

Analisis Dampak Lingkungan dari Proses Pengolahan Lumpur Tinja di IPLT Supit Urang Kota Malang dengan Metode *Life Cycle Assessment*

Amalia Fitria Noor¹, Ahmad Erlan Afiuddin¹, dan Tarikh Azis Ramadani^{1*}

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

*E-mail: tarikh@ppns.ac.id

Abstrak

Instalasi pengolahan lumpur tinja adalah merupakan hal penting dari sistem penyediaan sarana dan prasarana sanitasi air limbah. Proses pengolahan air limbah IPLT dapat menimbulkan dampak lingkungan, setelah dilakukan analisa LCA pada IPLT Supit Urang ditemukan bahwa IPLT menimbulkan emisi ke air dan emisi ke udara. Dampak terbesar yang muncul pada IPLT Supit Urang disebabkan oleh CH₄, dimana CH₄ paling banyak di produksi pada unit *Solid Separation Chamber*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dari proses pengolahan air limbah IPLT Spit Urang Kota Malang. *Life Cycle Assessment* (LCA) pada penelitian kali ini menggunakan aplikasi SimaPro dengan metode Impact 2002+ dan memilih pendekatan gate to gate. Hasil analisis LCA menunjukkan bahwa dampak *Climate Change* menyumbang 4,670 Pt, *Ecosystem Quality* 0,008 Pt, dan *Human Health* 0,011 Pt. *Climate change* merupakan penyumbang dampak terbesar yang disebabkan CH₄

Keywords: IPLT, LCA, *Impact 2002+*, *Climate Change*

1. PENDAHULUAN

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 di *removal*. Setelah kolam lumpur tinja telah penuh akan dilakukan pengurasan dan lumpur tinja berasal dari metabolisme tubuh manusia yang mengandung COD, BOD, pH, TSS, Minyak dan Lemak, Amonia, Fosfat dan *Total Coliform* (Nuraeni, 2015)

IPLT Supit Urang berada di Kecamatan Supit Urang, Pada IPLT Supit Urang terdapat beberapa jenis proses pengolahan seperti SSC, Bak Pengumpul, Kolam Anaerobik, Kolam fakultatif 1-6, Kolam maturasi, Kolam Wetland, dan Bak Klorin. Dalam identifikasi ini, untuk mengetahui dampak lingkungan yang terjadi pada IPLT Supit Urang maka dilakukan identifikasi dampak lingkungan dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

Life Cycle Assessment (LCA) adalah metode untuk menganalisis beban atau dampak lingkungan di semua tahapan dalam suatu siklus hidup suatu sumber daya, baik dari proses awal ekstraksi hingga tidak dapat digunakan kembali (dibuang) (Palupi et al., 2014). 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 et al., 2014).

2. METODOLOGI

LCA merupakan teknik menilai aspek lingkungan dan dampak potensial yang terkait dengan suatu produk (SNI ISO 14040-2016).Langkah – langkah pengolahan data LCA mengacu pada ISO 14040 tahun 2016, yaitu:

(1) *goal and scope definition*, bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan dan asumsi. (2) *Life Cycle Inventory* (LCI), merupakan pengumpulan data kuantitatif untuk menentukan level atau tipe input energi maupun material pada suatu sistem industri dan hasil yang dilepaskan ke lingkungan.

(3) Life Cycle Impact Assessment (LCIA), yaitu untuk menganalisis dampak suatu proses terhadap lingkungan dan kesehatan manusia yang telah didata secara kuantitatif pada penakaraninventori. (4) *Interpretation*, yaitu penarikan kesimpulan berdasarkan hasil LCI dan LCIA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan penilaian dampak dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan aplikasi SimaPro harus melalui 4 tahapan sehingga teknik ini digunakan untuk menilai potensi dampak lingkungan. Berikut proses pada LCA.

