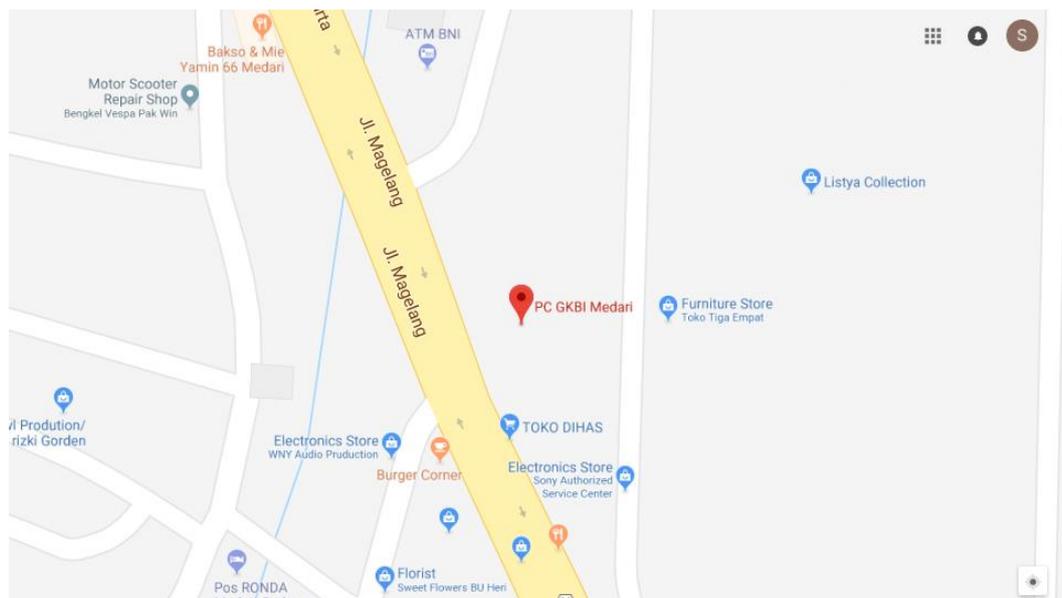


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1.PC. *Gabungan Koperasi Batik Indonesia (GKBI) Medari*

PC. GKBI Medari merupakan salah satu tekstil industri yang telah berjalan sejak tahun 1960. Industri ini terletak di Jalan Magelang KM 14,5 Medari, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi PC. GKBI Medari dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

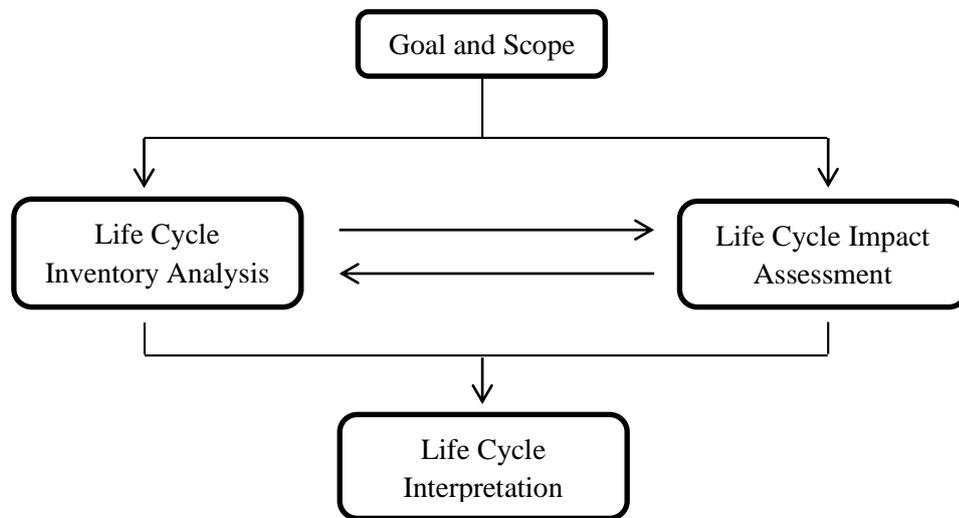


**Gambar 2.1.** Peta Lokasi PC. GKBI Medari

Proses produksi kain di PC. GKBI Medari dilakukan dari tahap pemintalan benang menjadi kain hingga proses penyempurnaan kain. Proses produksi dibagi menjadi 2 (dua) unit, yang pertama unit *weaving* dan unit *finishing*. Pada unit *weaving* dilakukan proses pemintalan benang menjadi kain, sedangkan pada unit *finishing* dilakukan penyempurnaan kain sesuai keinginan pelanggan. Produksi kain yang dihasilkan kurang lebih sebesar 130.000 yard per hari. Proses produksi dilakukan dalam 3 (tiga) *shift* yaitu pagi, siang dan malam.

