

---

## IDENTIFIKASI DAMPAK LINGKUNGAN PADA PROSES PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT) JABON DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)

**Iman Maulana dan Naniek Ratni Juliardi AR**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email : [nanik\\_rjar@upnjatim.ac.id](mailto:nanik_rjar@upnjatim.ac.id)

### ABSTRAK

Pengolahan lumpur tinja di IPLT adalah suatu kegiatan pengolahan lanjutan lumpur tinja di tangki septik belum layak dibuang ke lingkungan karena masih mengandung beban organik yang tinggi. IPLT Jabon Sidoarjo menjadi objek dalam penelitian dan bertujuan untuk menentukan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Jabon Sidoarjo dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life cycle assessment* (LCA) digunakan untuk melakukan penilaian dampak lingkungan dengan metode *Impact 2002+* dan menggunakan pendekatan *gate to gate*. Data setiap proses pengolahan dianalisis dengan *software* SimaPro 9.0. Kontribusi tiga dampak terbesar dari analisis LCA pada proses pengolahan lumpur tinja adalah *non-renewable energy*, *global warming*, dan *respiratory inorganic*. Untuk alternatif program perbaikan yang disarankan yaitu Penerapan *green building* di daerah sekitar pengolahan, penggunaan *inverter* dalam upaya menghemat listrik, pemantauan secara berkala pembersihan ataupun pembaruan pada unit pengolahan.

**Kata kunci:** IPLT Jabon, *Life Cycle Assessment* (LCA), SimaPro 9.0, *Impact 2002+*, *gate to gate*

### ABSTRACT

*Sludge treatment at the IPLT is an advanced treatment activity the sewage sludge in the septic tank is not suitable for disposal to the environment because it still contains organic a high. The Jabon Sidoarjo IPLT is the object of research and aims to determine the environmental impact caused by the sewage sludge treatment process at the Jabon Sidoarjo IPLT using the Life Cycle Assessment (LCA) Method. Life cycle assessment (LCA) is used to conduct an environmental impact assessment using the Impact 2002+ method and using a gate to gate approach. The data for each processing process was analyzed with SimaPro 9.0 software. The three biggest contributions of the LCA analysis on the sewage treatment process are non-renewable energy, global warming, and respiratory inorganics. The recommended alternative improvement programs are the application of green buildings in the area around the processing plant, the use of inverters in an effort to save electricity, regular monitoring of cleaning or updating of the processing unit.*

**Keywords:** IPLT Jabon, *Life Cycle Assessment* (LCA), SimaPro 9.0, *Impact 2002+*, *gate to gate*

**PENDAHULUAN**

Membuang limbah secara langsung ke badan air dapat menimbulkan pencemaran dan ancaman penyakit menular karena alam tidak dapat segera menyerap dan menetralkannya. Permasalahan lingkungan ini terjadi akibat lingkungan tidak berfungsi dengan baik, seperti industri yang bertanggung jawab atas limbah yang dihasilkan dan dampaknya yang menghasilkan secara keseluruhan. Pembuangan langsung polutan air, udara, dan tanah adalah dampak yang dihasilkan industri.

Instalasi pengolahan lumpur tinja adalah salah satu elemen penting dari sistem penyediaan sarana dan prasarana sanitasi air limbah. Tercemarnya lingkungan akan menimbulkan berbagai macam penyakit, sehingga perlu dilakukan perbaikan dalam pelayanan sanitasi. Semakin besar kapasitas layanan IPAL, semakin besar beban pencemar yang harus disisihkan. Proses yang terjadi setelah lumpur tinja dimasukkan kedalam IPAL adalah proses pengendapan di mana lumpur tinja hanya diendapkan pada kolam, setelah kolam lumpur tinja telah penuh akan dilakukan pengurasan dan lumpur tinja berasal dari metabolisme tubuh manusia yang mana mengandung COD, BOD, pH, TSS, Minyak dan Lemak, Amoniak dan *Escherichia Coli* (Nuraeni, 2015).

