

Kajian Dampak Lingkungan Akibat Penambahan Unit *Dissolved Air Flotation* di IPLT Keputih

Shaila Insyirah Medina¹, Mirna Apriani^{1*}, Tarikh Azis Ramadhani¹

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

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

Abstrak

Instalasi Pengolahan Limbah Tinja (IPLT) Keputih merupakan satu satunya fasilitas publik penting di Kota Surabaya. Tahun 2023 dilakukan penambahan unit *Dissolved Air Flotation* (DAF), sehingga perlu dilakukan kajian dampak lingkungan. *Life Cycle Assessment* (LCA) digunakan untuk mengkaji dampak lingkungan dengan ruang lingkup *gate to gate*. Metode analisis menggunakan *Impact 2002+* pendekatan *endpoint* dengan bantuan *software* OpenLCA. Dampak yang dianalisis merupakan gabungan pendekatan titik tengah (*midpoint*) dengan kerusakan (*damage category*). Kategori dampak tersebut, antara lain *aquatic ecotoxicity*, *terrestrial ecotoxicity*, *non-carcinogens*, *respiratory organics*, dan *global warming*. Hasil penelitian menunjukkan kategori dampak terbesar dihasilkan oleh *climate change* sebesar $2,56 \times 10^5$ Pt. Dampak lainnya, yaitu *ecosystem quality* $7,05 \times 10^{-2}$ Pt, dan *human health* $4,92 \times 10^{-16}$ Pt. Aksi mitigasi yang disarankan adalah penggunaan inverter terutama pada kolam *oxidation ditch* sebagai efisiensi energi listrik. Pemanfaatan biogas dari lumpur hasil pengolahan air limbah sebagai sumber energi internal pemanasan atau pembangkitan listrik skala kecil.

Keywords : *Life Cycle Assessment*, *Impact 2002+*, *Climate Change*, OpenLCA.

1.PENDAHULUAN

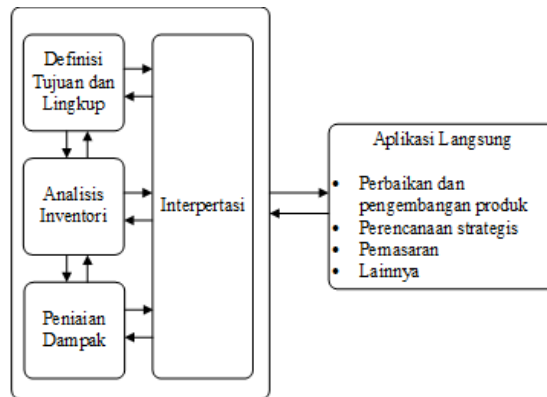
Air limbah domestik merupakan air dari pembuangan tempat tinggal, usaha institusi, dan fasilitas publik. Air limbah yang dihasilkan perlu disalurkan dan dilanjutkan dengan pengolahan, pemanfaatan kembali atau membuang secara aman ke lingkungan (Metcalf dan Eddy 2003). Salah satu sistem pengolahan air limbah adalah Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja atau IPLT. IPLT Keputih merupakan instalasi pengolahan air limbah di Kota Surabaya yang berdiri pada tahun 1991 dengan kapasitas desain $400 \text{ m}^3/\text{hari}$ (Dian & Herumurti, 2016). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa IPLT Keputih menyumbang dampak terbesar dengan kategori dampak *non-renewable energy* sebesar 87% dari dampak lingkungan total. Terjadi penurunan dampak *global warming* dan *non-renewable energy* pada penelitian LCA di IPLT Keputih pada tahun 2024. Selain itu, terjadi kenaikan pada kategori dampak *aquatic eutrophication* (Fabian, 2024).

Penilaian Siklus Hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan alat yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan, salah satunya dampak lingkungan dari IPLT dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Studi telah menunjukkan bahwa konsumsi energi merupakan kontributor utama terhadap dampak lingkungan di IPAL (Pasqualino *et al.*, 2009; Patel dan Singh, 2022). Metode *Impact 2002+* digunakan untuk menilai dan mengidentifikasi dampak menjadi 3 kategori *endpoint*, yaitu *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* (Septiariva *et al.*, 2024; Patel dan Singh, 2022). Masalah lingkungan utama meliputi penggunaan energi tidak terbarukan, pemanasan global, dan bahan anorganik yang berdampak pada pernapasan. Rekomendasi penelitian menyarankan beberapa upaya untuk mengurangi dampak lingkungan. Upaya tersebut meliputi penerapan bangunan hijau, penggunaan inverter untuk penghematan energi, dan pemantauan rutin terhadap unit pengolahan (Maulana dan Juliardi, 2022). Strategi lain yang diusulkan termasuk memanfaatkan biogas untuk produksi listrik, mengoptimalkan pengelolaan lumpur, dan mengadopsi teknologi pengolahan air yang berkelanjutan (Pasqualino *et al.*, 2009; Septiariva *et al.*, 2024).

