

Analisa Dampak Lingkungan Pengolahan Air Bersih Instalasi Pengolahan Air (IPA) Menggunakan LCA dan AHP

Oleh:

Aditya Yoga Pratama

Inggit Marodiyah

Teknik Industri

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Februari, 2025



Pendahuluan

Dalam setiap proses pengolahannya Instalasi pengolahan Air (IPA) Kedunguling milik PDAM Sidoarjo menghasilkan dampak negatif yang cukup signifikan terhadap lingkungan.



1. Konsumsi energi listrik yang menghasilkan emisi berupa CO₂

2. Penggunaan bahan kimia berupa PAC dan klorin yang meninggalkan zat sisa residu

3. Limbah berupa endapan dari produksi IPA itu sendiri



Diperlukan identifikasi masalah beserta alternatif solusi untuk menangani hal tersebut

Pertanyaan Penelitian (Rumusan Masalah)

1. Apa saja dampak terhadap lingkungan pada serangkaian proses pengolahan air yang dihasilkan IPA Kedunguling menggunakan LCA
2. Apa saja alternatif solusi yang dapat digunakan untuk mengureangi dampak terhadap lingkungan pada IPA Kedunguling menggunakan AHP

Metode

Life Cycle
Assessment
(LCA)



Digunakan untuk mengidentifikasi dampak terhadap lingkungan pada serangkaian proses pengolahan air yang dihasilkan IPA Kedunguling



Goal and Scope, Life Cycle Inventory (LCI), Life Cycle Impact Assessment (LCIA), Interpretation

Analytical
Hierarchy
Process (AHP)



Digunakan untuk mencari alternatif solusi yang dapat digunakan untuk mengureangi dampak terhadap lingkungan pada IPA Kedunguling

Hasil

Data kualitas air baku berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

No	Parameter	Unit	Standar kualitas	Okt-23	Nov-23	Des-23
1	COD	mg/L	10	35	33	31
2	Iron	mg/L	0,3	0,74	0,52	0,97
3	Ammonia	mg/L	0,5	0,05	0,15	0,2
4	Chlorine	mg/L	0,03	0	0	0
5	pH	-	6-9	6,5	7,1	7,3
6	Tds	mg/L	1000	139	125	98
7	Seng	mg/L	0,05	0,02	0,028	0,001
8	Sulfat	mg/L	400	41	49	28
9	TSS	mg/L	50	22,6	22,7	22,1

Hasil

Data kualitas air tiap unit

No	Parameter	Unit	koagulasi		flokulasi		sedimentasi	
			inlet	outlet	inlet	outlet	inlet	outlet
1	Chlorine	mg/L	3,4	2,1	2	1,8	2,4	3
2	Seng	mg/L	2,4	2,7	1,4	1,3	2,2	2,5
3	TDS	mg/L	51,9	56	30,1	25,3	54	57
4	Turbidity	NTU	84,3	121	57	41	98	102
5	COD	mg/L	22,1	16	15,3	14,2	14,5	17,6

Pembahasan

Life Cycle Assessment

1. Goal and Scope – goal yang dicapai yaitu mengidentifikasi dampak lingkungan IPA Kedunguling terutama pada faktor penggunaan bahan kimia dan energi Listrik. Air yang digunakan yaitu air yang masuk proses koagulasi hingga sedimentasi
2. Life Cycle Inventory (LCI)

Normalisasi data input
koagulasi

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kuantitas air proses Koagulasi}}{\text{Produk akhir air pada proses sedimentasi}} \\ &= \frac{650.587 \text{ m}^3}{610.028 \text{ m}^3} \\ &= 1,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Normalisasi data input
soda ash

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kuantitas soda ash}}{\text{Produk akhir air pada proses sedimentasi}} \\ &= \frac{4700 \text{ kg}}{610.028 \text{ m}^3} \\ &= 0,008 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