Di kota Sidoarjo, terdapat Instalasi pengolahan lumpur tinja yang berada di Kecamatan Jabon, Pada IPLT Jabon terdapat beberapa jenis bangunan pengolahan seperti *Screen*, SSC, Bak Penampung, Kolam Anaerobik 1 dan 2, kolam fakultatif, dan kolam maturasi. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah cukup tinggi dalam bentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>), dan metana (CH<sub>4</sub>). Dalam identifikasi ini, untuk mengetahui dampak lingkungan yang terjadi maka dilakukan identifikasi dampak lingkungan dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

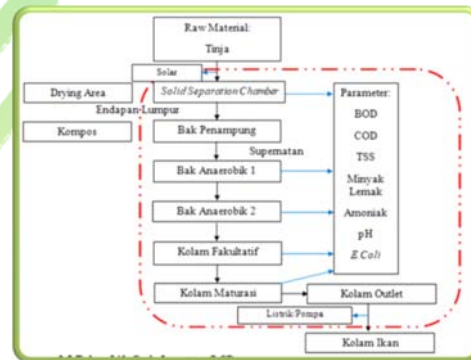
Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan sebuah metode yang dapat menganalisis atau mengidentifikasi dampak lingkungan total dari suatu proses pengolahan di sebuah industri atau yang lainnya, serta menganalisis dampak pada semua tahapan dalam siklus hidup dari sumber daya, proses

produksi, produksi sendiri, dan penggunaan produk sampai produk itu tidak terpakai lagi (Harjanto dkk., 2014).

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment*. Metode ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi dampak yang ada pada setiap aktivitas unit proses pengolahan kemudian akan dilakukan penentuan dampak yang dilihatkan oleh *software* SimaPro. Setelah dilakukan hal tersebut selanjutnya akan diberikan rekomendasi program perbaikan untuk mengurangi dampak yang ada pada proses pengolahan lumpur tinja (IPLT Jabon).

Penelitian ini memakai metode *Impact 2002+* dan menggunakan pendekatan *gate to gate* yaitu pada proses pengolahan limbah lumpur tinja seperti Solid Separation Chamber, Bak Pengumpul, Bak Anaerobik 1, Bak Anaerobik 2, Bak Fakultatif, Bak Maturasi dan Kolam Outlet. Untuk sumber energi terdapat pada unit Solid Separation Chamber yang terdapat solar akibat dari truk tinja, dan Unit Kolam Outlet yang terdapat pompa.



**Gambar -1:** Scope yang dianalisis

**Variabel Penelitian**

Terdapat variabel Independen dan variabel dependen yang berpengaruh dalam penelitian ini. Variabel Independen pada penelitian ini adalah debit pengolahan, parameter *influent* dan *effluent* pada setiap unit pengolahan, jumlah penggunaan energi. Sedangkan untuk variabel dependen pada penelitian ini yaitu contoh dampak lingkungan yang dihasilkan dari penelitian ini berdasarkan metode yang diambil yaitu *Impact 2002+* dan juga alternatif program perbaikan dalam mengelola dampak lingkungan yang dihasilkan

unit pengolahan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengolahan data menggunakan software SimaPro 9.0**

Pengolahan data penilaian dampak lingkungan dengan menggunakan software SimaPro 9.0 diperlukan beberapa tahap yaitu penentuan *goal and scope*, *life cycle inventory* (LCI), *life cycle assessment* (LCIA), dan *interpretation data*. Lingkup penelitian ini terbatas hanya pada proses pengolahan limbah (*gate to gate*).

Pada tahap *life cycle inventory* (LCI) dilakukan input data berupa konsentrasi pada setiap unit pengolahan dan debit setiap unit berupa material pengolahan untuk proses pengolahan tinja. Pada tahap *life cycle impact assessment* (LCIA) yaitu tahap penentuan dampak lingkungan dilakukan dengan beberapa tahap yakni *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. Hasil dari interpretasi data akan menunjukkan dampak dari sebuah proses untuk selanjutnya dilakukan upaya perbaikan. Data yang menjadi inputan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari pihak IPLT. Salah satu kelemahan software SimaPro adalah tidak semua *database* tersedia sehingga harus menggunakan pendekatan dengan literatur dan melengkapi secara pribadi.

