

Kajian *Life Cycle Assessment* Pengolahan Air di IPAM Ngagel II Surabaya dengan Metode IMPACT 2002+ *Endpoint*

Risky Faradina¹, Ahmad Erlan Afiuddin¹, dan Alma Vita Sophia¹

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

*E-mail: erlan.ahmad@ppns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji proses pengolahan air IPAM Ngagel II Surabaya yang berpotensi menimbulkan dampak ke lingkungan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan ruang lingkup *gate to gate*. Metode analisis menggunakan IMPACT 2002+ pendekatan *endpoint* dengan bantuan *software* OpenLCA. Dampak yang timbul berasal dari kandungan logam berat di dalam air olah apabila diakumulasi dalam 1 tahun menimbulkan dampak buruk ke lingkungan dan manusia. Selain itu, konsumsi listrik dan penggunaan bahan kimia seperti aluminium sulfat dan klorin menimbulkan emisi ke udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak lingkungan berupa *climate change* sebesar $4,25 \times 10^6$ Pt, *ecosystem quality* sebesar $2,48 \times 10^6$ Pt, dan *human health* sebesar $2,28 \times 10^{-2}$ Pt.

Keywords: IPAM, LCA, IMPACT 2002+, OpenLCA, *endpoint*.

1. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya populasi penduduk di Kota Surabaya menjadikan kebutuhan terhadap air bersih meningkat. Namun, berbanding terbalik dengan fakta bahwa banyaknya sumber air yang tercemar akibat kegiatan industri dan masyarakat (Yunianto & Ciptomulyono, 2015). Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel II berkapasitas produksi $17.042.326 \text{ m}^3$ mengolah air baku dari Sungai Jagir untuk masyarakat Surabaya. Proses pengolahan air yaitu penghilangan kotoran seperti zat organik, padatan tersuspensi, bau, dan bakteri patogen menggunakan aluminium sulfat di unit *acelator*, karbon aktif di pompa air baku, dan klorin menuju bak reservoir. Hal ini dapat menyisakan residu di dalam air olahan dan limbah yang dihasilkan serta berpotensi meningkatkan emisi Gas Rumah Kaca berupa CO_2 . IPAM Ngagel II menggunakan komponen-komponen listrik yang beroperasi selama 24 jam. Nurbaiti dkk. (2021) meneliti bahwa pemakaian listrik yang tinggi berasal dari energi fosil berpotensi menyumbang dampak ke lingkungan seperti pemanasan global dan penipisan *non renewable energy*. Selain itu, berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2010) parameter kualitas air minum meskipun nilainya di bawah baku mutu namun apabila diakumulasi dalam 1 tahun akan menjadi beban pencemar ke air seperti parameter logam berat, nitrit, nitrat, fosfat, dan COD menimbulkan dampak *human health* dan *ecosystem quality*.

Life Cycle Assessment (LCA) ialah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis dan memperhitungkan dampak lingkungan total dari suatu produk dalam setiap tahap daur hidupnya (Pujadi dkk., 2013). Riyanty & Indarjanto (2015) mengkaji dampak lingkungan dari proses pengolahan air di IPA Siwalanpanji menggunakan *software* SimaPro 7.33 dengan metode IMPACT 2002+. Dampak pencemaran yang timbul berupa pencemaran udara dari penggunaan klorin, *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan konsumsi listrik menjadi pencemaran terbesar. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi dampak lingkungan pada proses IPAM Ngagel II menggunakan metode *Life Cycle Assessment*. LCA dipilih untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dari proses IPAM dengan ruang lingkup *gate to gate* menggunakan metode IMPACT 2002+ dengan bantuan *software* OpenLCA. Metode IMPACT 2002+ dipilih karena merupakan metode baru gabungan dari empat metode LCA sebelumnya, yaitu IMPACT 2002, CML, IPCC, dan *Eco-Indicator* 99. Selain itu, beberapa *damage category* pada metode IMPACT 2002+ sesuai dengan dampak yang ditimbulkan dari

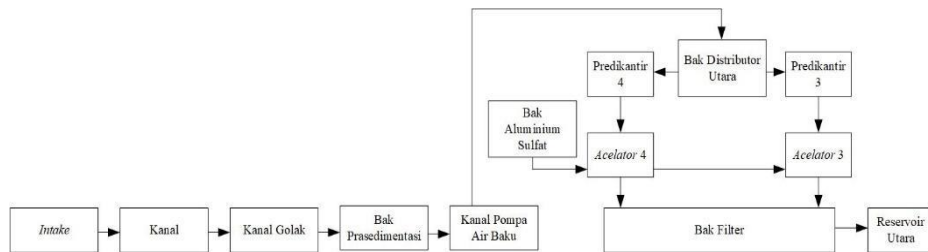
parameter kualitas air, bahan kimia, serta konsumsi listrik pada IPAM Ngagel II Surabaya. Metode ini lebih komprehensif dalam mengevaluasi dampak lingkungan pada pengolahan air.