2.METODE

Studi LCA terdiri atas empat tahapan, yakni *goal and scope definition*, *Life Cycle Inventory*, *Life Cycle Impact Assessment*, dan *interpretation* (SNI ISO 14040:2016). Tahap *goal and scope* bertujuan untuk merumuskan maksud pelaksanaan studi serta menetapkan batasan sistem guna menjaga konsistensi selama proses kajian. Tahap *Life Cycle Inventory* (LCI) mencakup proses kuantifikasi terhadap seluruh masukan dan keluaran sistem selama siklus hidup produk atau proses. Selanjutnya, *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) merupakan tahap evaluasi potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Tahap ini dikaitkan dengan data LCI terhadap kategori dampak melalui proses *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*. Tahap akhir, yakni interpretasi,

dilakukan melalui analisis kritis terhadap hasil LCI dan LCIA, guna memastikan kesesuaiannya dengan tujuan dan ruang lingkup yang telah ditetapkan sebelumnya. **Gambar 1** menunjukkan tahapan dalam analisis *Life Cycle Assessment*

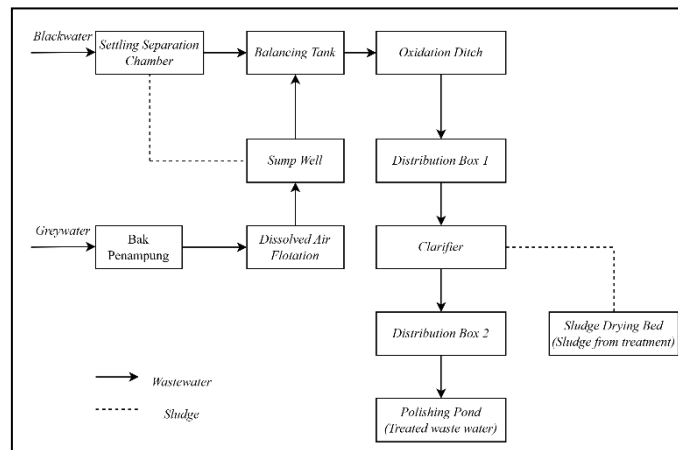


Gambar 8. Tahapan Analisis *Life Cycle Assessment*

Tujuan dilakukannya kajian LCA adalah untuk menganalisis jenis dan nilai dampak yang dihasilkan dari proses pengolahan di IPLT Keputih. Ruang lingkup kajian adalah *gate to gate* yang berfokus melakukan analisis dampak yang dihasilkan. *Inventory* dilakukan dengan menginput data relevan untuk menganalisis dampak lingkungan mencakup emisi, debit limbah, proses pengolahan, serta konsumsi energi. Penilaian dampak dilakukan untuk menganalisis jenis dan nilai dampak yang dihasilkan. Interpretasi bertujuan untuk menganalisis titik kritis berdasarkan jenis dampak, unit proses, dan substansi pencemarnya.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar, proses pengolahan air limbah di IPLT Keputih terdiri dari beberapa unit pengolahan utama yang berurutan. Unit-unit tersebut meliputi *Settling Separation Chamber* (SSC), bak penampung, *Sump Well* (SW), *Dissolved Air Flotation* (DAF), *Balancing Tank* (BT), serta *Oxidation Ditch* (OD). Selanjutnya, air limbah dialirkan menuju *Distribution Box* (DB) 1, *clarifier*, *Distribution Box* (DB) 2, dan terakhir ke *Polishing Pond* (PP). Diagram alir IPLT Keputih disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir IPLT Keputih

3.1 Menentukan Goal and Scope

Kajian LCA ini bertujuan menganalisis dampak lingkungan pengolahan air limbah IPLT Keputih pada berbagai tahapan siklus hidupnya secara komprehensif. Lingkup kajian pada penelitian terbatas pada sistem *gate to gate*. Sistem Kajian LCA meliputi SSC, bak penampung, SW, DAF, BT, OD, DB 1, *clarifier*, DB 2, dan PP.