## 2.2. Life Cycle Assessment (LCA)

LCA adalah langkah yang digunakan untuk menghitung potensi kerusakan lingkungan yang dihasilkan oleh sebuah produk. LCA memiliki standar metodologi yang banyak digunakan dan telah diterima banyak pihak. Standar tersebut adalah ISO 14044. Sesuai dengan standar tersebut, penelitian LCA dilakukan pada 4 (empat) tahap, sebagai berikut:



**Gambar 2.2.** Diagram Alir Tahap Penelitian *Life Cycle Assessment*

### 2.2.1. Goal and Scope

Pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan dan batasan yang akan dilakukan pada penelitian LCA. Tujuan dan batasan yang dilakukan dalam penelitian harus dilakukan dengan jelas. Batasan pada penelitian LCA tidak harus dilakukan dari *cradle to grave* namun dapat dilakukan dari *cradle to gate*, *gate to gate* dan *gate to grave*.

### 2.2.2. Life Cycle Inventory Analysis

Tahap ini dilakukan pengumpulan dan input data untuk dilakukan perhitungan keluar dan masuknya data yang akan diteliti dari setiap sistem produksi. Data yang dapat diambil adalah penggunaan bahan bakar, penggunaan bahan baku, penggunaan udara, penggunaan air dan limbah cair yang ada dalam daur hidup produk. Tahap *Life Cycle Inventory Analysis (LCI)*

dapat dilakukan input dan perhitungan secara manual maupun menggunakan *software*. *Software* yang digunakan untuk input dan perhitungan data ada bermacam-macam, seperti SimaPro, Umberto, GaBi, OpenLCA, dan lainnya.

### 2.2.3. *Life Cycle Impact Assessment*

*Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* merupakan tahap dilakukannya evaluasi potensial dampak lingkungan yang telah diolah pada tahap LCI. Tahap ini harus dilakukan dengan hati-hati, mempertimbangkan kesalahan perhitungan dan kebenaran data yang digunakan pada tahap LCI.

### 2.2.4. *Life Cycle Interpretation*

Tahap ini bertujuan untuk menentukan dan mengevaluasi dari tahap LCI dan LCIA yang memiliki potensi dampak lingkungan pada setiap proses produksi untuk mencapai tujuan yang ada pada tahap *goal and scope*.

## 2.3. OpenLCA 1.6.3

OpenLCA 1.6.3 merupakan salah satu *software* untuk membantu menganalisis tahap-tahap penelitian LCA. Berikut penjelasan mengenai *software* OpenLCA 1.6.3 menurut GreenDelta (2016):

### 1) *Flows*

*Flows* merupakan *input* dan *output* seluruh produk, material atau energi pada proses produksi sebuah produk. Tipe *flow* yang ada di openLCA adalah:

#### a. *Elementary flows*

Material atau energi dari lingkungan yang masuk dan keluar dari proses produk.

#### b. *Product flows*

Material atau energi yang bertukar pada saat proses produk.

#### c. *Waste flows*

Material atau energi yang keluar dari proses produk.

## 2) *Database*

Penggunaan *software* LCA membutuhkan *database* untuk pengoperasiannya. *Database* sendiri merupakan data berbagai macam hal yang berkaitan dengan proses produksi seperti energi, bahan dan alur emisi dari suatu komponen, proses ataupun produk. Berikut adalah *database* yang dapat diakses secara mudah:

**Tabel 2.1.** *Database Life Cycle Assessment (LCA)*

<b>Nama <i>Database</i></b>	<b>Diproduksi Oleh</b>	<b>Area Spesifik</b>
EcoInvent	EcoInvent Centre	Umum
Gabi <i>databases</i>	PE International	Umum
Soca	GreenDelta	Umum
ProBas	German Federal Environment Agency	Umum
ILCD	European Commission	Umum
CCaLC <i>database</i>	The University of Manchester	Umum
CPM LCA <i>database</i>	Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems – CPM	Umum
US Life Cycle Inventory <i>database</i>	Athena Sustainable Materials Institute	Umum
BioenergiDat	BioEnergiDat German	Umum
Exiobase		Umum

(Sumber : Hafizan, Che.2017)

## 3) *Processes*

*Processes* adalah aktivitas yang mengubah *input* menjadi *output*. Setiap proses ditentukan oleh *output flow* sebagai referensi kuantitatif dengan *product flows*, yang akan digunakan pada pembuatan sebuah *project*.

