

Analisis Daur Hidup pada Kegiatan Produksi Iodium

Fatimatuz Zahro^{1*}, Mirna Apriani¹, Ahmad Erlan Afiuddin¹

¹ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : fatimatuzz750@gmail.com

Abstrak

Menurut pusat data dan teknologi informasi ESDM pada tahun 2016 kategori industri manufaktur dan konstruksi menyumbang emisi (GRK) sebesar 76.257 Gg CO₂ eq. Dimana industri pengolahan iodium merupakan termasuk dalam industri manufaktur di Indonesia. Peningkatan dampak lingkungan dari kegiatan perindustrian menjadi latar belakang peraturan mengenai lingkungan semakin ketat, salah satunya yaitu Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER). Sehingga perlu dilakukan identifikasi dampak lingkungan dari aktivitas produksi dalam suatu industri, salah satu metode yang digunakan yaitu metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Analisis dampak dilakukan menggunakan metode *Impact 2002+*. Metode ini merupakan gabungan antara metode dengan pendekatan *midpoint* dan *endpoint* terhadap dampak kerusakan. Tahapan yang dilakukan dalam analisis LCA, yaitu *goal* dan *scope*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assessment* dengan menggunakan *software* SimaPro 8.5.2, dan *data interpretation*. Hasil analisis kontribusi dampak terhadap lingkungan diperoleh nilai kontribusi total dampak *respiratory inorganics* yaitu 35,3 Pt. Kategori, *terrestrial acid/nutri* sebesar 1,13 Pt, dan *global warming* sebesar 22,8 Pt. Interpretasi data hasil analisis LCA berupa analisis perbaikan dan rekomendasi berdasarkan aksi mitigasi yang akan dilakukan. Aksi mitigasi dilakukan melalui pembuatan alternatif sebagai *supply* energi untuk mengurangi penggunaan listrik dan penggunaan biomassa/biogas sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Kata Kunci : Iodium, LCA, SimaPro 8.5.2, *Impact 2002+*, Aksi mitigasi.

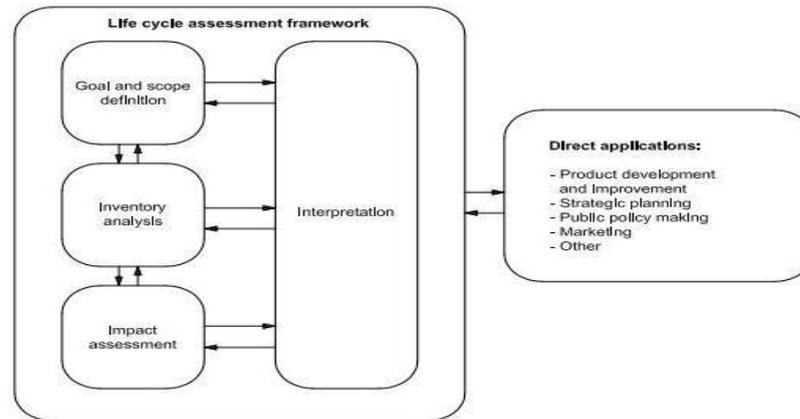
1. PENDAHULUAN

Sektor industri merupakan salah satu penyumbang emisi gas CO₂ yang cukup tinggi. Proses industri dan penggunaan energi menyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 49.629 Gg CO₂ eq. Salah satu penyebab peningkatan terbesar dipacu oleh kenaikan jumlah kendaraan bermotor untuk kegiatan transportasi dan penggunaan energi. Kegiatan produksi iodium pada industri pengolahan iodium juga menyumbangkan emisi udara yang berasal dari penggunaan bahan bakar dan energi listrik. Industri pengolahan iodium dalam kegiatannya mengacu pada pemerintah Indonesia untuk pertama kali melakukan pemetaan gondok secara nasional pada tahun 1998 dengan parameter pembesaran kelenjar tiroid yang dilakukan secara palpasi (Muhilal, dkk., 2000). Kebutuhan iodium untuk mencegah penyakit gondok, gangguan motorik, bisu, tuli dan keterbelakangan mental di Indonesia masih sangat tinggi. Kegiatan pembuatan iodium pada industri pengolahan iodium, menjadi salah satu penyumbang beban pencemaran lingkungan berupa emisi udara. Industri pengolahan iodium termasuk dalam jenis industri manufaktur yang menghasilkan sumber pencemar berupa CO₂, NO_x, SO_x.