3.2 Life Cycle Inventory

Pada tahapan ini dilakukan inventarisasi data yang berasal dari *input* dan *output* setiap unit. Data tersebut antara lain debit air limbah, hasil uji laboratorium setiap unit, dan emisi. Data yang digunakan merupakan perhitungan debit dan gas metana, serta beban pencemar. Data yang digunakan adalah akumulasi dalam satu tahun dari proses pengolahan air limbah IPLT Keputih Surabaya. LCI dari unit *Oxidation Ditch* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. *Life Cycle Inventory Unit Oxidation Ditch*

Aliran Proses	Jenis	Oxidation Ditch	Satuan/tahun
Input	Wastewater	3,547	m ³
	Listrik	144,540	MWh
Output	Wastewater hasil olahan <i>oxidation ditch</i>	3,547	m ³
Emisi	TSS	209,228	ton
	BOD ₅	16,657	ton
	COD	18,831	ton
	Amonia	9,428	ton
	Minyak dan lemak	4,483	ton
	CH ₄	88,038	ton
	CO ₂	125,750	ton

Tabel 1 menjelaskan tentang data inventory *Oxidation Ditch* yang dijalankan menggunakan aplikasi OpenLCA. Data yang dimasukkan ke dalam aplikasi OpenLCA berupa *input wastewater* sebanyak 3,547 m³ dan listrik sebesar 144,540 MWh. *Output* berupa *wastewater* hasil olahan *oxidation ditch* sebanyak 3,547 m³. Terdapat 7 data emisi, yaitu TSS, BOD₅, COD, Amonia, CH₄, CO₂, Minyak dan lemak. Nilai data emisi berturut-turut yaitu 209,228 ton, 16,657 ton, 18,831 ton, 9,421 ton, 4,483 ton, 88,038 ton, 125,750 ton.

3.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Analisis dampak lingkungan dari proses pengolahan air limbah di IPLT Keputih Surabaya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak OpenLCA dan pendekatan metode *Impact 2002+*. Tujuan dari LCIA adalah untuk mengevaluasi sejauh mana kontribusi masing-masing unit dalam sistem pengolahan limbah IPLT Keputih Surabaya terhadap beban lingkungan. Tahapan-tahapan LCIA dijabarkan sebagai berikut.

3.3.1 Characterization

Tahapan karakterisasi merupakan penilaian kontribusi dari keseluruhan *input* dan *output* berdasarkan kategori dampak yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Contoh hasil *characterization* dari proses pada unit SSC hingga *polishing pond* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil *Characterization*

Unit Pengolah	<i>Aquatic acidification</i>	<i>Aquatic ecotoxicity</i>	<i>Aquatic eutrophication</i>	<i>Global warming</i>	<i>Non-carcinogens</i>	<i>Respiratory organics</i>	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>
SSC	0,56206078	157,56184288	0,00481993	0,32234348	0,00003588	0	0,00689133
Bak Pengumpul	0,05057116	14,17655363	0,00743832	0,32234348	0,00000323	0	0,00062004
DAF	0,05576610	15,63284530	0,00351724	0,24875036	0,00000356	0	0,00068374
SW	0,05576610	15,63284530	0,00351724	0,32234348	0,00000356	0	0,00068374
BT	0,83956603	235,35456640	0,04052522	0,32234348	0,00005359	0	0,01029378
OD	0,49988052	140,13092317	0,01033462	22,41177286	0,00003191	0,01491756	0,00612895
DB 1	0,49988052	140,13092317	0,01033462	0,79510000	0,00003191	0	0,00612895
Clarifier	0,26939478	75,51912530	0,00837129	0,26862896	0,00001720	0	0,00330300
DB 2	0,26939478	75,51912530	0,00837129	0,79510000	0,00001720	0	0,00330300
PP	0,38951453	109,19215519	0,00794636	0	0,00002486	0	0,00477577

Salah satu dampak yang tertinggi ialah *Aquatic Ecotoxicity*. Terjadinya *Aquatic Ecotoxicity* dapat disebabkan karena parameter ammonia yang terdapat dalam air limbah. Sumber utama ammonia berasal dari pembusukan bahan organik yang mengandung protein, karbohidrat dan lemak. Apabila pada proses penguraian (bakteri nitrifikasi) terjadi kekurangan oksigen dalam perairan maka akumulasi amoniak menjadi tinggi, sehingga akan merusak ekosistem air dan mematikan organisme perairan (Harahap, 2013).