## 2.4. Kategori Dampak Lingkungan

Kategori dampak lingkungan berasal dari hasil analisis yang dilakukan oleh *software* openLCA 1.6.3. Kategori dampak lingkungan tersebut kemudian dijadikan sebagai landasan dalam mengambil keputusan maupun rekomendasi. Berikut adalah kategori dampak yang dapat dideteksi dalam openLCA 1.6.3 dengan metode CML (GreenDelta, 2016):

### 2.4.1. Asidifikasi

*Acid deposition* merupakan proses dimana gas asam seperti sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) bereaksi dengan air yang ada di atmosfer kemudian membentuk hujan asam. Gas yang menimbulkan *acid deposition* seperti amonia (NH<sub>3</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan sulfur oksida (SO<sub>x</sub>). Metode CML menggunakan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Berikut *outline* kategori dampak *acidification*:

**Tabel 2.2.** *Outline* Kategori Dampak *Acidification*

Indikator dampak	Peningkatan gas asam yang ada di lingkungan air dan tanah.
Hal yang diperhatikan	Potensi oksidasi dari nitrogen dan sulfur.
Dampak yang dihasilkan	Merusak kualitas ekosistem dan menurunkan biodiversitas.
Satuan	Kg SO <sub>2</sub> equivalent

Sumber : GreenDelta (2016)

### 2.4.2. Perubahan Iklim

Perubahan iklim ini biasanya disebut dengan *Global Warming Potential* (GWP). *Global warming* (pemanasan global) merupakan peningkatan suhu yang ada di bumi, yang diakibatkan oleh tertahannya radiasi matahari oleh gas rumah kaca sehingga tidak dapat terlepas ke atmosfer. Radiasi matahari yang dipancarkan oleh matahari, sebagian akan terserap oleh permukaan bumi untuk menjaga suhu bumi agar stabil dan sebagian lainnya akan dipantulkan kembali ke atmosfer. Radiasi matahari yang dipantulkan tersebut, sebagian dapat melewati atmosfer namun sebagian

lainnya terserap oleh gas rumah kaca dan dipantulkan kembali ke bumi. Hal inilah yang menyebabkan pemanasan global. Karakteristik dampak lingkungan ini berlandaskan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). *Outline* kategori dampak perubahan iklim dapat dilihat pada **Tabel 2.3.**

**Tabel 2.3.** *Outline* Kategori Dampak Perubahan Iklim

Indikator dampak	Hal yang mengganggu suhu bumi dan fenomena iklim.
Hal yang diperhatikan	Gas rumah kaca, seperti gas metan, sulphur hexafluoride dan lain sebagainya.
Dampak yang dihasilkan	Menurunkan biodiversitas, mengganggu kestabilan suhu bumi, dan munculnya fenomena alam yang tidak normal.
Satuan	Kg CO <sub>2</sub> equivalent

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.3. *Depletion of Abiotic Resources*

*Depletion of Abiotic Resources* merupakan penurunan ketersediaan sumber daya non-hayati. Bahan baku yang non-hayati tersebut seperti bahan bakar fosil, mineral, logam, air dan lain sebagainya. Hasil dari kategori dampak ini diukur berdasarkan kelangkaan dari sumber daya yang digunakan.

**Tabel 2.4.** *Outline* Kategori Dampak *Depletion of Abiotic Resources*

Indikator dampak	Mengurangi sumber daya yang tidak terbarukan.
Hal yang diperhatikan	Sumber bahan baku yang terbarukan dan tidak terbarukan.
Dampak yang dihasilkan	Merusak lingkungan sumber bahan baku dan dapat menyebabkan hancurnya ekosistem.
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg antimony equivalent</li> <li>• Kg of <i>minerals</i></li> <li>• MJ of <i>fossil fuels</i></li> <li>• m<sup>3</sup> <i>water consumption</i></li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.4. *Environmental Toxicity (Ecotoxicity)*

Emisi yang mempengaruhi kategori dampak ini seperti logam berat yang dapat berdampak di ekosistem. Kategori dampak ini diukur dalam 3 (tiga) dampak kategori, yaitu *freshwater*, *marine*, dan *land*. Metode karakterisasi dampak kategori ini menggunakan EUSES. Berikut *outline* kategori dampak *ecotoxicity*:

**Tabel 2.5.** *Outline* Kategori Dampak *Ecotoxicity*

Indikator dampak	Hilangnya biodiversitas dan/atau menurunnya spesies.
Hal yang diperhatikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respon toksikologi terhadap spesies yang berbeda</li> <li>• Sifat bahan kimia yang ada di ekosistem</li> </ul>
Dampak yang dihasilkan	Merusak kualitas ekosistem dan menurunkan spesies
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg 1,4-DB equivalent</li> <li>• PDF (<i>Potentially Disappeared Fraction of species</i>)</li> <li>• PAF (<i>Potentially Affected Fraction of Species</i>)</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.5. *Eutrofikasi*

