

BAB V

PEMBAHASAN

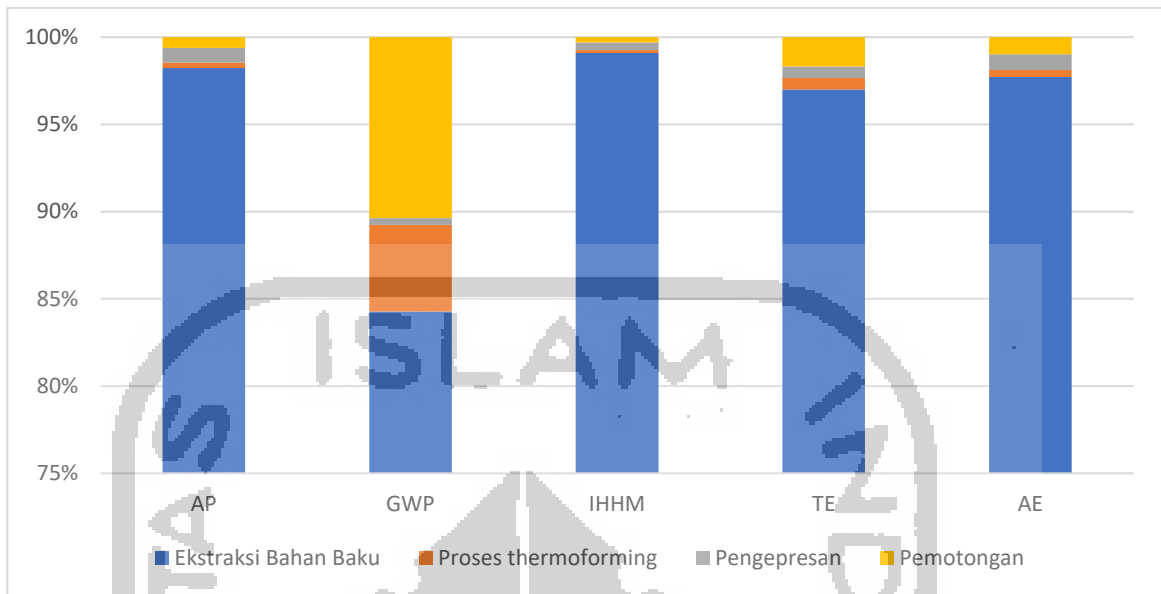
Pada bab ini akan dilakukan pembahasan berdasarkan hasil yang diperoleh pada bab pengolahan data. Berdasarkan output dari pengolahan data menggunakan *software GaBi Education* didapatkan hasil dari LCIA yaitu sebagai berikut:

5.1 Hasil LCIA

Hasil LCIA berdasarkan EDIP2003 yang dikembangkan menggunakan *software GaBi Education*. Terlihat pada tabel 5.1 mempresentasikan kategori dampak lingkungan dari produk cup berdasarkan setiap kategori dampak. Namun data yang disajikan memiliki satuan unit yang berbeda, maka dari itu data ini masih sulit untuk analisis. Berikut, Gambar 5.1 menunjukkan dampak lingkungan yang telah dinormalisasi.

Tabel 5.1 Kategori Dampak Sebelum Normalisasi

Kategori Dampak		unit referensi	Bahan	Proses	Pengepresan	Pemotongan
			baku	<i>thermoforming</i>		
<i>Acidification Potential</i>	AP	m2 UES	1.84E-01	1.64E-02	1.68E-05	1.72E-04
<i>Global Warming</i>	GWP	kg CO2 eq	3.49E+00	5.21E-01	3.75E-04	1.69E-01
<i>Impact on Human Health and Materials</i>	IHHM	pers*ppm*hours	1.33E-03	1.04E-04	1.09E-07	1.29E-06
<i>Terrestrial Eutrophication</i>	TE	m2 UES	1.34E-01	1.74E-02	1.75E-05	4.98E-04
<i>Aquatic Eutrophication</i>	AE	kg NO3 eq	4.45E-03	4.51E-04	4.62E-07	6.43E-06