3.3.2 Normalization

Tahap *Normalization* bertujuan untuk memudahkan perbandingan antar *damage category*. Tahapan ini dilakukan dengan menyetarakan satuan unit dari setiap kategori kerusakan, sehingga setiap nilai dampak dapat dibandingkan. Nilai *normalization* diperoleh dengan membagi hasil *characterization* dengan *normalization factor*. Hasil analisis *normalization* disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil *Normalization*

Jenis dampak	Nilai Dampak
<i>Ecosystem Quality</i>	6,78E+02
<i>Human Health</i>	2,30E-10
<i>Climate change</i>	2,56E+05

3.3.3 Weighting

Tahap *weighting* bertujuan membandingkan seluruh potensi dampak lingkungan yang dihasilkan dengan memberikan penilaian secara relatif antar kategori. Proses ini dilakukan dengan mengalikan nilai normalisasi setiap kategori dampak dengan faktor *weighting* yang telah ditetapkan. Hasil dari *weighting* merupakan skor akhir yang mencerminkan kontribusi relatif masing-masing kategori terhadap keseluruhan dampak lingkungan. Hasil *weighting* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil *Weighting*

Jenis Dampak	Nilai dampak (Pt)
<i>Ecosystem Quality</i>	7,05E-02
<i>Human Health</i>	4,92E-16
<i>Climate change</i>	2,56E+05

3.3.4 Interpretasi

Interpretasi merupakan tahapan terakhir dari analisis daur hidup untuk memberikan kesimpulan, rekomendasi dan pengambilan keputusan. Tahapan ini dilakukan dengan mengidentifikasi isu penting dari tahap sebelumnya yaitu LCI dan LCIA. Dilakukan evaluasi yang terdiri dari pemeriksaan kelengkapan, sensitivitas, dan konsistensi pada tahap ini. Tahapan ini menunjukkan bahwa kajian LCA pengolahan air limbah di IPLT Keputih menghasilkan dampak *climate change* terbesar. Dampak ini disebabkan oleh substansi gas CO₂ sebesar 86,8% yang berasal dari unit *oxidation ditch*. Hasil interpretasi berdasarkan identifikasi substansi dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Table 5. Identifikasi Substansi

Unit Proses	Kontribusi		Kategori
	Ton CO ₂ eq/Tahun	%	
SSC	1,14E+01	1,2	E
Bak Pengumpul	1,14E+01	1,2	E
DAF	8,82E+00	1,0	E
SW	1,14E+01	1,2	E
BT	1,14E+01	1,3	E
OD	7,95E+02	86,8	A
DB 1	2,82E+01	3,1	D
<i>Clarifier</i>	9,53E+00	1,0	E
DB 2	2,82E+01	3,1	D
PP	0,00E+00	0,0	E
Total	9,15E+02		100

Nilai maksimum

4.KESIMPULAN

Dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan di IPLT Keputih per 1 m³, yaitu *climate change*, *ecosystem quality* dan *human health*. Masing-masing dampak tersebut memiliki nilai dampak secara berurutan, yaitu 2,56E+05 Pt, 7,05E-02 Pt, 4,92E-16 Pt. Penambahan unit DAF memberikan dampak peningkatan *climate change*.

5.DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *SNI ISO 14040:2016 – Manajemen lingkungan – Penilaian daur hidup – Prinsip dan kerangka kerja*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dian, G. & Herumurti, W., 2016. *Evaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fabian, D.A., 2024. *Kajian dampak lingkungan akibat proses pengolahan lumpur tinja IPLT Keputih dengan metode life cycle assessment*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Harahap, S., 2013. Pencemaran perairan akibat kadar amonia yang tinggi dari limbah cair industri tempe. *Jurnal Akuatika*, 4(2), pp.183–194.
- Maulana, I. & Juliardi, N.R., 2022. Identifikasi dampak lingkungan pada proses pengolahan lumpur tinja (IPLT) Jabon dengan metode life cycle assessment (LCA). *EnviRous: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), pp.86–92.
- Metcalf dan Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Pasqualino, J.C., Ortiz, M. & Castells, F., 2009. Environmental performance of wastewater treatment alternatives through life cycle assessment. *Water Science and Technology*, 59(7), pp.1325–1331.
- Patel, M. & Singh, R., 2022. Life cycle assessment of energy consumption and environmental impacts in wastewater treatment plants. *Environmental Engineering Research*, 27(3), pp.200–212.
- Septiariva, C., Arifin, Z. & Nugraha, A., 2024. Evaluasi dampak lingkungan instalasi pengolahan lumpur tinja menggunakan metode IMPACT 2002+. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 13(2), pp.110–124.