Eutrofikasi merupakan konsentrasi nutrient kimia yang ada di ekosistem yang dapat memicu pertumbuhan alga secara berlebihan. Emisi yang dapat mempengaruhi dampak ini seperti amonia, nitrat, nitrogen oksida dan fosfor yang ada di udara maupun di air yang dapat menyebabkan eutrofikasi di air. Metode karakterisasi yang digunakan berasal dari *Intergovernmental Panel on Cimate Change (IPCC)*.

**Tabel 2.6.** *Outline* Kategori Dampak Eutrofikasi

Indikator dampak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan konsentrasi nitrogen dan fosfor</li> <li>• Formasi biomasa (contoh alga)</li> </ul>
Hal yang diperhatikan	Alur transportasi nutrient (udara, air, tergujur dari tanah)
Dampak yang dihasilkan	Merusak kualitas ekosistem
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg <math>\text{PO}_4^{3-}</math> equivalent</li> <li>• Kg N equivalent</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.6. *Human Toxicity*

*Human toxicity* merupakan efek racun oleh bahan kimia pada manusia. Potensi kategori dampak ini dihitung berdasarkan indeks yang menunjukkan potensi bahan kimia yang dapat merusak lingkungan. Hal tersebut berdasarkan toksisitas dari zat kompon dan dosis potensial. Zat kimia seperti *hydrogen fluoride* dan *sodium dichromate* dan juga pembangkit listrik yang berasal dari bahan bakar fosil dapat mengakibatkan potensi kanker.

**Tabel 2.7.** *Outline* Kategori Dampak *Human Toxicity*

Indikator dampak	Kanker, gangguan pernapasan, efek non-karsinogenik dan efek <i>ionizing radiation</i>
Hal yang diperhatikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respon toksikologi dari manusia</li> <li>• Sifat zat kimia yang ada di tubuh manusia</li> </ul>
Dampak yang dihasilkan	Terganggunya kesehatan manusia
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg 1,4-DB equivalent</li> <li>• DALY (<i>Disability-adjusted life year</i>)</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.7. *Ionising Radiation*

*Ionising Radiation* merupakan dampak lingkungan yang berhubungan dengan kesehatan manusia dan ekosistem. Hal ini dihubungkan dengan emisi dari radionuklir yang ada di produk maupun di bangunan. Dalam sektor bangunan dapat dihubungkan dengan pembangkit listrik tenaga nuklir.

**Tabel 2.8.** *Outline* Kategori Dampak *Ionising Radiation*

Indikator dampak	Efek dari radiasi, seperti kanker dan lain sebagainya
Hal yang diperhatikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sifat radiasi dari suatu zat</li> <li>• Respon toksikologi dari manusia dan spesies lainnya</li> </ul>
Dampak yang dihasilkan	Terganggunya kesehatan manusia dan kualitas ekosistem
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg U<sup>-235</sup> equivalent</li> <li>• DALY (<i>Disability-adjusted life year</i>)</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.8. *Land Use*

Dampak kategori ini merupakan dampak terhadap lahan yang digunakan untuk agrikultur, pemukiman antropogenik dan pengambilan sumber daya alam. Metode karakteristik berdasarkan UNEP/SETAC *land use assessment framework*. *Outline* kategori dampak *land use* dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

**Tabel 2.9.** *Outline* Kategori Dampak *Land Use*

Indikator dampak	Punahnya suatu spesies, hilangnya kualitas lahan dan lain sebagainya.
Hal yang diperhatikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis area lahan yang digunakan</li> <li>• Observasi biodiversitas yang dapat terkena dampak</li> </ul>
Dampak yang dihasilkan	Rusaknya sumber daya alam
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDF/m<sup>2</sup></li> <li>• m<sup>2</sup>a</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.9. *Ozone Layer Depletion*

Emisi udara seperti CFC, halon metan, dan juga HCFC merupakan salah satu kontributor besar terhadap pengikisan lapisan ozon. Terkikisnya lapisan ozon dapat mengurangi kemampuan ozon untuk mencegah ultraviolet (UV) yang bersifat karsinogenik (UVB) masuk ke dalam atmosfer bumi. Metode karakteristi dampak diambil berdasarkan *World Meteorological Organisation* (WMO).