Gambar 5.1 Normalisasi Kategori Dampak Tiap Proses

5.2 Identifikasi *Hotspot* atau Titik Kritis

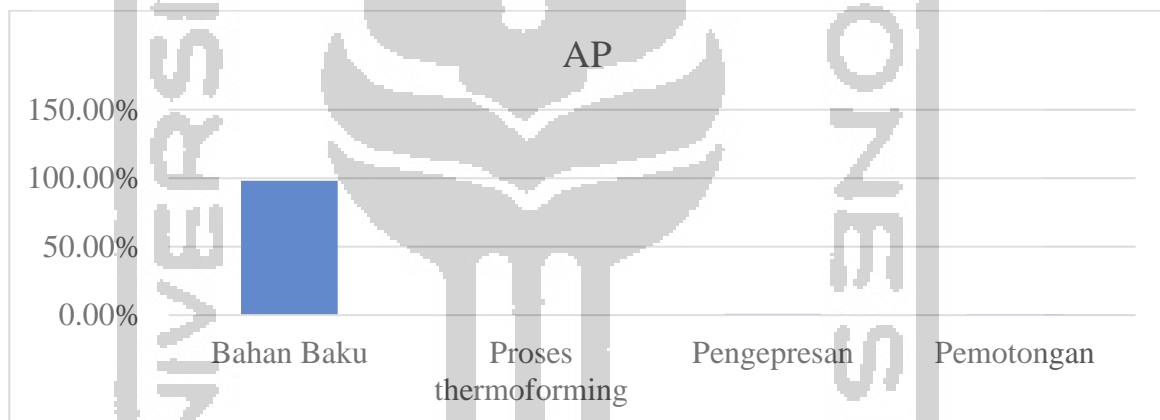
Berdasarkan gambar 5.1 menyatakan bahwa terdapat 5 kategori dampak yang ditimbulkan dari proses produksi *plastic cup*. Terlihat bahwa pada bahan baku memiliki dampak paling dominan dan paling besar terhadap lingkungan. Kemudian, dampak lingkungan tertinggi kedua ada pada proses *thermoforming*. Persentase kategori dampak lingkungan tiap proses dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini:

Tabel 5.2 Persentase Dampak Lingkungan Tiap Proses

Proses Produksi	Persentase (%)
Ekstraksi Bahan Baku	88,87
Proses <i>Thermoforming</i>	3,44
Proses Pengepresan	0,47
Proses Pemotongan	7,22
Total	100,00

Pada tabel 5.2 diatas terlihat bahwa bahan baku memiliki dampak terhadap lingkungan terbesar dengan persentase 86,49%. Kemudian, pada proses *thermoforming* memiliki dampak lingkungan terbesar kedua dengan persentase 10,77%. Sementara itu pada proses pengepresan dan proses pemotongan tidak memiliki dampak terhadap lingkungan yang begitu signifikan. Hal ini terlihat dari jumlah persentase dampak lingkungan yang dihasilkan pada proses pengepresan sebesar 0,01% dan proses pemotongan sebesar 2,29%. Kategori dampak lingkungan akan dijelaskan secara *detail* berdasarkan hasil LCA pada sub bab berikutnya.

5.2.1 Kategori Dampak Lingkungan AP



Gambar 5.2 Kategori Dampak Lingkungan AP

Pada setiap proses produksi dan penggunaan bahan baku memiliki kategori dampak lingkungan AP atau pengasaman. Terlihat pada gambar 5.2 bahwa pada Bahan baku, proses *thermoforming*, pengepresan, dan pemotongan menimbulkan dampak pengasaman. Pada penggunaan bahan baku menimbulkan dampak sebesar 98,22%, proses *thermoforming* menyumbang 0,32%, pengepresan 0,83 %, pemotongan 0,62%. Pada bahan baku memiliki dampak terbesar dibandingkan proses lainnya. Hal ini dikarenakan pada bahan baku PS terdapat senyawa sulfur dioksida (SOx) dan nitrogen dioksida (NO₂) sebesar 0,00328 kg seperti yang terlihat pada Gambar 5.3. Kedua senyawa ini mengeluarkan gas buang atau emisi ke udara. Pada proses pengepresan tidak menyebabkan dampak lingkungan yang

signifikan yaitu hanya sebesar 0,01% karena dampak yang dihasilkan pada proses ini yaitu dari penggunaan listrik pada proses produksi.

Object Edit View Tools Help

Name: produksi cup

Quantity/Weight: EDIP 2003, Acidification potential

Unit/Norm: EDIP 2003, Env. imp. norm. (PE W, EU 1994)