3.1 Goal and Scope

Goal dari penelitian mengidentifikasi kinerja lingkungan dari proses pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). Ruang lingkup pada kajian LCA ini terbatas pada sistem *gate to gate*, yaitu IPLT Supit Urang dan unit yang di kaji meliputi pada unit SSC, Bak Pengumpul, Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif *Inlet*, Kolam Fakultatif *Outlet*, Kolam Maturasi, *Wetland*, Pipa *Effluent*

3.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Pada tahapan LCI dilakukan inventarisasi data *input* dan *output* dari setiap unit seperti debit yang masuk, hasil uji laboratorium air limbah pada tiap unit, dan emisi. Data yang digunakan merupakan hasil uji laboratorium parameter, perhitungan debit dan perhitungan CH₄. Data yang digunakan merupakan akumulasi dalam satu tahun dari proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang. LCI dari unit *Solid Separation Chamber* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Life Cycle Inventory

In-Out	Jenis	SSC	Bak Pengumpul	Kolam Anaerobik	Satuan
Input	Lumpur Tinja	14508,6	13181,04	12750,82	ton/tahun
Output	Air Hasil Olahan SSC	13181	12750,82	12304,36	ton/tahun
Emisi	CH ₄	5,335	0,466	0,146	ton/tahun
	BOD ₅	2,453	0,94	0,447	ton/tahun
	COD	6,806	2,847	1,412	ton/tahun
	TSS	3,774	1,984	0,664	ton/tahun
	Minyak & Lemak	0,309	0,023	0,022	ton/tahun
	Amonia	2,412	1,262	0,41	ton/tahun

Tabel 1 menjelaskan tentang data inventory Solid Separation Chamber yang nantinya akan di running menggunakan aplikasi SimaPro. Data yang di input ke dalam aplikasi Simapro ini dapat dilihat terdapat input yang berupa Lumpur tinja sebanyak 14508,63 ton/tahun, lalu ada output sebanyak 13181,04 ton/tahun. Terdapat emisi ke udara yaitu CH₄ sebesar 5,335 ton/tahun, selain itu terdapat pula emisi ke air yaitu BOD₅ sebesar 2,453 ton/tahun, COD sebesar 6,806 ton/tahun, TSS sebesar 3,774 ton/tahun, Minyak & Lemak sebesar 0,309 ton/tahun, dan Amonia sebesar 2,412 ton/tahun.

3.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Penilaian dampak potensi terhadap lingkungan pada proses pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Supit Urang dilakukan menggunakan aplikasi SimaPro dengan metode *Impact 2002+*. *Life Cycle Impact Assessment* bertujuan untuk mengidentifikasi seberapa besar kontribusi suatu unit pada proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang terhadap lingkungan. Berikut merupakan tahapan dari LCIA.

a. Characterization

Characterization adalah tahap yang dilakukan dengan mengalikan substansi kategori dampak dengan faktor karakterisasi. Faktor karakterisasi sering disebut faktor kesetaraan. Nilai karakterisasi pada proses pada unit SSC dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2 Hasil Analisis *Characterization*

Unit	Impact category						
	Non-carcinogens	Respiratory organics	Aquatic ecotoxicity	Terrestrial ecotoxicity	Aquatic acidification	Aquatic eutrophication	Global warming
SSC	0,28952683	32,060096	1271167,9	55,597468	4534,56	149,71	40546
Bak Pengumpul	0,15148543	2,8003757	665096,98	29,089554	2372,56	62,634	3541,6
Kolam Anaerobik	0,04921476	0,87737094	216077,47	9,4506476	770,8	31,064	1109,6
Kolam Fakultatif Inlet	0,00576173	0,33652584	25296,874	1,1064173	90,24	20,812	425,6
Kolam Fakultatif Outlet	0,00144043	0,49276998	6324,2185	0,27660432	22,56	16,588	623,2
Kolam Maturasi	0,00096029	0	4216,1457	0,18440288	15,04	17,644	0
Wetland	0,00012004	0	527,01821	0,02305036	1,88	7,04	0
Pipa Effluent	6,00E-05	0	263,5091	0,01152518	0,94	8,096	0
Total	0,49856953	36,567138	2188970,1	95,73967	7808,58	313,588	46246

Hasil analisis *characterization* pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa Aquatic ecotoxicity merupakan kategori dampak dari proses pengolahan air limbah dengan total kuantitas dampak sebesar 2188970 kg TEG water.

b. Damage Assesment

Analisis *Damage Impact Assessment* merupakan tahap untuk mengevaluasi dampak kerusakan dengan cara mengalikan potensi *midpoint characterization* dengan *damage characterization factor*. Pada tahap *damage assessment 7 midpoint category* yang dianalisis dikelompokkan dan dikategorikan menjadi 3 kategori kerusakan (*damage category*). Berikut hasil analisis *damage assessment*.