**Tabel 2.10.** *Outline* Kategori Dampak *Ozone Layer Depletion*

Indikator dampak	Meningkatnya radiasi ultraviolet (UVB) dan jumlah kasus kanker kulit.
Hal yang diperhatikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu ketahanan atmosfer dari zat pengkikis lapisan ozon</li> <li>• EESC (<i>Equivalent Effective Stratospheric Chlorine</i>)</li> </ul>
Dampak yang dihasilkan	Kesehatan manusia dan kualitas ekosistem
Satuan	Kg CFC-11 equivalent

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.10. *Particulate Matter*

Polusi partikel dapat diketahui dari jumlah komponen termasuk asam (seperti nitrat dan sulfat), zat kimia organik, logam dan partikel debu. Partikel dalam jumlah yang banyak dapat mengganggu kesehatan manusia, terlebih dalam gangguan pernapasan. Satuan *Particulate Matter* (PM) yang umum digunakan adalah PM<sub>10</sub> yang berarti partikel dengan ukuran 10 µm.

**Tabel 2.11.** *Outline* Kategori Dampak *Particulate Matter*

Indikator dampak	Peningkatan partikel tersuspensi dengan ukuran yang berbeda yang ada di udara (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>0,1</sub> )
Hal yang diperhatikan	Sifat partikel yang ada di lingkungan
Dampak yang dihasilkan	Kesehatan manusia
Satuan	Kg <i>particulate matter</i>

Sumber : GreenDelta (2016)

#### 2.4.11. *Photochemical Oxidation (Photochemical Ozone Creation Potential)*

Kategori dampak ini terbentuk dari reaksi antara *Volatile Organic Compounds* dan nitrogen oksida yang terkena panas dan sinar matahari. Hal ini biasa disebut juga dengan *summer smog*. *Summer smog* merupakan polusi udara yang biasa ditemui di kawasan industri dan juga pada polusi kendaraan. Pada kasus *summer smog* yang ringan dapat menyebabkan sesak nafas pada penderita asma. Sedangkan pada kasus *summer smog* yang berat manusia sehat (bukan penderita asma) dapat menderita iritasi pernafasan, batuk dan susah bernafas. Karakteristik ini dilakukan dengan menggunakan *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE).

**Tabel 2.12.** *Outline* Kategori Dampak *chemical Oxidation (Photochemical Ozone Creation Potential)*

Indikator dampak	Peningkatan <i>summer smog</i>
Hal yang diperhatikan	Meteorologi, komposisi zat kimia yang ada di atmosfer dan emisi dari polutan lainnya.
Dampak yang dihasilkan	Kesehatan manusia dan kualitas ekosistem
Satuan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kg ethylene equivalent</li> <li>• Kg NMVPC</li> <li>• Kg formed ozone</li> </ul>

Sumber : GreenDelta (2016)

### ***2.5.Studi Literatur Terdahulu***

Penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan mengenai LCA sudah banyak ditemui, namun LCA industri tekstil yang sudah pernah dilakukan masih sedikit. Penelitian dilakukan oleh Thylmann (2014) adalah mengenai LCA produksi katun organik. Hasilnya adalah pananaman katun organik memiliki potensi untuk meminimalisir dampak lingkungan yaitu 46% mengurangi potensi pemanasan global, 70% mengurangi potensi pengasaman, 26% mengurangi erosi tanah, 91% mengurangi konsumsi air tanah, dan 62% mengurangi energi tidak terbarukan.

Selanjutnya penelitian Sule (2012), yaitu dengan meneliti konsumsi energi dan dampak lingkungan yang terjadi dalam pembuatan pakaian. Kontribusi utama dalam kategori dampak yang ada berasal dari proses jahit. Hal ini berdasarkan dari tingginya konsumsi listrik di proses tersebut.

Pada Natescha (2013) meneliti mengenai perbandingan LCA produk tekstil menggunakan katun, polister, nilon, dan lainnya. Hasil LCA dari produk tekstil di seluruh proses sangat bergantung pada cara pembuatannya, terutama pada proses pewarnaan dan proses *finishing* dan fase penggunaan dan batas akhir penggunaannya juga dianalisis.

Pada penelitian Woolridge (2006) meneliti energi yang digunakan pada proses dan transportasi. Proses penggunaan kembali 1 ton polister hanya menggunakan 1,8% energi yang dibutuhkan untuk membuat pakaian dari bahan baku, dan penggunaan kembali 1 ton katun menggunakan 2,6% energi yang dibutuhkan untuk membuat pakaian dari bahan baku.

Selanjutnya penelitian Roos (2016) mencoba memecahkan permasalahan pada penelitain LCA tentang produk tekstil yang sering kali laporan tidak mencakup hasil potensi dampak toksisitas.