

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dipaparkan proses pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian. Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software GaBi Education*. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sumber Data

Setelah mengidentifikasi masalah penelitian dan memilih metode yang sesuai, langkah berikutnya adalah mengumpulkan data. Ada dua sumber data: sumber primer dan sekunder. Menurut Lee et al. (2013), data primer adalah data yang dikumpulkan khusus untuk studi yang dipertanyakan. Data primer dapat dikumpulkan melalui metode seperti kuesioner atau wawancara. Dalam penelitian ini, data input untuk pemodelan LCA juga telah dikumpulkan dari kedua sumber (sumber primer dan sekunder).

4.1.2 Teknik Pengumpulan Data

a) Metode Observasi Lapangan

Metode wawancara atau metode penelitian lapangan yang dilakukan di perusahaan pembuatan cup plastic yang terdiri dari observasi dan wawancara. Menurut Leedy & Ormrod (2010), pengamatan dapat merekam informasi dengan rinci dan berinteraksi langsung dengan perusahaan. Pengamatan dilakukan untuk menyelidiki input, bahan baku yang digunakan, proses pembuatan, output dan energi dikeluarkan. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam dan informasi tambahan tentang pengolahan plastik, seperti jumlah

permintaan produk dan usia dari produk. Teknik ini dilakukan dengan mewawancarai beberapa pekerja yang terlibat dalam proses pembuatan produk.

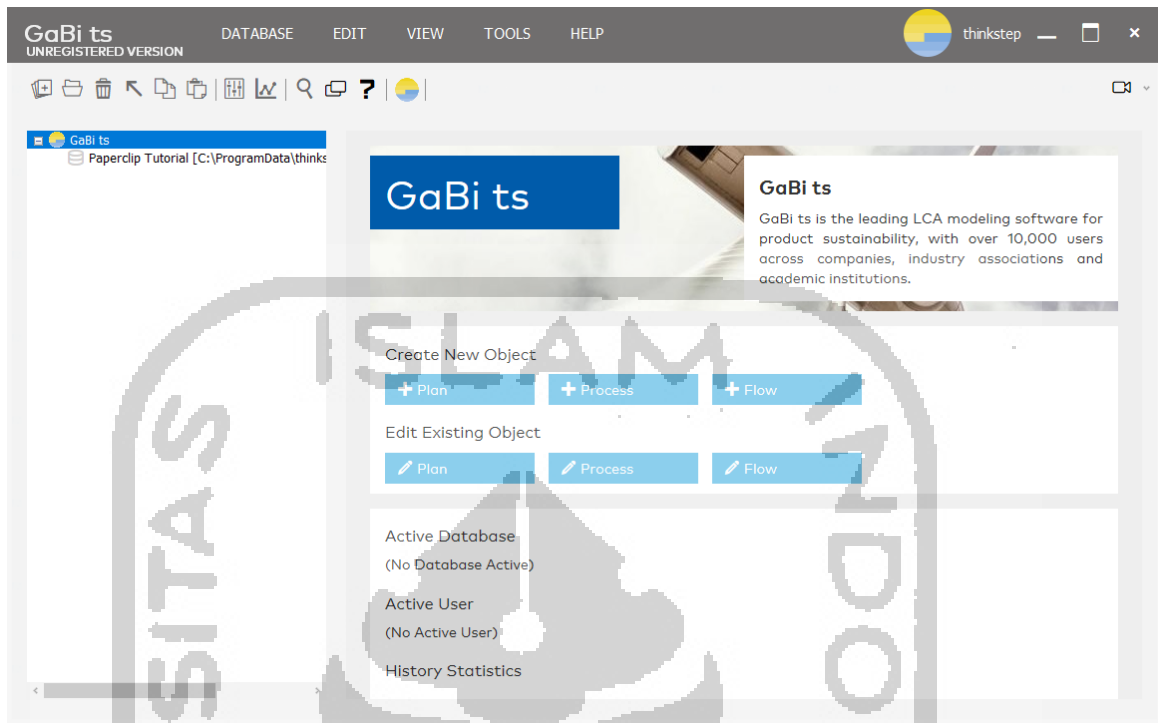
b) Metode Studi Literature

Teknik kedua adalah melakukan studi literatur. Sumber sekunder yang digunakan dalam penelitian ini termasuk data dari penelitian terdahulu dan database *GaBi Education* yang ada. Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah hasil observasi lapangan.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Alat Analisis Data