Diperlukan identifikasi emisi udara pada proses pembuatan iodium melalui identifikasi daur hidup untuk mengetahui *impact* yang akan timbul. Dilakukan identifikasi emisi udara yang dihasilkan dari proses produksi iodium dengan menggunakan metode LCA, sehingga dapat tercapai konsep produksi ramah lingkungan. Konsep produksi ramah lingkungan bertujuan meningkatkan kualitas hidup dengan mengurangi dampak lingkungan, pemakaian sumber daya melalui daur hidup (*life cycle*) dan mengetahui tingkat *sustainability* suatu produk (Palupi, 2014). Identifikasi daur hidup dilaksanakan menggunakan *software* SimaPro sebagai perangkat untuk analisis penghematan energi. Batasan penelitian pada proses produksi iodium dilakukan secara *gate to gate* pada proses utama pengolahan iodium. *Gate to gate* digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses (Gabi, 2011). Kemudian diperlukan penentuan titik kritis penyumbang emisi dengan menggunakan metode *hotspots*. Analisis titik kritis dilakukan sebagai penentuan aksi mitigasi berdasarkan kontribusi dampak terbesar yang dihasilkan pada suatu unit kegiatan. Pemetaan titik kritis yang didapatkan digunakan sebagai dasar penentuan aksi mitigasi. Aksi mitigasi diharapkan dapat mereduksi emisi yang dihasilkan dari kegiatan/produksi yang sedang dikerjakan.

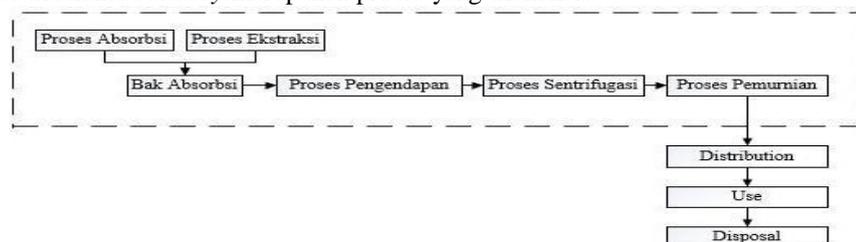
2. METODE

Langkah studi LCA menurut Harjanto (2012) dilaksanakan berdasarkan ISO 14040 tahun 2006. Dibagi menjadi empat tahap yaitu : (1) penentuan *goal and scope*, (2) *life cycle inventory* (LCI), (3) *life cycle impact assessment* (LCIA), (4) interpretasi hasil dan kesimpulan. Pengolahan data pada penelitian dilakukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan menggunakan *software* Simapro 8.5.2. Langkah LCA dapat dilihat pada Gambar 1.



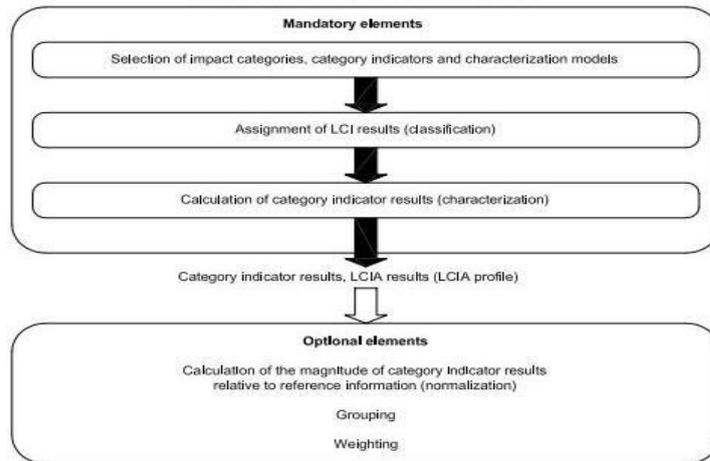
Gambar 1. Tahapan LCA (ISO 14040, 2006)

Mengacu pada **Gambar 1**, tahapan LCA berdasarkan ISO 14040 (2006) penjelasannya yaitu sebagai berikut : (1) *Goal and scope*, merupakan ruang lingkup yang didefinisikan dengan baik untuk memastikan keluasan dan *detail* studi untuk mengatasi tujuan yang dinyatakan. (2) *Inventory analysis*, merupakan pengumpulan dan pengolahan data sesuai penilaian siklus hidup dengan melibatkan kuantifikasi *input output* untuk suatu produk sepanjang siklus hidupnya. (3) *Impact Assessment*, merupakan tahap penilaian siklus hidup yang bertujuan memahami dan mengevaluasi besar dan pentingnya dampak untuk sistem produk di sepanjang siklus hidup produk. (4) Interpretasi data, merupakan fase penilaian siklus hidup hasil analisis inventaris dan penilaian dampak dievaluasi sehubungan dengan tujuan dan ruang lingkup yang ditetapkan untuk menentukan rekomendasi. Penelitian dilakukan berdasarkan batasan *gate to gate* dari persiapan bahan baku sampai dengan produk hasil berupa iodium 99,5% pada proses pemurnian. Batasan penelitian ini dijabarkan pada Gambar 2. Proses yang berada didalam *boundary* merupakan proses yang dianalisis.