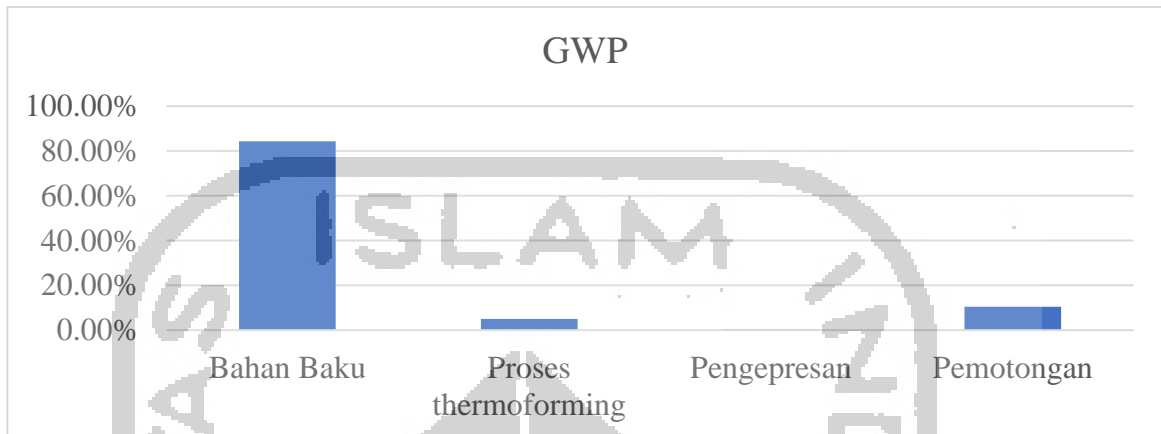
Inputs/Outputs: Just elementary flows

Flows	produksi cup <	AT: Electricity	AT: Electricity	AT: Electricity	DE: Polystyrene	DE: Polystyrene	EU-28: Waste
Emissions to air	4.07E-005	2.87E-006	2.55E-007	7.35E-006	1.9E-007	3E-005	9.75E-008
Inorganic emissions to air	4.07E-005	2.87E-006	2.55E-007	7.35E-006	1.9E-007	3E-005	9.75E-008
Ammonia	6.1E-007	6.52E-008	5.8E-009	1.67E-007	1.1E-007	2.23E-007	3.87E-008
Hydrogen chloride	4.35E-006	1.1E-006	9.79E-008	2.82E-006	1.67E-009	3.23E-007	1.49E-009
Hydrogen fluoride	2.19E-007	5.09E-008	4.52E-009	1.3E-007	1.83E-010	3.27E-008	2.46E-010
Hydrogen sulphide	1.13E-006	1.74E-007	1.53E-008	4.45E-007	1.99E-009	4.91E-007	1.68E-010
Nitrogen dioxide	2.09E-008	5.93E-010	5.27E-011	1.52E-009	1.76E-011	1.87E-008	1.03E-018
Nitrogen monoxide	7.53E-008	1.51E-008	1.35E-009	3.87E-008	2.77E-010	3.2E-008	6.32E-017
Nitrogen oxides	1.62E-005	8.98E-007	7.98E-008	2.3E-006	6.41E-008	1.28E-005	3.423E-008
Sulphur dioxide	1.81E-005	5.64E-007	5.01E-008	1.44E-006	1.16E-008	1.6E-005	4.44E-008
Sulphur oxides	4.35E-031				7.1E-083		
Sulphur trioxide	1.38E-009	2.84E-010	2.52E-011	7.27E-010	2.6E-012	3.36E-011	
Sulphuric acid	1.61E-011	1.18E-012	1.05E-013	3.01E-012	1.19E-014	1.18E-011	
Emissions to industrial soil	7.57E-016	4.34E-017	3.86E-018	1.11E-016	6.3E-019	5.98E-016	

0.00328 kg

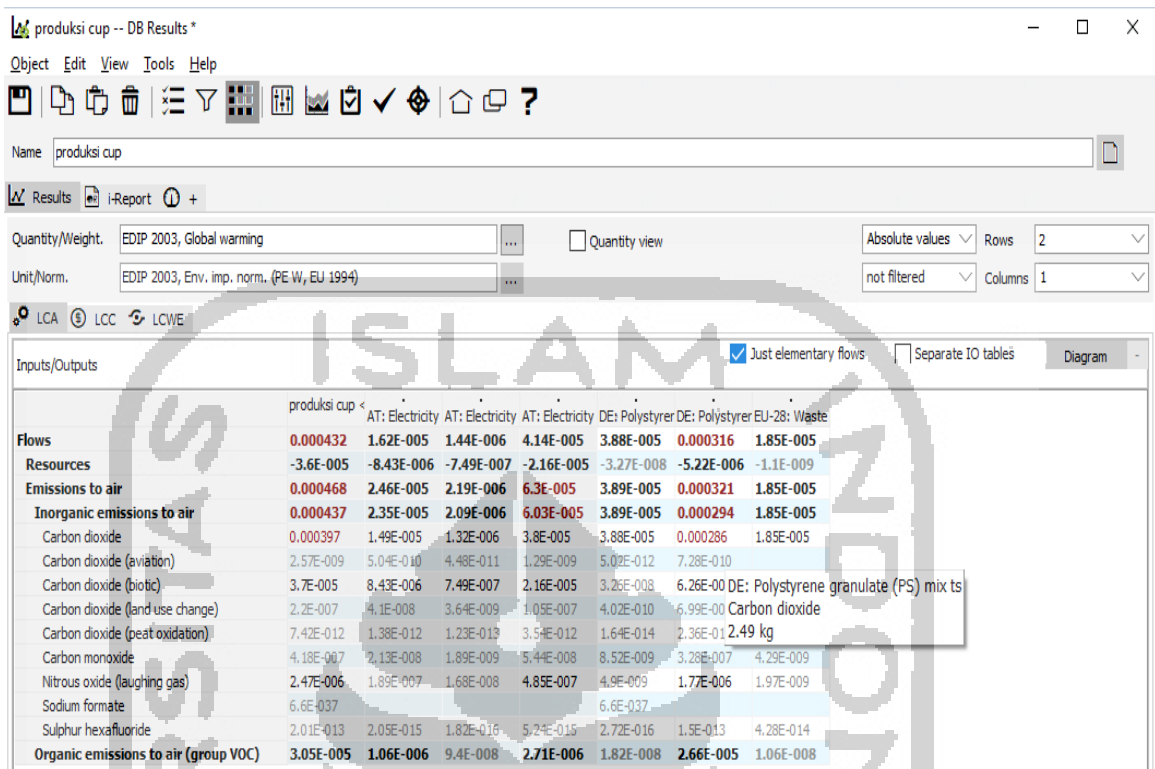
Gambar 5. 3 Hasil Pengolahan Kategori AP di GaBi Software