Dalam penelitian ini, *software GaBi Education* digunakan sebagai alat untuk menganalisis data LCI. *Software GaBi Education* adalah suatu *tool* untuk memodelkan siklus hidup produk. Pendekatan menggunakan *GaBi* memungkinkan pelaku industry dalam membangun suatu system dalam melakukan proses produksi. *Software* ini dapat membantu menganalisis hasil dari *life cycle* suatu produk dan menginterpretasikan hasilnya. *Software* ini terdiri dari rencana, proses, dan *flow* dari suatu system. *GaBi Education* juga menampilkan LCI dan LCA produk.



Gambar 4.1 *Software GaBi Education*

4.2.2 Penentuan Kualitas Data

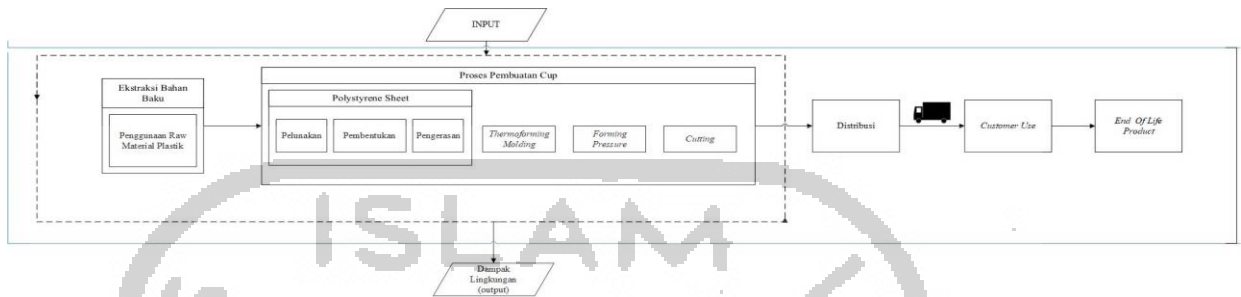
Ketepatan dan kerincian data sangat penting untuk menentukan hasil LCA secara keseluruhan. Kebenaran sumber data juga dipertimbangkan untuk menghindari penyalahgunaan dan salah tafsir data. Indikator kualitas data atau kelengkapan data digunakan untuk menilai konsistensi kualitas nyata dari data yang terkumpul dan memastikan semua data telah lengkap. Ada empat indikator kualitas data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengukuran (*measurement*), perhitungan (*calculate*), estimasi (*estimate*), dan literature. Pengukuran adalah suatu proses untuk memperoleh nilai satu kuantitas (seperti panjang atau massa) relatif terhadap suatu satuan ukuran (seperti satu meter atau satu kilogram). Dalam penelitian ini, data yang diperoleh dari proses pengukuran antara lain adalah massa produk cup. Kemudian, perhitungan adalah penentuan jumlah atau jumlah sesuatu secara matematika menggunakan formula tertentu, seperti perhitungan jumlah listrik yang diperlukan untuk membuat cup. Sementara estimasi adalah perhitungan kasar terhadap nilai, nomor, kuantitas, atau tingkat sesuatu. Data yang

diperoleh dari proses pengestimasiannya adalah data yang sulit untuk diukur maupun dihitung, seperti data limbah padat dan cair. Data juga diperoleh dari literatur, seperti data manufaktur cup plastik. Setelah semua data dikumpulkan, LCI untuk sistem siklus hidup cup dikembangkan. LCI disajikan sebagai daftar semua input dan output untuk sistem produk. Kemudian, data yang dikumpulkan digunakan sebagai input untuk membangun model penilaian dampak lingkungan menggunakan *software GaBi Education*.