Tabel 3. Hasil Analisis *Damage Assessment*

Unit	Damage category		
	Human health	Ecosystem quality	Climate change
SSC	6,91E-05	64,252405	40546
Bak Pengumpul	6,39E-06	33,617967	3541,6
Bak Anaerobik	2,01E-06	10,921843	1109,6
Kolam Fakultatif Inlet	7,33E-07	1,2786548	425,6
Kolam Fakultatif Outlet	1,05E-06	0,31966371	623,2
Kolam Maturasi	2,69E-09	0,21310914	0
Wetland	3,36E-10	0,026638642	0
Pipa Effluent	1,68E-10	0,013319321	0
Total	7,93E-05	110,6436	46246

Berdasarkan hasil analisis *damage assessment* diperoleh kontribusi human health sebesar 0,000079283999 DALY, ecosystem quality sebesar 110,6436 PDF*m2 *yr, dan climate change sebesar 46246 kg CO2 eq. Dapat dilihat nilai tertinggi dimiliki oleh *Climate Change*.

c. Normalization

Tahap *normalization* dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar *damage category*. Pada tahapan ini, satuan unit untuk semua kategori kerusakan disetarakan, sehingga nilai masing-masing dampak dapat dibandingkan. Hasil analisis *normalization* diperoleh berdasarkan hasil *damage assessment* yang dikalikan dengan *normalization* faktor dampak *endpoint*.

Tabel 4 Hasil Analisis Normalization

Unit	Damage category		
	Human health	Ecosystem quality	Climate change
SSC	0,00974291	0,004690426	4,095146
Bak Pengumpul	0,00090084	0,002454112	0,3577016
Bak Anaerobik	0,00028293	0,000797295	0,1120696
Kolam Fakultatif Inlet	0,00010334	9,33E-05	0,0429856
Kolam Fakultatif Outlet	0,00014856	2,33E-05	0,0629432
Kolam Maturasi	3,79E-07	1,56E-05	0
Wetland	4,74E-08	1,94E-06	0
Pipa Effluent	2,37E-08	9,72E-07	0
Total	0,01117904	0,008076983	4,670846

Pada tahapan ini, satuan unit untuk semua kategori kerusakan disetarakan, sehingga nilai masing-masing dampak dapat dibandingkan. Hasil analisis normalization diperoleh berdasarkan hasil damage assessment yang dikalikan dengan normalization faktor dampak endpoint. Berdasarkan tabel dan diagram tersebut diketahui bahwa climate change merupakan dampak terbesar yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang.

d. Weighting and Single Score

Weighting dan single score pada LCIA dilakukan untuk mendapatkan perbandingan nilai dampak lingkungan yang setara. Weighting dilakukan untuk membandingkan semua potensi dampak lingkungan yang dihasilkan, dimana penilaian harus dibuat dengan kategori relatif terhadap satu sama lain. Weighting dilakukan dengan mengalikan hasil normalisasi nilai potensial dengan faktor weighting.