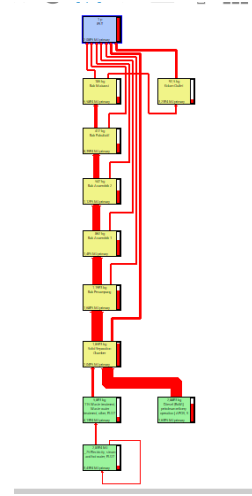
**B. Dampak Lingkungan yang dihasilkan pada Pengolahan Lumpur Tinja menggunakan software SimaPro 9.0**

Pada penelitian ini dampak lingkungan yang dihasilkan oleh limbah lumpur tinja IPLT Jabon ada 16 dampak, tetapi yang dianalisis hanya tiga dampak terbesar yang dihasilkan oleh software SimaPro yaitu *non-renewable energi*, *global warming*, *respiratory inorganics*. Identifikasi penyebab dampak lingkungan ini bisa dilihat pada tahap interpretasi data.

**a. Dampak Non-Renewable Energi**

Dampak terbesar kedua yaitu *Non-Renewable Energi*, hampir keseluruhan unit yang ada di IPLT Jabon menyebabkan *Non-Renewable Energi*.

Berikut adalah *network result* yang menunjukkan unit kontributor terbesar dampak *Non-Renewable Energi*:



**Gambar -2:** *Network Result Non-Renewable Energy*

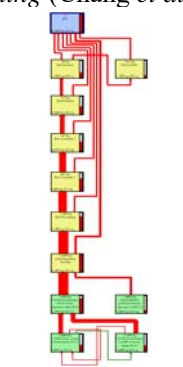
Dampak *Non-Renewable Energi* yaitu energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai saat ini. Dikatakan tak terbarukan karena apabila sejumlah sumbernya dikeluarkan, maka untuk sumber penggantinya sejenis dengan sama belum tentu akan terjadi beberapa tahun ke depan. Pada proses pengolahan ini yang berkontribusi dalam munculnya dampak ini yaitu unit SSC dan Kolam Outlet. Penyebab utama dampak ini yaitu bahan bakar yang dihasilkan dari truk tinja dan penggunaan listrik yang digunakan pada pompa (Rizkiyah & Yudihanto, 2013).

**b. Dampak Global Warming**

Dampak ini disebabkan oleh unit Kolam Outlet, Bak Fakultatif, Bak Maturasi, Bak Anaerobik 2, Bak Anaerobik 1, Bak Penampung, SSC. *Network result* pada Gambar -3 menunjukkan unit yang paling besar dalam mendampakkan *Global Warming*.

Dampak *Global Warming* dapat terjadi karena adanya *carbon dioxide*, dan *methane*. Akibat dari dampak ini yaitu Perubahan iklim, meningkatnya kekeringan, menimbulkan penyakit malaria, kanker kulit, kolera, dan penyakit *Lyme*. Beban *carbon monoxide* pada *Solid Separation Chamber*, Bak Penampung, Bak Anaerobik 1, Bak An-

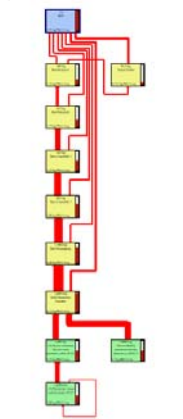
aerobik 2, Bak Fakultatif, Bak Maturasi, dan Kolam *Outlet* berturut-turut sebesar 0,595 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,476 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,474 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,471 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,471 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,469 kg CO<sub>2</sub> eq, 0,469 kg CO<sub>2</sub> eq, sedangkan beban *carbon dioxide* berturut-turut sebesar 891 kg CO<sub>2</sub> eq, 713 kg CO<sub>2</sub> eq, 709 kg CO<sub>2</sub> eq, 705 kg CO<sub>2</sub> eq, 706 kg CO<sub>2</sub> eq, 702 kg CO<sub>2</sub> eq, 702 kg CO<sub>2</sub> eq dan beban pada *methane* berturut-turut sebesar 7,9 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,32 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,29 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,25 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,26 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,23 kg CO<sub>2</sub> eq, 6,23 kg CO<sub>2</sub> eq. Kontributor terbesar dalam penyebab dampak lingkungan ini yaitu unit *Solid Separation Chamber*, hal ini dikarenakan besarnya emisi gas karbon dioksida, *methane* yang menimbulkan *global warming* (Chang *et al.*, 2014).