Gambar 2. Tahap Operasi yang digunakan sebagai *Scope Life Cycle Assessment*

Menurut Harjanto (2014) penilaian dampak (LCIA *Method*) berdasarkan ISO 14044 tahun 2006, dan hasil LCI diklasifikasikan dalam kategori dampak, sesuai dengan indikator kategori. Analisis dampak (*impact assessment*) menggunakan metode *Impact 2002+* melalui empat tahapan yaitu, *characterization*, *damage assessment*, *normalization* dan *weighting single score*. Satuan yang dihasilkan pada tahapan penyetaraan satuan dalam analisis *normalization* yaitu DALY, $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$, dan $\text{Kg CO}_2\text{eq}$. DALY adalah ukuran yang diterima seseorang dari keseluruhan beban penyakit, dinyatakan sebagai jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan cacat, atau kematian dini. $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ adalah bagian dari ekosistem yang berpotensi hilang per m^2/tahun , merupakan suatu unit yang digunakan untuk mengukur dampak terhadap suatu ekosistem. $\text{Kg CO}_2\text{eq}$ digunakan sebagai satuan unit dari kategori karakterisasi dampak *global warming*, dan efek yang ditimbulkan adalah perubahan iklim secara global (Harjanto, 2012). Penilaian (LCIA) ditampilkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tahapan LCIA

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan iodium pada industri ini dimulai dari air *brine* iodium dari sumur tambang iodium. Proses pengolahan yang digunakan dalam memproduksi iodium yaitu dengan metode absorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Kegiatan proses produksi iodium terdiri dari empat proses utama, yaitu proses absorpsi-ekstraksi, proses pengendapan, proses sentrifugasi, dan proses pemurnian. Kegiatan pengolahan ini dapat menjadi penyumbang emisi udara yang dapat berbahaya untuk lingkungan sehingga perlu dilakukan proses pembebanan dampak menggunakan hasil analisis inventori.

3.1 Analisis Life Cycle Inventory

Analisis inventori dilakukan berdasarkan *input* dan *output* material didalam sistem. Data *Input* terdiri dari kebutuhan bahan baku, energi/kelistrikan, air yang digunakan. Data *output* berupa produk iodium dan emisi yang dilepaskan terhadap lingkungan di setiap prosesnya. Bahan baku utama dalam proses pembuatan iodium yaitu *brine* iodium dan beberapa tambahan bahan kimia dapat dilihat pada **Tabel 1**. Data inventori yang digunakan berupa data inventarisasi tahunan perusahaan.

Tabel 1. Life cycle Inventory pada Proses Produksi Iodium.

Proses Absorpsi-Ekstraksi				
Kebutuhan bahan baku :	Besaran	Satuan	Emisi Udara	Jumlah (ton/tahun)
<i>Brine</i> iodium	649.753,57	m ³	NO _x	0,3494
NaNO ₂	30.867	Kg	CO ₂	166,713
H ₂ SO ₄	82,81	m ³	SO _x	0,02
NaOH	73,85	m ³		
Kebutuhan Energi Listrik :	178,99	Mwh		
Kebutuhan Bahan bakar solar :	3,67	m ³		
Proses Pengendapan				
Kebutuhan bahan baku :	Besaran	Satuan	Emisi Udara	Jumlah (ton/tahun)
Larutan NaI	5.562	m ³	NO _x	0,0662
NaNO ₂	19.725	Kg	CO ₂	2,887
H ₂ SO ₄	31,565	m ³		
H ₂ O ₂	10,24	m ³		
H ₂ O (air)	870	m ³		
Kebutuhan Energi Listrik :	3,291	Mwh		
Proses Sentrifugasi				
Kebutuhan bahan baku :	Besaran	Satuan	Emisi Udara	Jumlah (ton/tahun)
Iodium Slurry	52.749,6	Kg	CO ₂	166,713
Kebutuhan Energi Listrik :	5,43	Mwh		
Proses Pemurnian				
Kebutuhan bahan baku :	Besaran	Satuan	Emisi Udara	Jumlah (ton/tahun)
Endapan Iodium	54.356	kg	NO _x	0,3494
H ₂ SO ₄	128.000	kg	CO ₂	166,713
			SO _x	0,02
Kebutuhan Energi Listrik :	0,115	Mwh		
Kebutuhan Bahan bakar solar :	19,328	m ³		