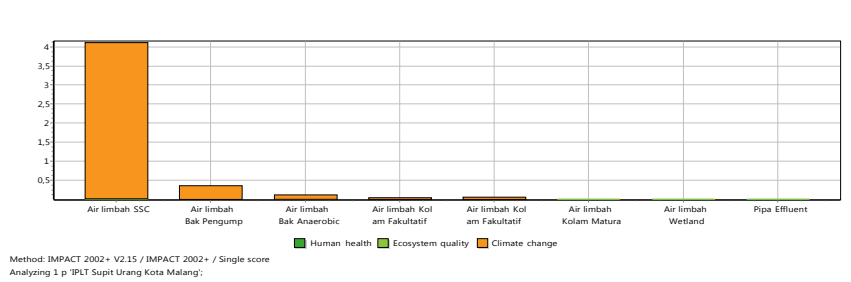
Tabel 5 Weighting dan Single Score

Unit	Damage category		
	Human health	Ecosystem quality	Climate change
	Pt	Pt	Pt
SSC	0,00974291	0,004690426	4,095146
Bak Pengumpul	0,00090084	0,002454112	0,3577016
Kolam Anaerobik	0,00028293	0,000797295	0,1120696
Kolam Fakultatif Inlet	0,00010334	9,33E-05	0,0429856
Kolam Fakultatif Outlet	0,00014856	2,33E-05	0,0629432
Kolam Maturasi	3,79E-07	1,56E-05	0
Wetland	4,74E-08	1,94E-06	0
Pipa Effluent	2,37E-08	9,72E-07	0
Total	0,01117904	0,008076983	4,670846

Pada **Tabel 5** di bawah ini terlihat hasil analisis weighting dan single score dari proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang. Dari tabel tersebut diketahui bahwa dampak paling besar proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang yaitu climate change sebesar 4,670846 Pt.



Gambar 1. Diagram Hasil Weighting Proses Pengolahan Air Limbah



Gambar 2. Diagram Hasil Single score Proses Pengolahan Air Limbah

3.4 Interpretasi Data

Interpretasi data adalah tahapan terakhir dari LCA, langkah ini digunakan dalam hal menentukan berbagai isu yang terkait dengan lingkungan menggunakan hasil dari tahapan LCI dan LCIA. Pada tahapan ini dilakukan interpretasi hasil menggunakan analisis *hotspot*, evaluasi data menggunakan pertimbangan pemeriksaan kelengkapan, sensitivitas dan konsistensi.

3.5 Evaluasi Data

Berdasarkan ISO SNI 14044:2017, evaluasi data merupakan unsur dalam tahap interpretasi daur hidup untuk meningkatkan reliabilitas penelitian. Evaluasi data penelitian ini mempertimbangkan aspek kelengkapan, analisis sensitivitas, dan pemeriksaan konsistensi. Evaluasi data dilakukan dengan tujuan untuk menetapkan tingkat kepercayaan terhadap hasil akhir penelitian siklus hidup dan membahasnya dengan lengkap dan akurat.

a. Completeness Check

Pemeriksaan kelengkapan dilakukan untuk memastikan bahwa semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk interpretasi tersedia dan lengkap.

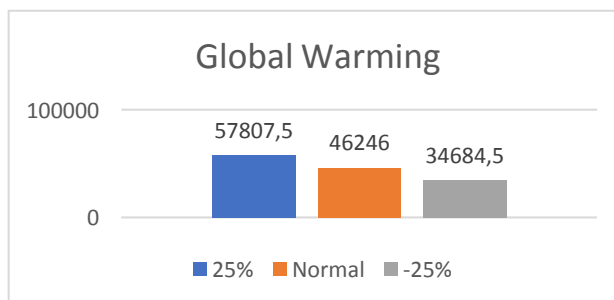
Tabel 6 Daftar Check Kelengkapan Sesuai ISO SNI 14044:2017

Deskripsi	Kelengkapan	Keterangan
Tujuan	✓	Telah sesuai dengan tujuan Instalasi
Scope	✓	Telah sesuai dengan ruang lingkup penelitian LCA
Alur Proses Produksi	✓	Telah sesuai dengan alur proses pengolahan air limbah perusahaan
Mass Balance	✓	Telah sesuai dengan data inventori
Bahan Baku	✓	Telah sesuai dengan data inventori
Pemakaian Energi/Bahan Kimia	×	Tidak menggunakan energi/bahan bakar kimia
Bahan Kimia	×	Tidak terdapat penggunaan bahan kimia
Emisi	✓	Telah sesuai dengan hasil perhitungan
Jumlah Sludge	✓	Telah sesuai dengan data inventori
Output (Produk)	✓	Telah sesuai dengan data inventori
Klarifikasi Data	✓	Telah dilakukan klarifikasi data ke pihak perusahaan
Observasi Data	✓	Telah dilakukan observasi data langsung ke lapangan