5.2.2 Kategori Dampak Lingkungan GWP



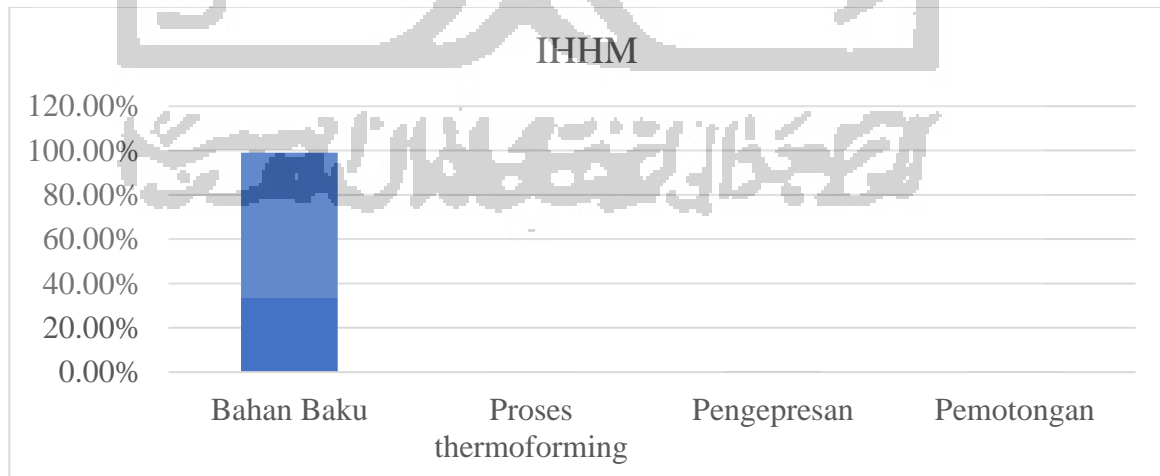
Gambar 5.4 Kategori Dampak Lingkungan GWP

Kategori dampak lingkungan berikutnya yaitu GWP. Pada kategori ini Bahan baku memiliki dampak sebesar 84,28 %, proses *thermoforming* sebesar 4,96%, pengepresan sebesar 0,38%, dan pemotongan sebesar 10,37%. Penggunaan Bahan baku PS menimbulkan dampak paling besar karena pada bahan baku ini terdapat senyawa anorganik karbondioksida (CO₂) yang mana senyawa ini mengeluarkan emisi ke udara yang dapat menyebabkan *global warming*. Senyawa CO₂ yang dikeluarkan yaitu sebesar 2,49 kg. Selain itu penggunaan energi listrik pada proses *thermoforming* juga mengeluarkan emisi ke udara. Pada proses pengepresan tidak menyebabkan dampak *global warming* yang signifikan yaitu hanya sebesar 0,01% karena dampak yang dihasilkan pada proses ini hanya dihasilkan dari penggunaan listrik pada proses produksi namun tidak begitu besar.



Gambar 5.5 Hasil Pengolahan Kategori GWP di GaBi Software

5.2.3 Kategori Dampak Lingkungan IHHM



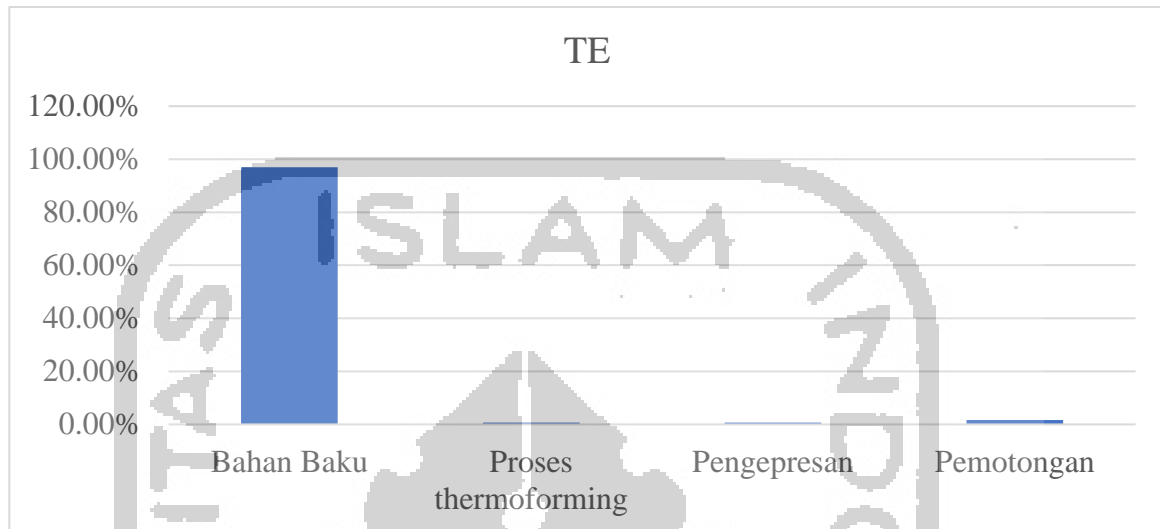
Gambar 5.6 Kategori Dampak Lingkungan IHHM