**Gambar -3:** *Network Result Global Warming*

**c. Dampak Respiratory Inorganics**

Dampak respiratory inorganics disebabkan oleh semua unit yang ada di IPLT Jabon. Berikut adalah *network result* yang menunjukkan unit kontributor terbesar dampak *respiratory inorganics*:



**Gambar -4:** *Network Result Respiratory Inorganics*

Dampak *respiratory inorganics* ini dapat terjadi karena adanya *particulates*, *sulfur dioxide* dan *nitrogen dioxide*. Akibat dari dampak ini adalah gangguan pernapasan yang dialami manusia. Beban emisi *carbon monoxide* pada SSC, Bak Pengumpul, Bak Anaerobik 1, Bak Anaerobik 2, Bak Fakultatif, Bak Maturasi, Kolam *Outlet* berturut-turut sebesar 0,113 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,0908 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,0903 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,0897 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,0899 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,0894 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,118 kg PM<sub>2,5</sub> eq. Sedangkan *sulfur dioxide* berturut-turut sebesar 0,358 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,286 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,285 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,283 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,283 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,282 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,336 kg PM<sub>2,5</sub> eq, dan *nitrogen dioxide* terjadi pada semua unit berturut-turut sebesar 0,154 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,123 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,123 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,122 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,122 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,122 kg PM<sub>2,5</sub> eq, 0,174 kg PM<sub>2,5</sub> eq. Kontributor terbesar dihasilkan oleh unit SSC dan Kolam *Outlet*. Ditinjau dari kondisi eksisting bahwa penyebab dari unit kolam outlet bisa jadi dari alat bantu yang digunakan yaitu Pompa.

**C. Rekomendasi Perbaikan**

Berdasarkan hasil Life Cycle Impact Assessment (LCIA), diketahui dampak terbesar dari proses pengolahan lumpur tinja (IPLT) Jabon adalah *Global Warming*, *Non-Renewable Energi*, dan *Respiratory Inorganics*. Sedangkan unit kontributor terbesar terletak pada unit *Solid Separation Chamber* dan Kolam *Outlet*. selanjutnya memberikan rekomendasi program perbaikan dari dampak lingkungan yang ditimbulkan agar menjadi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja yang lebih ramah lingkungan. Usulan program perbaikan ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan sumber daya, mengurangi konsumsi energi, meningkatkan efisiensi proses, mengurangi timbulan limbah atau emisi dan pemanfaatan sumber daya yang dapat dipulihkan. Usulan perbaikan yang dapat diberikan antara lain:

1. Penerapan *Green Building* di daerah sekitar pengolahan  
Penerapan green building akan lebih memberikan manfaat ketika sebagian besar atau semua aspek diterapkan. Aspek



penerapan tersebut antara lain mengacu pada tolok ukur *GREENSHIP* yang menyebutkan terdapat 6 aspek dari green building yakni tepat guna lahan, konservasi dan efisiensi energi, konservasi air, sumber dan siklus material, kesehatan dan kenyamanan dalam ruang, serta manajemen lingkungan bangunan. Hal ini dapat mengurangi dampak *Global Warming* karena mampu menyerap CO dan CO<sub>2</sub> akibat aktivitas pengolahan.

2. Penggunaan *inverter* dalam upaya menghemat listrik

Penggunaan *inverter* dapat mengontrol motor dengan mengatur tegangan input dan frekuensi untuk mendapatkan pengaturan kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan proses sehingga menjaga efisiensi motor pompa. Potensi penghematan listrik dengan menggunakan inverter. Penggunaan inverter diharapkan dapat mengurangi dampak *respiratory inorganics* yang ditimbulkan dari kebutuhan listrik proses pengolahan lumpur tinja.

3. Pemantauan secara berkala pembersihan dan pembaruan pada unit pengolahan  
Pemantauan secara berkala pada unit pengolahan lumpur tinja harus dilakukan secara berkala. Hal ini untuk mengetahui unit pengolahan berjalan dengan baik dan tidak ada hambatan atau sumbatan pada aliran tiap unit pengolahan. Selain itu harus dilakukan pembaruan pada unit pengolahan yang sudah lama agar memberikan penghematan penggunaan energi, karena perangkat yang terbaru lebih efektif dan efisien. Hal ini bisa menekan pada kategori dampak *Non-Renewable energi* yang berkaitan dengan penggunaan listrik dan solar.