Sumber : (Inventarisasi Data Industri Pengolahan Iodium, 2018)

3.2 Life Cycle Impact Assessment

Analisis *impact assessment* pada proses produksi iodium dilakukan menggunakan metode *impact 2002+* (Jolliet dkk., 2012). Analisis dampak dilaksanakan berdasarkan 4 tahap yaitu sebagai berikut :

a. Characterization

Characterization adalah mengalikan senyawa-senyawa kimia yang berkontribusi pada *impact category* dengan *characterization factor* untuk menggambarkan kontribusi relatif substansi *impact category* yang dianalisis. Hasil analisis (*characterization*) dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Diagram Analisis *Characterization* Proses Produksi Iodium

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	Proses Abs-Eks	Proses Pengendapan	Proses Sentrifugasi	Proses Pemurnian
<i>Respiratory inorganics</i>	Kg PM _{2.5} eq	39,7	15,9	8,43	-	15,4
<i>Terrestrial acid/nutri</i>	Kg SO ₂ eq	1,64x10 ³	638	363	-	640
<i>Aquatic acidification</i>	Kg SO ₂ eq	235	98,8	46,3	-	90,2
<i>Global warming</i>	Kg CO ₂ eq	2,78 x10 ⁵	1,67 x10 ⁵	2,89 x10 ³	4,76 x10 ³	1,03 x10 ⁵

Dampak total *respiratory inorganics* sebesar 39,7 Kg PM_{2.5} eq merupakan kontribusi dari emisi NO_x dan SO_x yang dihasilkan kegiatan produksi. Dampak total *Terrestrial acid/nutri* sebesar 1,64 x10³ Kg SO₂ eq merupakan kontribusi dari emisi NO_x dan SO_x yang dihasilkan kegiatan produksi. Dampak total *aquatic acidification* sebesar 235 Kg SO₂ eq merupakan kontribusi dari emisi NO_x dan SO_x yang dihasilkan kegiatan produksi. Dampak total *global warming* sebesar 2,78 x10⁵ Kg CO₂ eq merupakan kontribusi dari emisi CO₂ yang dihasilkan kegiatan produksi. Kontribusi dampak tersebut belum dapat dipastikan mencemari lingkungan karena perbedaan satuan sehingga perlu dilakukan pengelompokkan *impact* berdasarkan kontribusi dampak *endpoint*.

b. Damage Assessment

Damage assessment merupakan pengkategorian sebelas karakterisasi dampak penilaian kerusakan *endpoint*. Penilaian tiga kerusakan berguna sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan rekomendasi perbaikan. Hasil analisis *damage assessment* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Diagram Analisis *Damage Assessment* Proses Produksi Iodium

<i>Damage Category</i>	Unit	Total	Proses Abs-Eks	Proses Pengendapan	Proses Sentrifugasi	Proses Pemurnian
<i>Human Health</i>	DALY	0,0278	0,0111	0,0059	-	0,0108
<i>Ecosystem Quaity</i>	PDF*m ² *yr	1,71 x10 ³	664	378	-	665
<i>Climate Change</i>	Kg CO ₂ eq	2,78 x10 ⁵	1,67 x10 ⁵	2,89 x10 ³	4,76 x10 ³	1,03 x10 ⁵

Damage assessment menunjukkan kontribusi berdasarkan dampak *endpoint* kemudian dikalikan sesuai *damage factor* dampak *endpoint*. Hasil analisis *damage assessment* diperoleh kontribusi total *human health* sebesar 0,0278 DALY, *ecosystem quality* sebesar 1,71 x10³ PDF*m²*yr, *climate change* sebesar 2,78 x10⁵ Kg CO₂eq.

c. Analisa Normalization

Normalization merupakan tahap penyetaraan satuan unit untuk semua *impact category* untuk menentukan pembebanan dampak lingkungan yang akan dihasilkan. Hasil analisa kategori dampak (*normalization*) dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Diagram Analisis *Normalization* Proses Produksi Iodium