Berikutnya adalah kategori dampak lingkungan IHHM. Pada kategori ini terlihat pada gambar 5.4, bahan baku menyumbang dampak sebesar 99,09%, proses *thermoforming* sebesar 0,16%, pengepresan sebesar 0,45%, pemotongan sebesar 0,30%. Pada IHHM dampak terbesar terjadi pada bahan baku. Hal ini terjadi karena pada bahan baku memiliki senyawa organik yang mengeluarkan emisi ke udara. Senyawa organik yang dikeluarkan yaitu gas metana 0,00988 kg. Menurut Bogner et al., (2008) metana menyumbang 90% dari semua emisi sektor limbah global, atau sekitar 18% dari emisi metana antropogenik global. Kemudian pada proses *thermoforming*, pengepresan, dan pemotongan tidak memiliki dampak yang signifikan terhadap IHHM.

Inputs/Outputs	produksi cup <	AT: Electricity	AT: Electricity	AT: Electricity	DE: Polystyrene	DE: Polystyrene	EU-28: Waste
Flows	9.57E-005	4.08E-006	3.62E-007	1.04E-005	2.47E-007	8.05E-005	1.27E-007
Emissions to air	9.57E-005	4.08E-006	3.62E-007	1.04E-005	2.46E-007	8.05E-005	1.27E-007
Inorganic emissions to air	5.05E-005	2.8E-006	2.49E-007	7.16E-006	2.13E-007	4E-005	1.07E-007
Carbon monoxide	8.05E-007	4.09E-008	3.64E-009	1.05E-007	1.64E-008	6.31E-007	8.26E-009
Nitrogen oxides	4.97E-005	2.76E-006	2.45E-007	7.06E-006	1.97E-007	3.94E-005	9.9E-008
Organic emissions to air (group VOC)	4.52E-005	1.28E-006	1.14E-007	3.28E-006	3.32E-008	4.05E-005	1.93E-008
Group NMVOC to air	1.2E-005	1.22E-007	1.08E-008	3.11E-007	1.4E-008	1.15E-005	7.91E-009
Hydrocarbons (unspecified)	1.31E-007	3.26E-010	2.9E-011	8.34E-010	3.72E-011	1.3E-007	
Methane	3.26E-005	1.08E-006	9.59E-008	2.76E-006	1.83E-008	2.86E-005	1E-008
Methane (biotic)	4.5E-007	7.9E-008	7.02E-009	2.02E-007	8.31E-010	1.61E-007	
VOC (unspecified)	3.16E-010						
Emissions to fresh water	8.53E-009	7.29E-010	6.48E-011	1.87E-009	6.77E-010	4.84 Methane	
Emissions to sea water	1.09E-013	5.95E-016	5.29E-017	1.52E-015	4.59E-017	1.07 0.00988 kg	

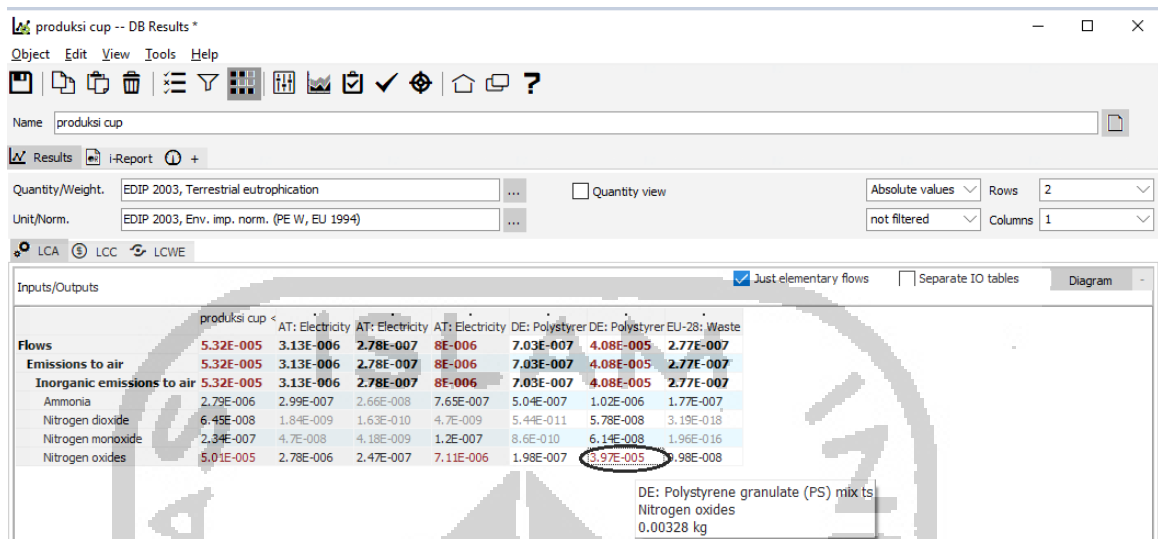
Gambar 5.7 Hasil Pengolahan Kategori IHHM di GaBi Software