**D. Analisis Evaluasi LCA**

Evaluasi LCA merupakan tahapan terakhir yang berfungsi sebagai mengetahui keakuratan dan tingkat kepercayaan dari data kajian *Life Cycle Assessment*. Evaluasi ini terbagi menjadi tiga tahapan yaitu *completeness check*, *sensitivity analysis* dan *consistency check*

1. *Completeness check*

*Completeness check* merupakan tahapan untuk mengetahui kelengkapan data inventory yang akan di input dalam

SimaPro 9.0. Dari data yang telah di input dalam Simapro, dapat diketahui bahwa IPLT Jabon Sidoarjo memiliki kelengkapan data mulai dari bahan baku, parameter limbah domestik, dan konsumsi energi. Tujuan dari *completeness check* ini untuk memastikan bahwa informasi dan data yang diperoleh pada setiap tahapan-tahapan proses produksi lengkap.

**Tabel -1: Completeness Check Proses pengolahan IPLT Jabon**

Tahapan Produksi	Bahan Baku	Listrik	Bahan Bakar	Produk	Parameter Limbah	Emisi Udara	Bahan Kimia	Limbah B3
SSC	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-
Bak Penampung	✓	-	-	✓	✓	-	-	-
Bak Anaerobik 1	✓	-	-	✓	✓	-	-	-
Bak Anaerobik 2	✓	-	-	✓	✓	-	-	-
Bak Fakultatif	✓	-	-	✓	✓	-	-	-
Bak Maturasi	✓	-	-	✓	✓	-	-	-
Kolam Outlet	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-

2. *Sensitivity Analysis*

*Sensitivity Analysis* adalah merupakan sistematis prosedur untuk mengestimasi dampak dari pilihan yang telah ditentukan berdasarkan metode dan data yang menjadi *result* penelitian. *Sensitivity analysis* bertujuan mengetahui pengaruh dari ketidakpastian data, metode alokasi maupun asumsi yang digunakan dalam kajian LCA. *Impact category* terkecil dari hasil kajian LCA proses pengolahan adalah *respiratory inorganics*. Variasi yang perlu dilakukan adalah perubahan metode untuk mengetahui bahwa nilai prosentase dampak lingkungan memiliki rentang perbedaan yang relatif sama. Pemilihan variasi metode disesuaikan berdasarkan *impact category* yang sama. Perbedaan hasil *impact category* dari variasi perubahan data tidak boleh lebih dari 5% karena akan menunjukkan ketidakakuratan data yang digunakan, dan kesalahan perhitungan (Ardente et al., 2008). Metode penilaian LCA yang akan digunakan ada 2 (dua) yaitu:

a. *Eco-Indicator 99 (H)*

Metode ini memiliki 11 dampak lingkungan yaitu *carcinogens*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*,

**IDENTIFIKASI DAMPAK LINGKUNGAN PADA... (IMAN MAULANA)**

climate change, radian, ozone layer, ecotoxicity, acidification/eutrophication, land use, minerals, fossil fuels. Berikut adalah hasil *damage assessment* dari metode Eco-Indikator 99 (H):

Sk	Impact category	Unit	Total	Solid Separation Chamber	Bak Penampung	Bak Anaerobik 1	Bak Anaerobik 2	Bak Fakultatif	Bak Maturasi	Kolam Outlet
☑	Carcinogens	DALY	0,00014	2,43E-5	1,94E-5	1,93E-5	1,93E-5	1,93E-5	1,91E-5	2E-5
☑	Resp. organics	DALY	1,19E-5	1,46E-6	1,47E-6	1,46E-6	1,45E-6	1,45E-6	1,45E-6	2,77E-6
☑	Resp. inorganics	DALY	0,0001	0,00022	0,00047	0,00045	0,00043	0,00043	0,00041	0,00039
☑	Climate change	DALY	0,00036	0,00047	0,00039	0,00038	0,00035	0,00036	0,00034	0,00033
☑	Radiation	DALY	1,56E-5	2,53E-6	2,02E-6	2,01E-6	2E-6	2E-6	1,99E-6	3,02E-6
☑	Ozone layer	DALY	2,07E-6	3,57E-7	2,88E-7	2,84E-7	2,83E-7	2,83E-7	2,82E-7	2,97E-7
☑	Ecotoxicity	PPM*yr	31,8	5,43	4,34	4,32	4,33	4,3	4,28	4,85
☑	Acidification/Eutrophication	PPM*yr	98,8	16,8	13,3	13,2	13,2	13,1	13,1	16,2
☑	Land use	PPM*yr	98,8	16,8	13,2	13,2	13,1	13,1	13,1	13,8
☑	Minerals	Mt surplus	18,8	10,2	8,14	8,1	8,05	8,06	8,02	8,25
☑	Fossil Fuels	Mt surplus	2,364	4,363	3,463	3,463	3,463	3,4163	3,3863	3,63