4.2.3 Penentuan *goal* kajian LCA

Tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui siklus hidup dari produk cup dan melihat dampaknya terhadap lingkungan yang kemudian dilakukan perbaikan sistem agar dapat meminimalisir dampak lingkungan. Dalam penelitian ini, hasil LCA digunakan untuk merekomendasikan perbaikan agar produk dapat meminimalisir dampak terhadap lingkungan. LCA dapat memperkirakan dampak perubahan terhadap lingkungan sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan daya saing suatu produk (Bevilacqua et al. 2010). Hasil LCA dapat digunakan oleh pelaku industri dalam membantu proses produksi yang mempertimbangkan aspek lingkungan. LCA juga dapat dilakukan oleh produsen untuk membuat produk yang ramah lingkungan dan dapat meningkatkan kualitas dari proses bisnis mereka. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami dampak lingkungan yang terkait dengan pembuatan cup plastik. Tujuan khusus penelitian LCA ini adalah untuk: (1) mengidentifikasi *hotspot* atau titik kritis dari seluruh *life cycle* berdasarkan hasil LCA; (2) merekomendasikan perbaikan berdasarkan aspek *life cycle*; (3) membandingkan dampak lingkungan dari dua model cup (*life cycle* produk yang ada dan *life cycle* produk yang diperbaiki).

4.2.4 Scope kajian LCA



Gambar 4.2 Scope Kajian LCA Cup

Life cycle cup memiliki lima siklus utama dari awal sampai akhir, yaitu: bahan baku, proses manufaktur, distribusi, *customer use*, dan terakhir adalah *end of life* produk. Dalam setiap prosesnya pasti memiliki input seperti jumlah energi yang dibutuhkan dan lain sebagainya dan memiliki output terhadap lingkungan. Namun pada *customer use* diasumsikan sebagai *single use* sehingga tidak ada input apapun. Siklus distribusi juga tidak dimasukkan pada *scope* kajian karena pada siklus ini sulit didapatkannya data-data mengenai distribusi seperti jumlah energi yang digunakan, jarak yang ditempuh dll yang diperlukan dalam proses distribusi ini. Pada siklus EOL tidak dijelaskan secara rinci karena penelitian ini hanya focus sampai pada proses operasi saja.

Scope LCA pada penelitian ini adalah *cradle-to-gate* atau dari bahan baku sampai proses operasi. Langkah pertama yang dilakukan yaitu ekstraksi bahan baku berupa bahan baku plastik *polystyrene* yang masih berbentuk lembaran kemudian diolah ke proses selanjutnya yaitu proses pembuatan cup menggunakan mesin. Proses ini terurai seperti berikut:

- a) Proses Pembuatan *Cup*
 1. *Polystyrene Sheet*

Pada pengolahan lembaran PS ini dilakukan melalui 3 tahap sebagai berikut:

- a. Pelunakan

Lembaran PS dipanaskan pada suhu tertentu di dalam cetakan untuk proses pembentukan

b. Pembentukan

Dilakukan dengan pem-vakuman ruang cetak untuk membuat tekanan ruangan tertutup lebih rendah dari pada tekanan atmosfer. Dalam hal ini proses penekanan tidak harus menggunakan tekanan tinggi sehingga cetakan tidak perlu kuat

c. Pengerasan

Tahap ini dilakukan pada cetakan dengan temperature tekanan dan waktu tertentu agar plastik yang dicetak tidak mengalami perubahan bentuk

2. *Thermoforming Molding*

Bahan thermoplastik berupa lembaran dipanaskan kemudian dibentuk dengan mengurangi tekanan udara. Lembaran plastik dijepit setelah itu pemanas didekatkan sampai plastik menjadi lunak, lalu pemanas dijauhkan, kemudian dilakukan vakum. Pada proses forming vakum ini tidak memerlukan tekanan yang tinggi