<i>Damage Category</i>	Total	Proses Abs-Eks	Proses Pengendapan	Proses Sentrifugasi	Proses Pemurnian
<i>Human Health</i>	3,92	1,57	0,832	-	1,52
<i>Ecosystem Quaity</i>	0,125	0,0484	0,0276	-	0,0486
<i>Climate Change</i>	28,1	16,8	0,292	0,481	10,4

Analisis kontribusi *normalization* diperoleh nilai total sebesar 3,92 dampak *human health*, 0,125 dampak *ecosystem quality*, dan 28,1 dampak *climate change*. Berasal dari penyamaan satuan yang dilakukan berdasarkan hasil *damage assessment* kemudian dikalikan dengan *normalization factor* dampak *endpoint*. Hasil *normalization* kemudian dilakukan pembobotan *damage category* sehingga dapat diketahui dampak terhadap lingkungan yang dihasilkan.

d. Analisa Weighting and Single Score

- Analisis Weighting

Weighting merupakan pembobotan penilaian dari LCIA, di mana memberikan bobot atau nilai relatif terhadap kategori dampak yang berbeda. Kategori dampak tersebut berdasarkan tingkat kepentingan yang berhubungan. Hasil analisis kategori dampak (*weighting*) dilihat pada Tabel 5.

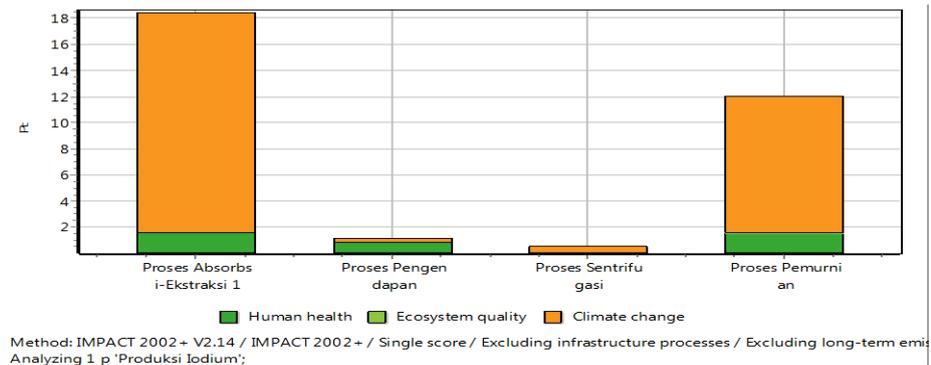
Tabel 5. Diagram Analisis Weighting Proses Produksi Iodium

Damage Category	Unit	Total	Proses Abs-Eks	Proses Pengendapan	Proses Sentrifugasi	Proses Pemurnian
Human Health	Pt	3,92	1,57	0,832	-	1,52
Ecosystem Quality	Pt	0,125	0,0484	0,0276	-	0,0486
Climate Change	Pt	28,1	16,8	0,292	0,481	10,4

Weighting merupakan *damage category* yang berasal dari perkalian hasil analisis *normalization* dan nilai *weighting factor* kemudian diakumulasi sehingga mendapat *total score*. Analisis kontribusi dampak diperoleh nilai kontribusi total yaitu 3,92 Pt dampak *human health*, 0,125 Pt dampak *ecosystem quality*, 28,1 Pt dampak *climate change*. Unit satuan yang digunakan yaitu Pt (point), unit skala 1 Pt adalah perwakilan untuk satu perseribu beban lingkungan tahunan satu penduduk rata-rata Eropa.

- Analisis Single Score

Analisis *single score* dengan metode *impact 2002+* merupakan klasifikasi semua nilai dari *impact category* berdasarkan proses ataupun material pembentuknya. Hasil analisis *single score* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram analisis *weighting* proses produksi iodium

Analisis *single score* merupakan penilaian dampak berdasarkan tiga *damage category*, pembobotan pada *single score* menjelaskan mengenai besar unit proses yang menyumbangkan dampak terhadap lingkungan. Diperoleh kontribusi total sebesar 3,92 Pt dampak *human health*, 0,125 Pt dampak *ecosystem quality*, 28,1 Pt dampak *climate change*. Proses yang menyumbangkan *damage category human health* dan *climate change* terbesar pada proses produksi iodium berasal dari proses absorpsi-ekstraksi. *Damage category ecosystem quality* terbesar pada proses produksi iodium berasal dari kegiatan proses pemurnian.