**Gambar -5:** Output Impact Category damage assessment pada metode Eco-Indikator 99 (H)

b. Impact 2002+

Metode *Impact 2002+* memiliki 15 dampak lingkungan yaitu *carcinogens, non-carcinogens, respiratory organics, respiratory inorganics, ionizing radiation, ozone layer depletion, Aquatic ecotoxicity, Terrestrial acid, nutri, Land occupation, Aquatic acidification, Aquatic eutrophication, Global Warming, Non-Renewable energy, Mineral extration*. Berikut adalah hasil *damage assessment* dari metode *Impact 2002+*:

Sk	Impact category	Unit	Total	Solid Separation Chamber	Bak Penampung	Bak Anaerobik 1	Bak Anaerobik 2	Bak Fakultatif	Bak Maturasi	Kolam Outlet
☑	Carcinogens	DALY	0,00014	2,43E-5	1,94E-5	1,93E-5	1,93E-5	1,93E-5	1,91E-5	2E-5
☑	Non-carcinogens	DALY	0,0001	0,00022	0,00047	0,00045	0,00043	0,00043	0,00041	0,00039
☑	Respiratory organics	DALY	0,00036	0,00047	0,00039	0,00038	0,00035	0,00036	0,00034	0,00033
☑	Ionizing radiation	DALY	1,56E-5	2,53E-6	2,02E-6	2,01E-6	2E-6	2,01E-6	1,99E-6	3,02E-6
☑	Ozone layer depletion	DALY	2,07E-6	3,57E-7	2,88E-7	2,84E-7	2,83E-7	2,83E-7	2,82E-7	2,97E-7
☑	Respiratory inorganics	DALY	1,19E-5	1,46E-6	1,47E-6	1,46E-6	1,45E-6	1,45E-6	1,45E-6	2,77E-6
☑	Aquatic ecotoxicity	PPM*yr	31,8	5,43	4,34	4,32	4,33	4,3	4,28	4,85
☑	Terrestrial acid/nutri	PPM*yr	98,8	16,8	13,3	13,2	13,1	13,1	13,1	16,2
☑	Land occupation	PPM*yr	98,8	16,8	13,2	13,2	13,1	13,1	13,1	13,8
☑	Global warming	kg CO2 eq	0,00036	0,00047	0,00039	0,00038	0,00035	0,00036	0,00034	0,00033
☑	Non-renewable energy	Mt primary	2,364	4,363	3,463	3,463	3,463	3,4163	3,3863	3,63
☑	Mineral extraction	Mt primary	18,8	10,2	8,14	8,1	8,05	8,06	8,02	8,25

**Gambar -6** Output Impact Category damage assessment pada metode *Impact 2002+*

Berdasarkan hasil running dari kedua metode yaitu Eco-Indikator 99 (H) dan *IMPACT 2002+*. Pada *impact category* terendah yaitu *impact category respiratory inorganics* didapatkan selisih yang tidak signifikan. yang didapatkan dari hasil dua metode tersebut yaitu 4,84% yang berarti variasi perubahan data pada analisis Life Cycle Assessment *IMPACT 2002+* kurang dari 5% dan menunjukkan data yang digunakan akurat.

3. Consistency check

*Consistency Check* merupakan tes ting-

kat konsistensi data pada setiap proses produksi. Contoh tidak konsistenan data antara lain:

a. Time Series

*Time series* yang digunakan untuk setiap data pada masing-masing tahapan produksi haruslah sama. Perbedaan *time series* yang digunakan akan mempengaruhi hasil dari LCA, karena akan dipengaruhi oleh beberapa faktor lain. Faktor lain yang dapat mempengaruhi antara lain kondisi pengolahan dari segi peralatan, keuangan dan manajemen dan kondisi iklim/cuaca.

b. Skala Teknologi

Skala teknologi yang digunakan sebagai acuan untuk interpretasi data akan mempengaruhi hasil keakuratan suatu penelitian. Skala teknologi lapangan dengan skala teknologi laboratorium akan mengalami perbedaan. Tingkat kesulitan dari skala teknologi yang berbeda juga menjadi salah satu hal yang patut dievaluasi ulang oleh peneliti

c. Unit Fungsi

Unit Fungsi yang digunakan dalam analisis LCA IPLT Jabon yaitu dengan berat 1006,741 kg dan debit 24000 L/hari. Hasil yang diperoleh dari analisis ini adalah dampak yang muncul pada bulan juni 2021.