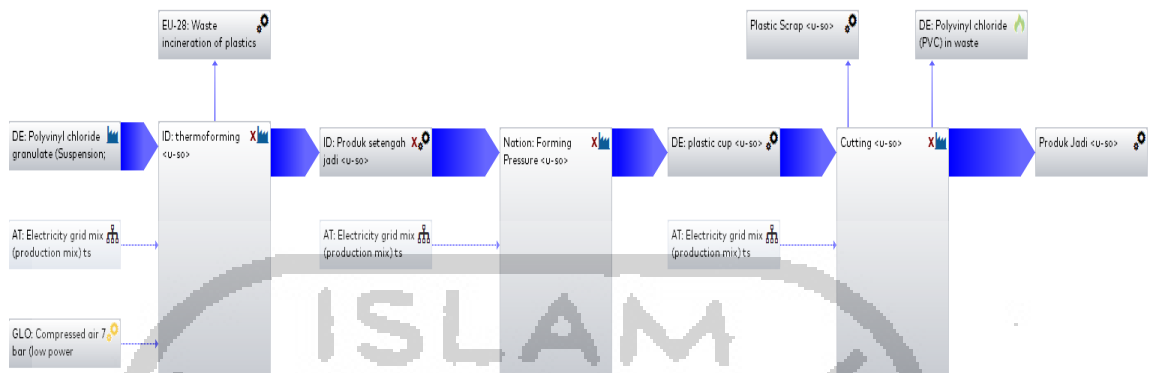
3. *Forming Pressure*

Proses pengepresan ini dilakukan dengan memberikan tekanan pada lembaran PS yang panas dicetakan sehingga lembaran ini akan terbentuk sesuai dengan bentuk dari cetakannya

4. *Cutting*

Pemotongan ini dilakukan untuk memisahkan hasil cetakan dengan lembaran

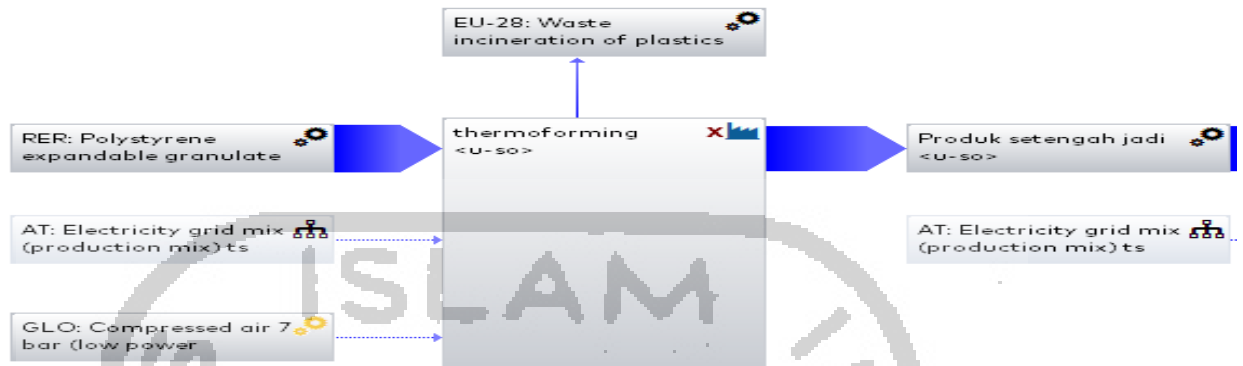
Pada *scope* ini, *life cycle cup* tahap pertama yaitu bahan baku. Jenis bahan baku yang digunakan berupa plastic jenis PS. Kemudian tahap selanjutnya adalah proses manufaktur. Pada proses manufaktur ini, menggunakan mesin-mesin seperti misalnya mesin mixing, mesin ekstruder dll yang mana mesin-mesin ini memerlukan energi listrik dalam penggunaannya dan juga mengeluarkan *output* dampak terhadap lingkungan. Berikut ini merupakan permodelan dari proses pembuatan cup di *software Gabi Education*:



Gambar 4.3 Permodelan Proses Pembuatan *Cup* di *Software Gabi*

4.2.5 LCI *Polystyrene*

Pada sub bab LCI ini menyajikan data lengkap dari input produksi yang meliputi bahan baku yang digunakan, energy yang dibutuhkan pada proses produksi, dan juga output yang dihasilkan dari proses produksi cup serta cemar yang dihasilkan terhadap lingkungan. Data yang didapatkan selanjutnya dihitung sebagai data input dan output adalah data produksi yang diperlukan untuk membuat 1 kg plastic cup. Pada LCI proses produksi ini perusahaan belum mengetahui berat dan emisi apa saja yang dihasilkan. Aliran input output pada proses ekstraksi bahan baku dan proses *thermoforming* terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses *Thermoforming*

LCI pada proses pertama yaitu proses ekstraksi bahan baku terlihat pada Tabel 4.1. Pada proses ini input yang dibutuhkan yaitu bahan baku PS sebanyak 1,25 kg yang kemudian diekstraksi menjadi serpihan (*granulate*). Berat 1,25 kg ini didapatkan berdasarkan keinginan penulis untuk meneliti 1 kg cup

Tabel 4.1 LCI Proses Ekstraksi Bahan Baku

Proses Ekstraksi Bahan Baku				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Polystyrene</i>	Massa	1.25	Kg	<i>Estimated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Polystyrene Granulate</i>	Massa	1.25	Kg	<i>Measured</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>
Emisi ke Air	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Setelah itu proses *thermoforming*, pada proses ini input yang dibutuhkan yaitu bahan baku PS sebanyak 1,25 kg yang masih berbentuk serpihan (*granulate*). Proses ini juga menggunakan aliran listrik sebesar 1,92 kWh, dan juga mesin kompresor udara

sebesar 0,25 kWh. Besar energi yang digunakan didapat dari hasil perhitungan di Microsoft excel. Untuk output dari proses ini yaitu produk setengah jadi, yang mana PS masih berbentuk lembaran untuk diproses lagi pada proses berikutnya. Pada proses ini juga menghasilkan *waste* berupa scrap dari sisa-sisa plastik tersebut sebesar 0,05 kg. Berat dari scrap ini didapat berdasarkan hasil estimasi dari pengamatan langsung

Tabel 4.2 LCI Proses Thermoforming

Proses <i>Thermoforming</i>				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Polystyrene Granulate</i>	Massa	1.25	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	1.92	kWh	<i>Calculated</i>
Kompresor udara	Energi	0.25	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Polystyrene Sheet</i>	Massa	1.2	Kg	<i>Measured</i>
Scrap	Massa	0.05	Kg	<i>Estimated</i>
Emisi ke udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Proses berikutnya adalah proses pengepresan. Aliran input output dari proses pengepresan terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Proses Pengepresan

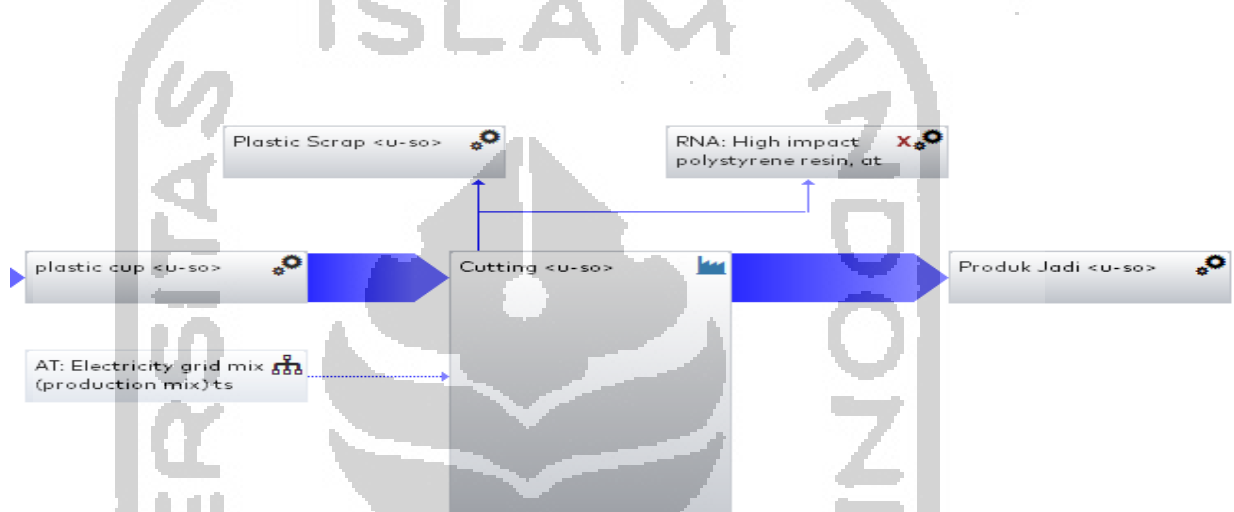
Pengepresan adalah proses pembentukan dengan metode *pressing* dilakukan dengan memberikan tekanan pada lembaran PS diruang cetakan yang akan mencetak lembaran PS panas yang sehingga lembaran PS akan terbentuk sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan. Pada proses ini input yang digunakan adalah produk setengah jadi hasil dari proses sebelumnya yaitu *polystyrene sheet* seberat 1,2 kg. Berat ini didapatkan berdasarkan estimasi dari penulis. Proses ini juga menggunakan sumber listrik 0,0067 kWh. Besar energi yang digunakan didapat berdasarkan hasil perhitungan penulis di excel. Untuk output yang dihasilkan dari proses ini adalah plastic cup seberat 1,2 kg. LCI dari proses pengepresan dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.3 LCI Proses Pengepresan