5.2.4 Kategori Dampak Lingkungan TE



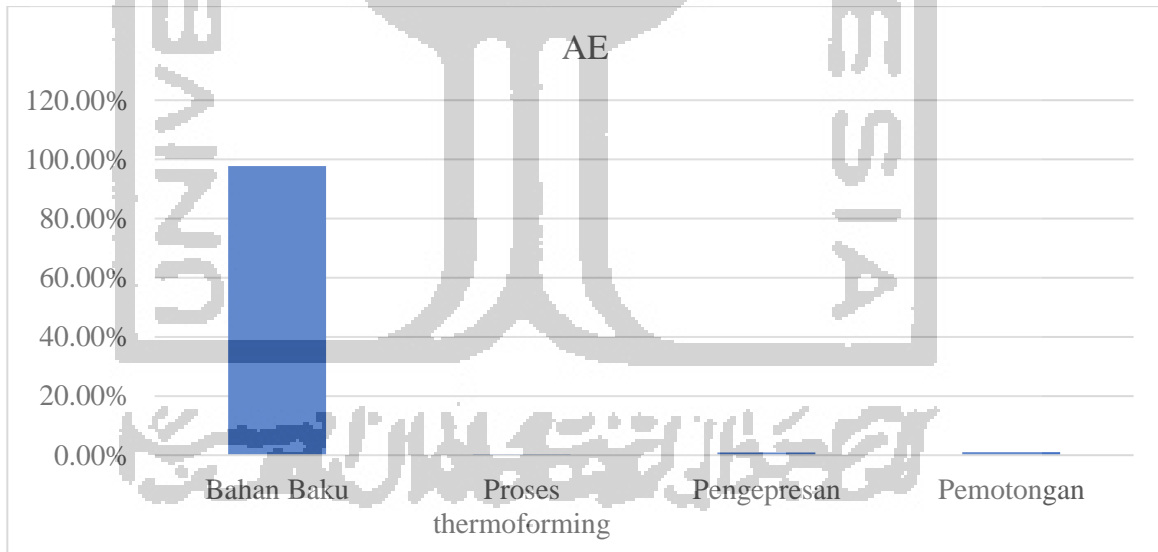
Gambar 5.8 Kategori Dampak Lingkungan TE

Kategori dampak berikutnya yaitu TE. Pada kategori ini semua proses mulai dari Bahan baku, proses *thermoforming*, pengepresan, dan pemotongan menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Bahan baku menimbulkan dampak paling besar dibanding dengan proses lainnya. Terlihat pada gambar 5.5 Bahan baku menyumbang dampak sebesar 97,01%, proses *thermoforming* sebesar 0,66%, pengepresan sebesar 0,66%, pemotongan sebesar 1,67%. Pada Bahan baku menyumbang dampak terbesar dibanding dengan proses lainnya. Hal ini disebabkan karena pada Bahan baku terdapat kandungan senyawa anorganik berupa nitrogen dioksida yang mengeluarkan emisi ke udara sebesar 0,00328 kg. Selain itu penggunaan energi listrik pada proses *thermoforming* juga memberikan dampak yang disebabkan karena pada penggunaan energi listrik ini mengeluarkan emisi ke udara juga.



Gambar 5.9 Hasil Pengolahan Kategori TE di GaBi Software

5.2.5 Kategori Dampak Lingkungan AE



Gambar 5.10 Kategori Dampak Lingkungan AE

Pada proses produksi cup menimbulkan dampak yaitu AE. Terlihat pada gambar 5.6 tiap proses menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Pada Bahan baku menyumbang dampak paling besar dengan perolehan sebesar 97,71%, kemudian diikuti dengan proses

thermoforming dengan menyumbang sebesar 0,40%, lalu pada proses pengepresan dan pemotongan tidak menunjukkan dampak yang signifikan hal ini terlihat dengan besaran dampak yang dihasilkan masing-masing proses yaitu sebesar 0,90% dan 0,98%. Pada Bahan baku memiliki dampak paling besar karena senyawa nitrogen dioksida yang terdapat pada kandungan Bahan baku mengeluarkan emisi ke udara sebesar 0,00328 kg. Selain itu pada proses produksinya mengeluarkan emisi ke air seperti yang terlihat pada Gambar 5.11. Hal ini tentu sangat berpengaruh pada kategori dampak AE ini.

Flows	produksi cup	AT: Electricity	AT: Electricity	AT: Electricity	DE: Polystyrene	DE: Polystyrene EU-28: Waste	
Emissions to air	4.01E-005	2.99E-006	2.66E-007	7.65E-006	2.89E-007	2.88E-005	1.19E-007
Inorganic emissions to air	3.27E-005	1.89E-006	1.68E-007	4.85E-006	2.76E-007	2.54E-005	1.15E-007
Ammonia	8.39E-007	8.97E-008	7.97E-009	2.3E-007	1.51E-007	3.07E-007	5.32E-008
Cyanide (unspecified)	7.29E-010	1.95E-012	1.73E-013	4.98E-012	1.32E-013	7.22E-010	4.23E-014
Nitrate	1.97E-030				2.76E-032	1.94E-030	
Nitrogen dioxide	3.97E-008	1.13E-009	1E-010	2.89E-009	3.35E-011	3.56E-008	1.97E-018
Nitrogen monoxide	1.44E-007	2.9E-008	2.58E-009	7.43E-008	5.31E-010	3.79E-008	1.21E-016
Nitrogen oxides	3.09E-005	1.71E-006	1.52E-007	4.38E-006	1.22E-007	2.44E-005	6.15E-008
Nitrous oxide (laughing gas)	8.11E-007	6.23E-008	5.53E-009	1.59E-007	1.61E-009	5.82E-007	1.47E-010
Emissions to fresh water	7.39E-006	1.1E-006	9.74E-008	2.81E-006	1.3E-008	3.37E-007	DE: Polystyrene granulate (PS) mix ts
Inorganic emissions to fresh water	7.39E-006	1.1E-006	9.74E-008	2.81E-006	1.3E-008	3.37E-007	Nitrogen oxides
Emissions to sea water	1.89E-008	6.82E-011	6.06E-012	1.75E-010	9.56E-012	1.86E-012	0.00328 kg
Emissions to agricultural soil	1.42E-029				1.96E-031	1.4E-029	
Emissions to industrial soil	6.01E-010	1.63E-011	1.44E-012	4.14E-011	8.26E-013	4.45E-010	9.59E-011