Completeness Check pada tabel 6 menjelaskan mengenai kelengkapan LCI. Perolehan data dilakukan dengan observasi dan inventarisasi perusahaan, data yang didapatkan telah di klarifikasi oleh pihak perusahaan. Klarifikasi data survey dari data keaslian perusahaan dibutuhkan untuk memastikan jumlah, perhitungan, kelengkapan dan pengolahan data yang dilakukan telah sesuai dan lengkap. Pada daftar Completeness Check kelengkapan bahan kimia tidak dapat dilakukan karena dalam proses produksi tidak menggunakan bahan kimia.

b. Sensitivity Check

Perhitungan *sensitivity check* dilakukan dengan menambahkan dan mengurangi data bahan baku atau input sebanyak 25% pada unit proses yang memiliki keterkaitan dampak pada running LCA. Setelah dilakukan penambahan dan pengurangan data *input* 25%.



Gambar 3 Grafik Analisis Sensitivitas

Berdasarkan **Gambar 3** di atas, dapat dilihat perbandingan hasil nilai dampak setelah penambahan dan pengurangan data *inventory* sebesar 25% pada dampak *Global Warming*. Selanjutnya, akan dilakukan perhitungan deviasi dan didapatkan nilai deviasi total 0.

c. Consistency check

Konsistensi pada asumsi, metode, dan data ini bertujuan untuk memudahkan pemahaman sehingga tidak terjadi multi-tafsir dalam analisis LCA. Hasil analisis *Consistency check* terangkum pada **Tabel 7**. berikut ini.

Tabel 7 Hasil Analisis Pemeriksaan Konsistensi

Pemeriksaan	Konsistensi	Keterangan
Sumber Data	Tidak Konsisten	Data primer 66%, data sekunder 34%
Akurasi Data	Konsisten	Akurasi data baik, karena ada bukti hasil monitoring perusahaan dan laboratorium external
Umur Data	Konsisten	Data yang digunakan adalah data dalam 1 tahun produksi air limbah
Cakupan Waktu	Konsisten	Cakupan waktu data yang digunakan pada kajian ini yaitu selama 1 tahun pada Tahun 2021.
Cakupan Teknologi	Konsisten	Unit proses yang dianalisis yaitu SSC, Bak Pengumpul, Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, Kolam Maturasi, Wetland, Pipa effluent
Metode yang digunakan	Konsisten	Menggunakan metode analisis Impact 2002+
Cakupan Geografis	Konsisten	Telah sesuai dengan cakupan geografis yang ada di Indonesia

Berdasarkan **Tabel 7** di atas dapat diketahui bahwa inkonsistensi kajian LCA ini terletak pada sumber data. Data primer 66% yaitu data hasil pemantauan rutin karakteristik air limbah, sedangkan 34% data sekunder berupa jumlah massa air limbah dan emisi CH₄. Pada penelitian ini, tidak dapat dilakukan pengukuran listrik langsung pada IPLT karena unit yang tersedia merupakan unit konvensional. Pada sumber data, akurasi data, umur data, cakupan teknologi, metode yang digunakan, cakupan waktu, dan cakupan geografis adalah konsisten.

4. KESIMPULAN

Dampak lingkungan proses pengolahan air limbah IPLT Supit Urang disebabkan oleh emisi ke udara berupa CH₄ dan emisi dari air limbah yaitu BOD₅, COD, TSS, Minyak & lemak, amonia. Hasil kajian menghasilkan dampak berupa *Climate Change* menyumbang 4,670 Pt, *Ecosystem Quality* 0,008 Pt, dan *Human Health* 0,011 Pt.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Pemerintah Kota Malang, Unit Pelaksana Teknis Pengelolaan Air Limbah Daerah Kota Malang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- 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. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.4696>
- Nuraeni *Journal of Environmental Science and Development*. 1(3), hal 219-220.
- Palupi, A. H., Tama, I. P., & Sari, R. A. (2014). Evaluasi Dampak Lingkungan Produk Kertas dengan Menggunakan Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Network Process (ANP) (Studi Kasus: PT. X Probolinggo). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, 2(5), 1–12.
- SNI ISO 14040-2016. *Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines*.
- SNI ISO 14044-2017. *Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines*.