Proses pengepresan				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Polystyrene sheet</i>	Massa	1.2	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	0.0067	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber

Plastic cup	Massa	1.2	Kg	<i>Measured</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Proses terakhir yaitu proses pemotongan. Aliran input output dari proses pemotongan terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses Pemotongan

Proses pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran. Pada proses ini sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi resin. Input dari proses pemotongan ini adalah plastic cup hasil dari proses pengepresan seberat 1,2 kg dan juga energi listrik yang digunakan pada proses ini sebesar 0,75 kWh. Jumlah energi yang digunakan pada proses pemotongan didapat dari hasil perhitungan menggunakan excel. Ouput yang dihasilkan dari proses ini adalah produk jadi yaitu plastic cup seberat 1 kg. Selain itu ada plastic scrap yang dikeluarkan dari proses ini seberat 0,1 kg yang didapatkan dari hasil estimasi penulis setelah melakukan observasi di perusahaan. Plastic scrap adalah kepingan plastic sisa-sisa dari pemotongan. *Polystyrene resin* juga merupakan hasil output dari proses pemotongan ini sebesar 0,1 kg yang

didapatkan dari hasil estimasi penulis juga. LCI dari proses pemotongan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.4 LCI Proses Pemotongan

Proses pemotongan				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Plastic cup</i>	Massa	1.2	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	0.75	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
Produk jadi	Massa	1	Kg	<i>Measured</i>
<i>Plastic Scrap</i>	Massa	0.1	Kg	<i>Estimated</i>
<i>Polystyrene Resin</i>	Massa	0.1	Kg	<i>Estimated</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

4.2.6 LCIPVC

Pada sub bab ini menyajikan data lengkap rekomendasi yang diberikan mulai dari input produksi yang meliputi bahan baku yang digunakan, energy yang dibutuhkan pada proses produksi, dan juga output yang dihasilkan dari proses produksi cup serta cemaran yang dihasilkan terhadap lingkungan. Data LCI PVC ini diasumsikan oleh penulis menggunakan proses pengolahan yang sama dengan PS hanya berbeda pada penggunaan bahan baku saat proses ekstraksi. Pada LCI proses produksi ini belum diketahui berat dan emisi apa saja yang dihasilkan.

