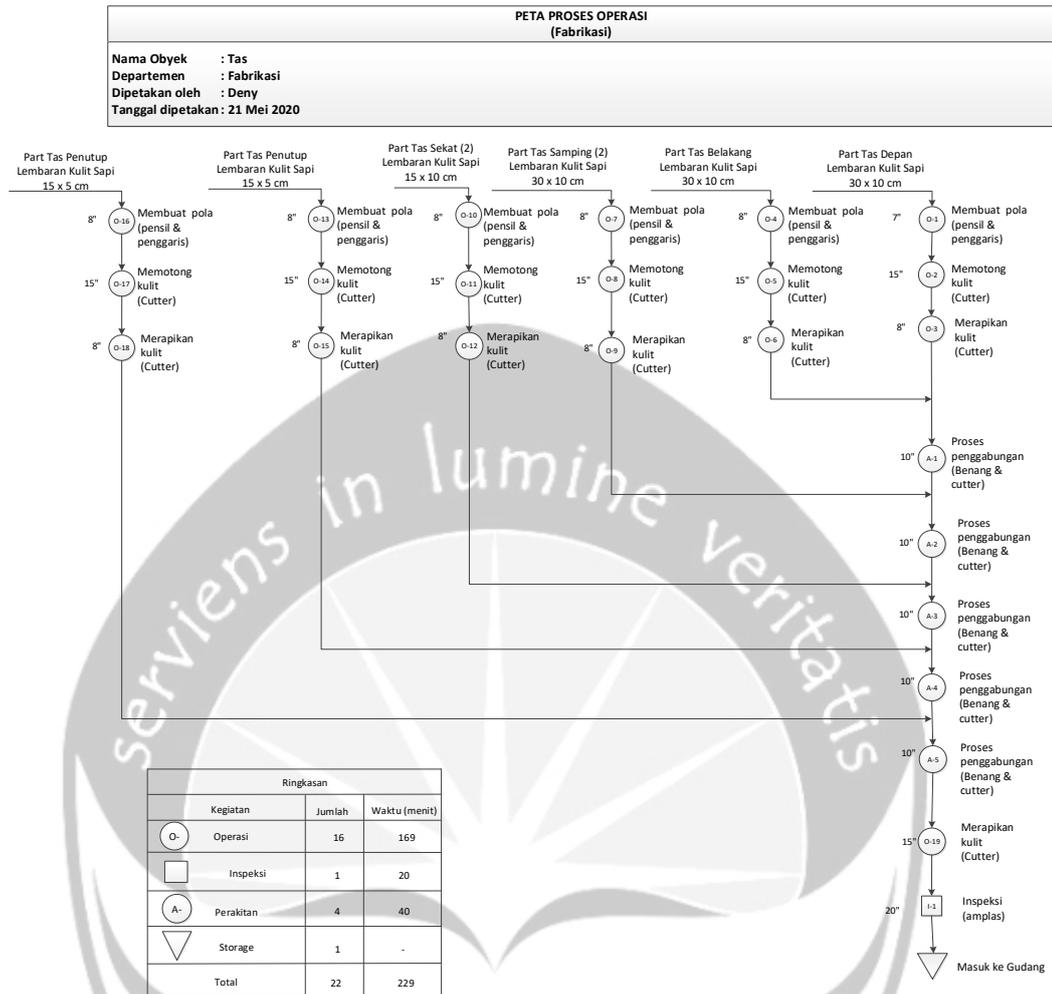
Ringkasan			
Kegiatan	Jumlah	Waktu (menit)	
○-	Operasi	16	169
□	Inspeksi	1	20
⊖	Perakitan	4	40
▽	Storage	1	-
Total		22	229