Gambar 5.11 Hasil Pengolahan Kategori AE di GaBi Software

1.3 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapat dari pengolahan menggunakan *GaBi Software* terlihat bahwa dari keempat proses produksi, proses ekstraksi bahan baku memiliki pengaruh paling besar. Hal ini disebabkan karena pada bahan baku *polystyrene* memiliki kandungan senyawa organik yang menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan.

Seperti yang dijelaskan pada konseptual model di bab 2, indikator dari *polystyrene* ada 3 senyawa yang berdampak terhadap lingkungan yaitu *sulfur dioxide*, gas metana, dan *nitrogen oxide*. Namun setelah diolah dan dilakukan analisis berdasarkan hasil GaBi ternyata ada 4 senyawa yang dikeluarkan dari proses ekstraksi bahan baku yaitu *Nitrogen oxide*, *sulfur dioxide*, karbondioksida, dan gas metana. Maka dari itu hipotesis penelitian ini H0 ditolak dan H1 diterima yaitu *Cup* dari plastic jenis PS memiliki pengaruh terhadap dampak lingkungan.

5.4 Rekomendasi Perbaikan Untuk Meminimalisir Dampak Lingkungan

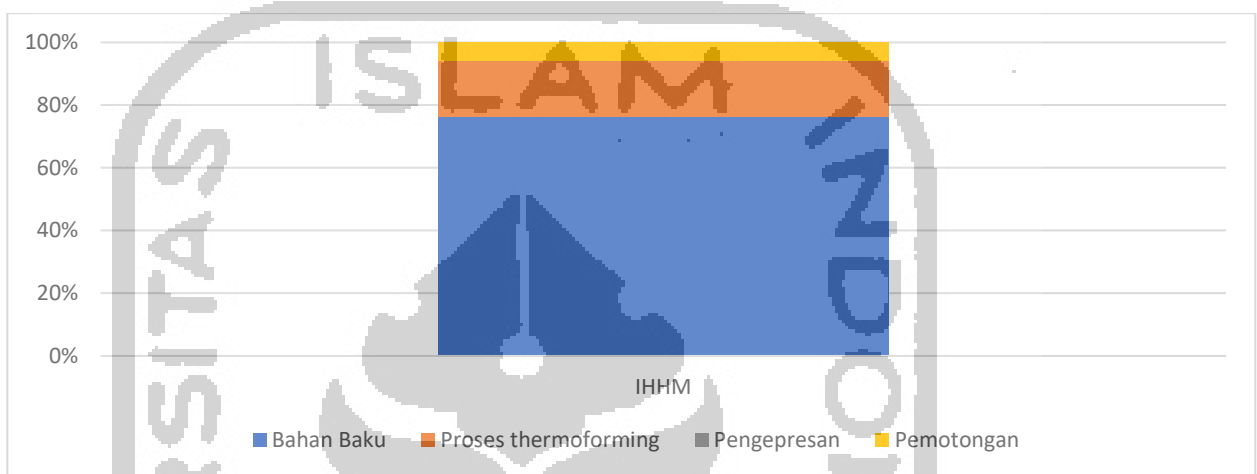
Berdasarkan hasil analisis diatas diketahui bahwa pada penggunaan bahan baku memiliki dampak paling besar terhadap lingkungan. Terlihat pada setiap kategori dampak penggunaan bahan baku selalu menyumbang pengaruh paling besar pada tiap kategori dampak. Kategori dampak lingkungan paling besar yang disebabkan oleh penggunaan bahan baku PS yaitu kategori IHHM dengan perolehan sebesar 92,58%. Oleh karena itu penulis merekomendasikan penggantian bahan baku agar dapat meminimalisir dampak lingkungan IHHM ini. Penulis merekomendasikan mengganti bahan baku dari yang sebelumnya menggunakan PS menjadi PVC. Berikut ini akan dibahas usulan perbaikan untuk meminimalisir dampak IHHM.