LCI pada proses pertama yaitu proses ekstraksi bahan baku. Pada proses ini input yang dibutuhkan yaitu bahan baku PVC sebanyak 1,25 kg kemudian diekstraksi menjadi serpihan (*granulate*) berat ini berdasarkan keinginan penulis untuk melihat dampak yang dihasilkan dari proses produksi 1 kg cup

Tabel 4.5 LCI Proses Ekstraksi Bahan Baku

Proses Ekstraksi Bahan Baku				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
PVC	Massa	1,25	Kg	<i>Estimated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
PVC <i>Granulate</i>	Massa	1,25	Kg	<i>Measured</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>
Emisi ke Air	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Setelah itu proses *thermoforming*, pada proses ini input yang dibutuhkan yaitu bahan baku PVC sebanyak 1,25 kg yang masih berbentuk serpihan (*granulate*). Proses ini juga menggunakan aliran listrik sebesar 1,92 kWh dan juga mesin kompresor udara sebesar 0,25 kWh. Besar energi yang digunakan didapat dari hasil perhitungan penulis di excel. Untuk output dari proses ini yaitu produk setengah jadi, yang mana PVC masih berbentuk lembaran untuk diproses lagi pada proses berikutnya. Pada proses ini juga menghasilkan *waste* berupa *scrap* dari sisa-sisa plastik tersebut seberat 0,05 kg. *Scrap* ini diasumsikan penulis berdasarkan hasil pengamatan di perusahaan.

Tabel 4.6 LCI Proses Thermoforming

Proses Thermoforming				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
PVC <i>Granulate</i>	Massa	1,25	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	1,92	kWh	<i>Calculated</i>
Kompresor udara	Energi	0,25	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
PVC <i>Sheet</i>	Massa	1,2	Kg	<i>Measured</i>
Scrap	Massa	0.05	Kg	<i>Estimated</i>

Emisi ke udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Proses berikutnya adalah proses pengepresan. Pengepresan adalah proses pembentukan dengan metode *pressing* dilakukan dengan memberikan tekanan pada lembaran PVC diruang cetakan yang akan mencetak lembaran PVC panas yang sehingga lembaran akan terbentuk sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan. Pada proses ini input yang digunakan adalah produk setengah jadi hasil dari proses sebelumnya yaitu PVC *sheet* seberat 1,2 kg. Proses ini juga menggunakan sumber listrik 0,0067 kWh. Jumlah energi yang digunakan didapat dari hasil perhitungan melalui excel. Untuk output yang dihasilkan dari proses ini adalah plastic cup seberat 1,2 kg. LCI dari proses pengepresan dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.7 LCI Proses Pengepresan

Proses pengepresan				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
PVC <i>sheet</i>	Massa	1,2	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	0,0067	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
Plastic cup	Massa	1,2	Kg	<i>Measured</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>

Proses terakhir yaitu proses pemotongan. Proses pemotongan dilakukan untuk memisahkan antara hasil cetakan dengan lembaran. Pada proses ini sisa dari hasil pemotongan akan digulung kembali untuk kembali dilebur menjadi resin. Input dari proses pemotongan ini adalah plastic cup hasil dari proses pengepresan seberat 1,2 kg dan juga energi listrik yang digunakan pada proses ini sebesar 0,75 kWh. Jumlah energi yang digunakan didapat dari hasil perhitungan melalui excel. Ouput yang dihasilkan dari proses

ini adalah produk jadi yaitu plastic cup seberat 1 kg. Selain itu ada plastic scrap yang dikeluarkan dari proses ini. Plastic scrap adalah kepingan plastic sisa-sisa dari pemotongan. *Polystyrene resin* juga merupakan hasil output dari proses pemotongan ini. LCI dari proses pemotongan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.8 LCI Proses Pemotongan

Proses pemotongan				
Bahan Masukan	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Plastic cup</i>	Massa	1,2	Kg	<i>Estimated</i>
Masukan Energi	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
<i>Electricity Grid</i>	Energi	0,75	kWh	<i>Calculated</i>
Bahan Keluaran	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
Produk jadi	Massa	1	Kg	<i>Measured</i>
<i>Plastic Scrap</i>	Massa	0.1	Kg	<i>Estimated</i>
<i>PVC Resin</i>	Massa	0.1	Kg	<i>Estimated</i>
Emisi ke Udara	Kuantitas	Total	Satuan	Sumber
-	Massa	-	Kg	<i>Estimated</i>