### Lampiran 5. Peta Proses Operasi PreFabrikasi Dompot

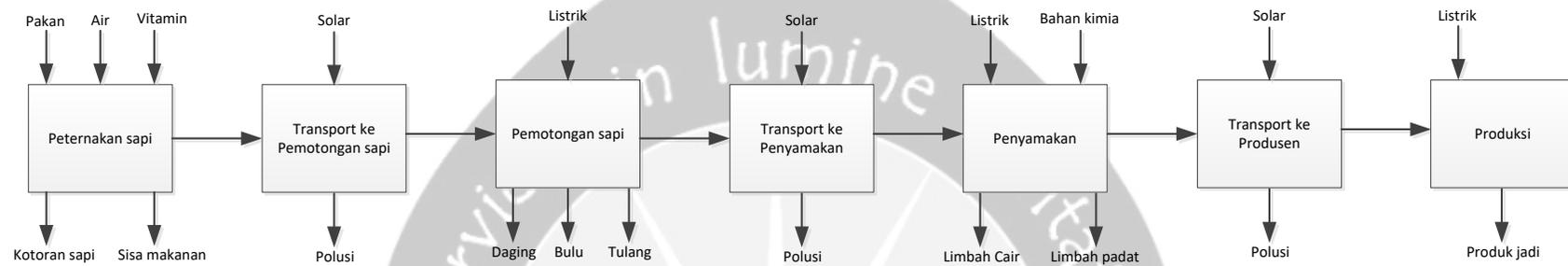
PETA PROSES OPERASI (Pre Fabrikasi)	
Nama Obyek	: Tas
Departemen	: Pre Fabrikasi
Dipetakan oleh	: Deny
Tanggal dipetakan	: 21 Mei 2020



## Lampiran 6. Peta Proses Operasi Fabrikasi



### Lampiran 7. Process Flow Diagram



### Lampiran 8. Rata-Rata Pernapasan Pekerja Saat Aktivitas

Rata-rata pernapasan pekerja (siklus/menit)	Pekerja 1	Pekerja 2
Aktivitas 1	26	23
Aktivitas 2	25	22
Aktivitas 3	24	24
Aktivitas 4	22	22
Aktivitas 5	24	25
Aktivitas 6	24	22
Aktivitas 7	23	21
Aktivitas 8	23	26
Aktivitas 9	26	22
Aktivitas 10	26	23
Aktivitas 11	24	22
Aktivitas 12	25	21
Aktivitas 13	26	25
Aktivitas 14	25	23
Aktivitas 15	20	24
Aktivitas 16	24	20
Aktivitas 17	22	22
Aktivitas 18	25	26
Aktivitas 19	22	23
Aktivitas 20	20	24
Aktivitas 21	26	25
Aktivitas 22	20	22
Aktivitas 23	26	20
Aktivitas 24	23	20
Aktivitas 25	24	23
Aktivitas 26	23	20
Aktivitas 27	25	21
Aktivitas 28	20	21
Aktivitas 29	25	24
Aktivitas 30	20	22
Rata-rata	23,6	22,6

Pekerja 1	Pekerja 2
Membuat pola	Membuat pola
Memotong	Memotong
Menjahit mesin	Merapikan
Merapikan	Merapikan
Menjahit mesin	Menjahit manual
Membuat pola	Merapikan
Membuat pola	Merapikan
Membuat pola	Merapikan
Memotong	Memotong
Memotong	Memotong
Menjahit mesin	Memotong
Menjahit mesin	Menjahit manual
Menjahit mesin	Menjahit manual
Menjahit manual	Membuat pola
Merapikan	Membuat pola
Merapikan	Membuat pola
Merapikan	Membuat cap
Membuat cap	Membuat cap
Membuat pola	Merapikan
Menjahit mesin	Membuat pola
Menjahit mesin	Membuat pola
Menjahit mesin	Memotong
Membuat pola	Memotong
Membuat pola	Memotong
Membuat pola	Merapikan
Memotong	Merapikan
Menjahit mesin	Merapikan
Menjahit manual	Menjahit manual
Membuat cap	Menjahit manual
Merapikan	Menjahit manual