**Tabel -2** Completeness Check Proses pengolahan IPLT Jabon

No.	Uraian	Proses Pengolahan
1	Time Series	Tahun 2021 (Bulan Juni)
2	Skala Teknologi	Skala Lapangan
3	Unit Fungsi	Jumlah parameter: 1006,741 kg Debit: 24000 L/hari

**KESIMPULAN**

1. Batasan sistem analisis pada proses pengolahan IPLT Jabon dilakukan secara *gate to gate* (SSC, Bak Penampung, Bak Anaerobik 1, Bak Anaerobik 2, Bak Fakultatif, Bak Maturasi, Kolam Outlet) dengan metode *Impact 2002+* yaitu dengan hasil dampak *carcinogens* sebesar 0.0000543 DALY, *non-carcinogens* sebesar 0.0000662 DALY, *respiratory organics* sebesar 0.0000106 DALY, *respiratory inorganics* 0.00304 DALY, *ionizing*

- radiation sebesar 0.0000157 DALY, ozone layer depletion 0,00000207 DALY, aquatic ecotoxicity 20,4 PDF\*m2\*yr, terrestrial ecotoxicity 679 PDF\*m2 yr, terrestrial acid/nutri 98,7 PDF\*m2\*yr, land occupation 14,2 PDF\*m2\*yr, global warming 8390 kg CO2 eq, non-renewable energi 208.000 MJ primary, dan mineral extraction 63,1 MJ primary. Satuan DALY adalah Disability Adjusted Life Year atau jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan cacat atau kematian, untuk satu DALY sama dengan satu tahun dari hidup sehat yang hilang. untuk satuan PDF\*m<sup>2</sup>yr sama dengan kerusakan spesies atau ekosistem seluas 1 m<sup>2</sup> di permukaan bumi per tahun (Harjanto et al., 2014). MJ surplus adalah energi yang dibutuhkan untuk mengekstrak sumber daya sekarang dan juga masa depan. Sedangkan unit proses pengolahan lumpur tinja dengan kontribusi terbesar dalam menimbulkan dampak lingkungan yaitu unit SSC, Kolam Outlet, Bak Penampung, Bak Anaerobik 1, Bak Anaerobik 2, Bak Fakultatif, Bak Maturasi.
2. Penyebab adanya dampak *Non-Renewable Energy* terjadi karena adanya alat bantu yang di Kolam Outlet ada pompa yang menggunakan daya listrik PLN dan di SSC terdapat bahan bakar yang ditimbulkan dari truk tinja. Hal tersebutlah yang membuat dampak *non-renewable energi* menjadi dampak terbesar pada proses pengolahan lumpur tinja.
  3. Alternatif program perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari adanya proses pengolahan lumpur tinja antara lain pengadaan penerapan *green building* didaerah sekitar pengolahan, penggunaan inverter dalam upaya menghemat listrik, pemantauan secara berkala seperti pembersihan dan pembaruan pada setiap unit pengolahan

emission from wastewater treatment plants and effect of biogas reuse on GHG mitigation. *Advances in Environmental Research*, 3(2), 173–183.

- Harjanto, T. R., Fahrurrozi, M., & Bendiyasa, I. M. (2014). Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(2), 51–58.
- Nuraeni, R. (2015). Diagnosis Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja ( IPLT ) Performance Diagnosis of Septage Treatment Plant. *Widyariset*, 1(1), 87–99.
- Rizkiyah, D., & Yudihanto, G. (2013). Pengolahan Lumpur Tinja Pada Sludge Drying Bed IPLT Keputih Menjadi bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Biodrying. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 133–137.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M., & Lo Brano, V. (2008). Energy performances and life cycle assessment of an Italian wind farm. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(1), 200–217.
- Chang, J., Kyung, D., & Lee, W. (2014). Estimation of greenhouse gas (GHG)