5.3.1 Usulan perbaikan menggunakan *polyvinyl chloride* (PVC)

Hasil LCIA dari usulan perbaikan menggunakan PVC berdasarkan EDIP2003 yang dikembangkan menggunakan *software GaBi Education*. Terlihat pada tabel 5.3 mempresentasikan kategori dampak lingkungan IHHM dari produk cup. Namun data yang disajikan memiliki satuan unit yang berbeda, maka dari itu data ini masih sulit untuk analisis. Berikut, Gambar 5.7 menunjukkan dampak lingkungan yang telah dinormalisasi.

Tabel 5.3 Kategori Dampak IHHM Sebelum Normalisasi (PVC)

	unit referensi	Bahan Baku	Proses thermoforming	Pengepresan	Pemotongan	Total
IHHM	pers*ppm*hours	1.33E-03	1.04E-04	1.09E-07	1.29E-06	1.44E-03



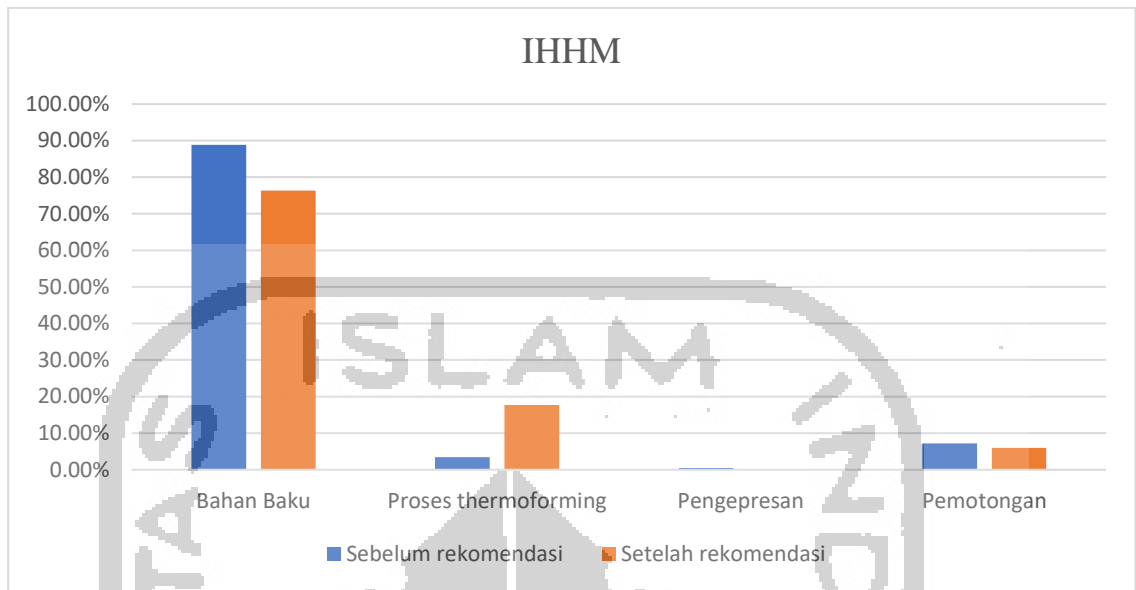
Gambar 5.12 Kategori Dampak IHHM Setelah Dinormalisasi (PVC)

5.3.2 Perbandingan Identifikasi *Hotspot* atau Titik Kritis

Berikut ini merupakan persentase perbandingan titik *hotspot* dari bahan baku PS dengan bahan baku PVC. Persentase perbandingan dan grafik kategori dampak tiap proses dapat dilihat pada tabel 5.4 dan gambar 5.8 dibawah:

Tabel 5.4 Perbandingan Persentase IHHM Dampak Lingkungan Tiap Proses

Proses Produksi	Persentase (%)	Persentase Usulan (%)
Ekstraksi Bahan Baku	88,87	76,30
Proses <i>Thermoforming</i>	3,44	19,71
Proses Pengepresan	0,47	0,01
Proses Pemotongan	7,22	6,01
Total	100,00	100,00



Gambar 5.13 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Rekomendasi Dampak IHHM

5.3.3 Perbandingan Kategori Dampak Lingkungan IHHM antara PS dan PVC

Setelah diberikan rekomendasi penggantian bahan baku PS dengan PVC terlihat pada gambar 5.8 bahwa dampak yang ditimbulkan dari penggunaan bahan baku yang sebelumnya sebesar 88,87% turun menjadi 76,30%. Hal ini menunjukkan bahwa bahan baku rekomendasi PVC 12,57 % lebih baik daripada bahan baku sebelumnya yaitu PS. Namun pada proses *thermoforming* scenario menimbulkan dampak lebih besar dibandingkan sebelumnya dari 3,44% menjadi 19,71%. Hal ini disebabkan karena pada proses *thermoforming* menggunakan PVC mengeluarkan emisi methane sebesar 0,00729 kg sedangkan pada saat menggunakan bahan baku PS proses *thermoforming* mengeluarkan emisi methane sebesar 0,00988 kg. Namun fokus rekomendasi yang diberikan penulis hanya pada penggunaan bahan baku.

5.4 Kelemahan Penelitian

Rekomendasi yang diberikan yaitu penggantian bahan baku PS menjadi PVC. Namun pada penelitian ini memiliki kelemahan yaitu tidak dilakukannya analisis kelayakan pada penggantian bahan baku PVC serta tidak melakukan penilaian dari aspek finansial.