3.3 Interpretasi Data

Interpretasi merupakan langkah terakhir dalam tahapan LCA sebelum membuat keputusan dan rencana tindakan. Interpretasi dilakukan untuk menentukan isu-isu penting lingkungan. Melalui pendekatan analisis kontribusi yang bertujuan untuk mengidentifikasi data yang memiliki kontribusi terbesar terhadap hasil indikator dampak.

a. Analisis Kontribusi

Analisis kontribusi digunakan dengan tujuan untuk mengetahui proses produksi iodium yang memiliki kontribusi paling dominan, sehingga pengambilan keputusan dan perbaikan terhadap sistem menjadi tepat dan efektif sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis kontribusi dilakukan berdasarkan nilai kontribusi dari analisis *single score*. *Damage category* yang menghasilkan kontribusi terbanyak dari keseluruhan proses yaitu *damage category climate change* sehingga digunakan sebagai titik kritis untuk rekomendasi perbaikan.

b. Analisis Perbaikan

Hasil analisis penakaran dampak dan kontribusi diketahui bahwa permasalahan utama yang menjadi perhatian untuk direkomendasikan perbaikan lingkungan adalah penggunaan energi listrik pada proses absorpsi-ekstraksi dan penggunaan bahan bakar pada proses pemurnian.

Tabel 6. Aksi Mitigasi dan Hasil Perbaikan pada Proses Produksi Iodium.

Aksi Mitigasi	Strategi	Reduksi Nilai terhadap Lingkungan
Penggunaan energi terbarukan untuk <i>supply</i> listrik	Pembuatan alternatif pembangkit listrik dengan menggunakan <i>solar cell</i>	26,8 Pt
Penggunaan energi terbarukan untuk keperluan lain, termasuk penggunaan bahan bakar nabati	Penggunaan bahan bakar biomassa/biogas, dari limbah biomassa padat atau dari energi biogas limbah kotoran hewan	1,3 Pt

Berdasarkan penggunaan energi listrik, aksi mitigasi yang dilakukan adalah dengan penggunaan energi baru terbarukan sebagai suplai listrik. Berdasarkan penggunaan bahan bakar aksi mitigasi yang dilakukan adalah dengan penggunaan energi baru terbarukan untuk keperluan lain, termasuk penggunaan bahan bakar nabati.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu analisis LCA menghasilkan kontribusi dampak *human health* sebesar 3,92 Pt, dampak *ecosystem quality* sebesar 0,125 Pt, dampak *climate change* sebesar 28,1 Pt. Dampak *climate change* sebesar 28,1 Pt merupakan kontribusi terbanyak dari keseluruhan proses sehingga memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan. Aksi mitigasi pertama berupa pembuatan alternatif pembangkit listrik dengan menggunakan *solar cell* dengan nilai reduksi terhadap emisi lingkungan sebesar 26,8 Pt. Kemudian untuk penggunaan bahan bakar biomassa/biogas sebagai pengganti bahan bakar fosil memiliki nilai reduksi terhadap emisi lingkungan sebesar 1,3 Pt. Strategi yang dapat dilakukan sehari-hari dimulai dengan melakukan penghematan penggunaan energi listrik. Selain itu juga dapat dilakukan penanaman tanaman yang dapat menyerap emisi yang dihasilkan dari kegiatan penggunaan energi listrik dari penggunaan bahan bakar fosil.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis disampaikan kepada divisi manufaktur dan pertambangan industri pengolahan iodium. Serta dosen teknik pengolahan limbah ppns dan pihak pihak terkait yang membantu penelitian ini serta teman teman D4 TPL angkatan 2015.

6. DAFTAR PUSTAKA

- GaBi, 2011. Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Software, PE International, Leinfelden-Echterdingen Germany.
- Harjanto, T. R. (2012). Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa. *Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 6, No. 2*, 51-58.
- Jolliet, O., Sébastien, H., Schryver, A. D., Manuele, M., 2012. Impact 2002 + : User Guide Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), Switzerland.
- Muhilal, Djoko Kartono, Dewi Permaesih, Dini Latief, Tilden RL. *National Survey on Iodine Deficiency Disorders (IDD) 1996- 1998*. Gizi Indonesia. 2000;24:7
- Organization, S. I. (2006). International Standard 14040. *International Organization*, 1-11.
- Palupi, A. H. (2014). *Evaluasi Dampak Lingkungan Produk Kertas Dengan Menggunakan Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytical Network Process (ANP)*. Malang: Universitas Brawijaya.