## Lampiran 9. Draft Wawancara

1. Pertanyaan: Dari mana ide mendirikan UKM Jogja Leather Crafti ni?

Jawaban: Sebenarnya dulu Cuma iseng-iseng saja karena punya hobi desain, terus punya kepinginan untuk punya tas kulit dengan kualitas baik. Terus saya coba desain dulu lalu saya realisasikan. Saya pakai tas saya untuk dolan sama temen-temen, respon mereka baik, dan sebagian ada yang minta dibuatkan, lalu saya iseng buat untuk dijual diteman. Lama kelamaan produk saya menyebar dari mulut ke mulut sehingga saya beranikan untuk buka usaha kecil-kecilan ini.

2. Pertanyaan: Berapa kapasitas produksi yang dapat dihasilkan UKM JL dalam satu bulan?

Jawaban: pada umumnya kami dapat melakukan produksi tas sebanyak 10 tas, 30 dompet, dan 40 strap jam selama satu bulan. Namun jika ada pesanan yang melebihi kapasitas produksi kami, saya bisa menambah pekerja untuk memenuhi orderan yang ada. Selain itu kami juga melayani pesanan sesuai keinginan pelanggan.

3. Pertanyaan: Berapa harga yang ditawarkan dari produk UKM JL ?

Jawaban: Harga yang kami tawarkan sangat bervariasi, untuk satu tas mulai dari harga Rp. 350.000 hingga Rp.1.200.000. Strap jam mulai harga Rp. 80.000 hingga Rp.250.000. Sabuk mulai harga Rp. 125.000 hingga Rp. 350.000. Serta dompet mulai harga Rp. 100.000 hingga Rp.400.000. Semua harga dipengaruhi dengan tingkat kerumitan serta bahan yang digunakan.

4. Pertanyaan: Bagaimana sistem penjualan yang ada di UKM JL?

Jawaban: Pada awal penjualan, saya melakukan pemasaran dari mulut ke mulut, setelah usaha makin berkembang, penjualan mulai menggunakan media sosial seperti facebook, dan instagram. Lalu saya mengembangkan jualan melalui *online shop* yang ada, namun jumlahnya masih sangat terbatas karena tidak ada yang mengurus. Fokus utamanya tetap penjualan secara *offline*, serta distribusi ke kerabat yang ada di Magelang dan Surakarta.

5. Pertanyaan: Apa bahan baku dalam proses produksi, dan dari mana bahan tersebut didapatkan ?

Jawaban: Bahan baku disini kulit sapi, kulit sapinya sendiri ada beberapa macam seperti jenis *pull up*, *krasting*, *crazy horse*, nabati, dan *box*. Masing masing punya karakteristik dan kegunaannya masing-masing. Kulit didapat dari kerabat yang ada di Karangkajen. Selain itu bahan pembantu seperti lem, benang, jarum, resleting didapat dari sekitaran seperti Toko 96.

6. Pertanyaan: Bagaimana sistem distribusi yang ada di UKM JL?

Jawaban: Untuk distribusinya sebagian besar saya lakukan sendiri menggunakan kendaraan yang ada. Kendaraannya ada Honda Vario, dan Daihatsu Luxio. Saya lebih terbiasa membawa barang ke Magelang, dan Surakarta menggunakan Vario. Selain itu untuk beli bahan baku dan ke Toko 96, juga biasa menggunakan Honda Vario. Untuk Luxionya sendiri itu saya khususkan jika ada pesanan dalam jumlah besar yang tidak memungkinkan menggunakan motor.

7. Pertanyaan: Alasan masih mengutamakan proses pembuatan secara manual dibandingkan dengan mesin?

Jawaban: Sebenarnya kami tetap menggunakan beberapa sentuhan dalam produk kami menggunakan mesin, seperti detail jahitan, dan merk cap. Namun sebagian besar proses dilakukan secara manual untuk menjamin kualitas yang ada, karena beberapa pelanggan banyak yang mengeluhkan jika menggunakan jahitan mesin, tidak memiliki ketahanan yang baik seperti jahitan manual.