2. METODE

Studi LCA dilakukan dalam 4 tahap yang saling berkaitan yaitu, penentuan tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), analisis inventori (*Life Cycle Inventory*), penilaian dampak (*Life Cycle Impact Assessment*), dan interpretasi (*interpretation*). Tahapan LCA menurut SNI ISO 14040 (2016). *Goal and scope* menyatakan maksud dan tujuan dilakukan kajian LCA serta batas sistem sehingga kajian LCA berjalan secara konsisten. *Life Cycle Inventory* (LCI) merupakan kuantifikasi input dan *output* produk sepanjang daur hidup yang dilakukan secara berulang. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) ialah penilaian dampak dimana seluruh input dan *output* akan dihubungkan dengan potensi dampak lingkungan berdasarkan hasil LCI. LCIA terdiri dari tahap *characterization, normalization, weighting, dan single score*. Interpretasi merupakan proses peninjauan dan perbaikan berulang terhadap sifat dan kualitas LCI sehingga konsisten dengan *goal and scope* yang ditetapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar proses pengolahan air di IPAM Ngagel II terdiri dari *intake*, kanal, kanal golak, bak pra sedimentasi, kanal pompa air baku, bak distributor, predikantir, *acelator*, bak filter, dan reservoir. Diagram alir IPAM Ngagel II disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir IPAM Ngagel II

3.1 Goal and Scope

Tujuan kajian LCA ini untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses pengolahan air IPAM Ngagel II di berbagai titik dalam siklus hidupnya. Lingkup kajian pada penelitian yaitu terbatas pada sistem *gate to gate* proses pengolahan air IPAM Ngagel II bagian utara dan selatan. Sistem kajian LCA meliputi *intake*, kanal, kanal golak, bak prasedimentasi, kanal pompa air baku, bak distributor utara, predikantir 3, predikantir 4, bak aluminium sulfat, *acelator* 3, *acelator* 4, bak filter, dan reservoir utara.

3.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Inventarisasi data dilakukan dengan mengkuantifikasi input dan *output* proses pengolahan air IPAM Ngagel II berupa debit air olah, konsumsi listrik, aluminium sulfat, karbon aktif, klor cair, TCCA, dan emisi ke air yang diperoleh dari pemantauan rutin perusahaan setiap bulan sebagai data primer. Sedangkan, data sekunder berupa perhitungan emisi CO₂ berasal dari konsumsi listrik dan penggunaan bahan kimia yaitu aluminium sulfat dan klor cair. Data yang diolah OpenLCA merupakan data selama 1 tahun sehingga dampak yang muncul merupakan akumulasi dampak lingkungan selama 1 tahun produksi air bersih dari IPAM Ngagel II. Data inventori IPAM Ngagel II disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Inventori Data IPAM Ngagel II Tahun 2022

<i>Input – Output</i>	*Inventori Data		**Kuantitas	**Satuan Data	*Sumber Data
<i>Input</i>	Material bahan baku				
	Jenis	Air baku	17.042.326	ton/tahun	Primer
	Pemakaian listrik				
	Jenis	Listrik	8.817.120	kWh/tahun	Primer
	Bahan kimia				
Jenis	Karbon aktif	134,558	m ³ /tahun	Primer	

Input – Output	*Inventori Data		**Kuantitas	**Satuan Data	*Sumber Data	
		Aluminium sulfat	9.927,154	m3/tahun	Primer	
		Klor cair	222,507	m3/tahun	Primer	
Output	Material bahan baku					
	Jenis	Produk air	17.042.326	ton/tahun	Primer	
Emisi ke-	Udara					
	Jenis	CO ₂ listrik	7.670,894	ton/tahun	Sekunder	
		CO ₂ aluminium sulfat	3.339.773,975	ton/tahun	Sekunder	
		CO ₂ klor cair	605.971,2588	ton/tahun	Sekunder	
	Air					
	Jenis	Amonia		1142,014	ton/tahun	Primer
		Nitrit		194,153	ton/tahun	Primer
		Nitrat		4181,278	ton/tahun	Primer
		Fosfat		113,785	ton/tahun	Primer
		Silikat		267,028	ton/tahun	Primer
		Kalsium		61250,457	ton/tahun	Primer
		Magnesium		5066,286	ton/tahun	Primer
		Klorida		526,739	ton/tahun	Primer
		Sulfat		41211,046	ton/tahun	Primer
		Fluorida		177,536	ton/tahun	Primer
		Aluminium		53,353	ton/tahun	Primer
		Krom heksavalen		11,565	ton/tahun	Primer
		Sulfida		123,400	ton/tahun	Primer
		Kadmium		0,0033857	ton/tahun	Primer
		Mangan		38,219	ton/tahun	Primer
Seng			0,977	ton/tahun	Primer	
Tembaga			41,519	ton/tahun	Primer	
Timbal			1,161	ton/tahun	Primer	
COD			5.356,072	ton/tahun	Primer	
Detergen		15,341	ton/tahun	Primer		
TSS		38.288,992	ton/tahun	Primer		

Sumber: *Data Perusahaan (2022) dan **Hasil Perhitungan (2023).

3.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Life Cycle Impact Assessment bertujuan mengidentifikasi dampak lingkungan yang ditimbulkan masing-masing unit pada proses pengolahan air IPAM Ngagel II. Pengolahan data inventori pada tahap sebelumnya menggunakan metode IMPACT 2002+ dengan bantuan *software* OpenLCA.

Characterization

Characterization merupakan tahap mengalikan seluruh parameter pada input dan *output* yang berkontribusi terhadap kategori dampak. Contoh hasil *characterization* unit *intake* hingga kanal pompa air baku disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Characterization*

Damage Category	Satuan	Nilai
<i>Ecosystem Quality</i>	PDF.m ² .yr/pers/yr	7,20E+10
<i>Human Health</i>	DALY/pers/yr	4,10E+04
<i>Climate Change</i>	kg CO ₂ /pers/yr	4,29E+02

Normalization

Normalization bertujuan untuk membandingkan antar *damage category* dengan menyamakan satuan sehingga setiap kategori dampak mudah dibandingkan. Hasil *normalization* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Normalization*

<i>Damage Category</i>	Nilai
<i>Ecosystem Quality</i>	4,95E+10
<i>Human Health</i>	8,15E+03
<i>Climate Change</i>	4,25E+06

Weighting

Weighting dilakukan agar dapat membandingkan seluruh potensi dampak lingkungan dimana penilaian ini dibuat dengan kategori relatif terhadap satu sama lain. Hasil *weighting* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Weighting*

<i>Damage Category</i>	Nilai (Pt)
<i>Ecosystem Quality</i>	2,48E+06
<i>Human Health</i>	2,28E-2
<i>Climate Change</i>	4,25E+06

3.4 Interpretasi

Interpretasi merupakan tahap terakhir dari penilaian daur hidup dilakukan dengan mengidentifikasi isu penting dari tahap sebelumnya yaitu LCI dan LCIA. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terdiri dari pemeriksaan kelengkapan, sensitivitas, dan konsistensi. Pada tahap ini membuktikan bahwa kajian LCA pengolahan air IPAM Ngagel II Surabaya bak aluminium sulfat menghasilkan dampak *climate change* terbesar dengan substansi gas CO₂ sebesar 91,347%. Hasil identifikasi isu penting ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Identifikasi Isu Penting

Tingkat <i>Hotspot</i>	<i>Hotspot</i>	Persentase (%)
Kategori dampak	<i>Climate change</i>	63,10
Unit proses	Bak aluminium sulfat	91,346710
Substansi	CO ₂	91,347

4. KESIMPULAN

Dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan air IPAM Ngagel II per 1 m³ air bersih menimbulkan dampak antara lain, *climate change* sebesar $4,25 \times 10^6$ Pt, *ecosystem quality* sebesar $2,48 \times 10^6$ Pt, dan *human health* sebesar $2,28 \times 10^{-2}$ Pt.

5. DAFTAR PUSTAKA

Nurbaiti, G. A., Rachmanto, T. A., & Farahdiba, A. U. (2021). Implementasi *Life Cycle Assessment* "Gate to Gate" Pada Proses Pengolahan Air Bersih. ESEC Teknik Lingkungan, 2(1), 34.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Pub. L. No. 492, 6 (2010).

Pujadi & Yola, M. (2013). Analisis *Sustainability Packaging* dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Riau. Universitas Islam Sultan Syarif Kasim Riau.

Riyanty, F. P. E., & Indarjanto, H. (2015). Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA). JURNAL TEKNIK ITS, 4(2), D-86.

SNI ISO 14040, Pub. L. No. 14040, 1 (2016).

Yunianto, R. M., & Ciptomulyono, U. (2015). Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk Perbaikan Produksi Air Bersih Instalasi Pengolahan Air MINUM (IPAM) Ngagel II PDAM Surabaya dengan Pendekatan *Analytic Network Process* (ANP). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.