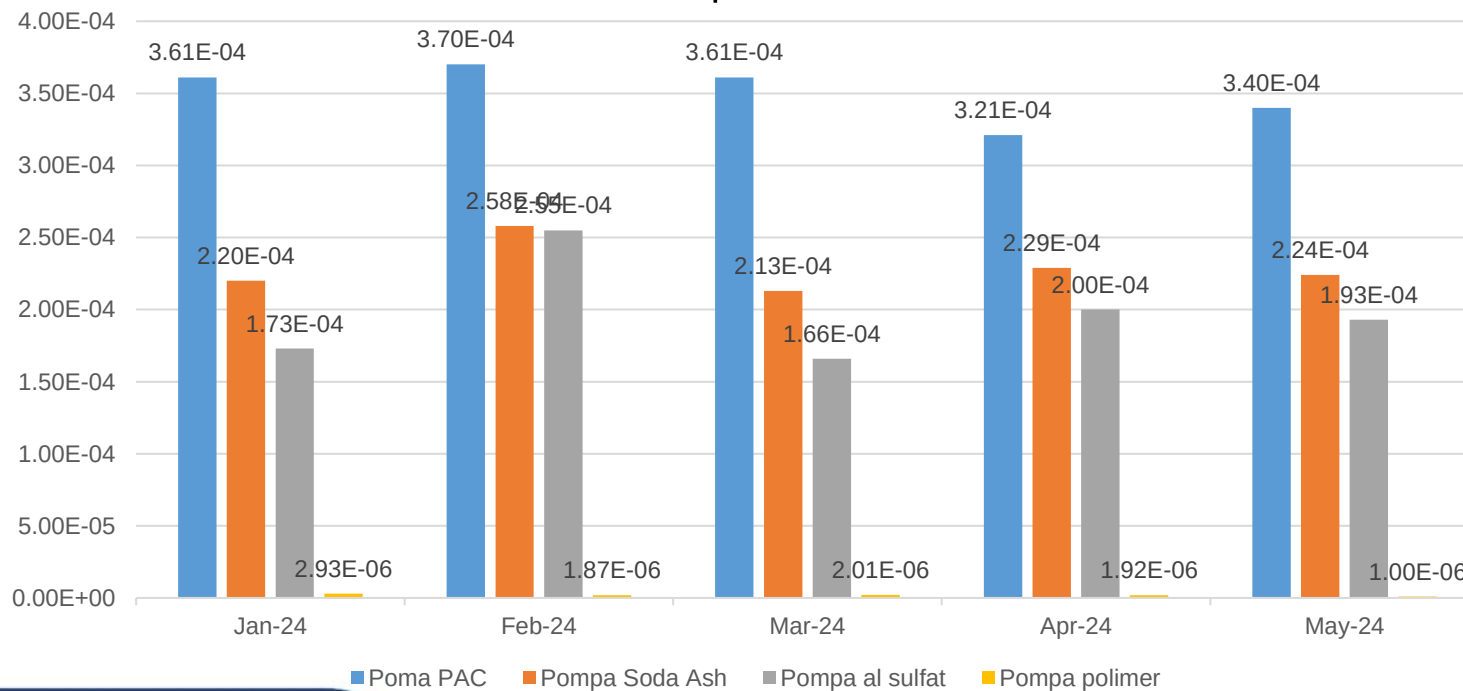
Normalisasi data
energi listrik

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Energi listrik yang digunakan pada pompa soda ash}}{\text{Produk akhir air pada proses sedimentasi}} \\ &= \frac{186 \text{ kWh}}{610.028 \text{ m}^3} \\ &= 0,0003 \text{ kWh/m}^3 \end{aligned}$$

Pembahasan

- Life Cycle Impact Assessment (LCIA) – identifikasi Global Warming Potential (GWP) dan Eutrofikasi. GWP menggunakan hubungan antara penggunaan listrik dan CO₂, CH₄ serta N₂O

Perhitungan GWP
PLN tiap bulan



Penggunaan energi listrik pada penambahan POC memiliki kontribusi paling tinggi pada GWP karena memerlukan energi listrik yang cuup besar untuk inject dan mixing yang cukup lama

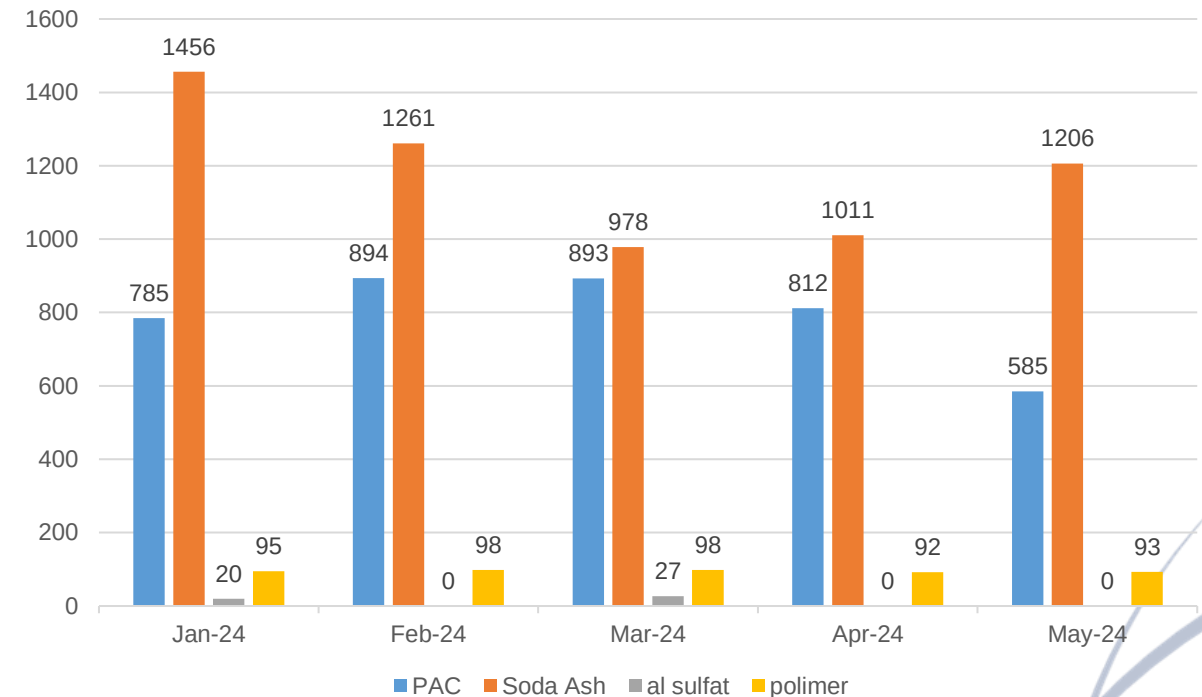
Pembahasan

Faktor emisi bahan kimia yang berkontribusi pada GWP



Akumulasi GWP berdasarkan emisi penggunaan bahan kimia

Bahan kimia	EF	Satuan
Aluminium sulfat	0,395	Kg CO2-eq/g Alum sulfat
PAC	0,131	Kg CO2-eq/g PAC
Soda Ash	0,059	Kg CO2-eq/g soda ash
Polymer	0,015	Kg CO2-eq/g polimer



Penggunaan alumunium sulfat memiliki kontribusi terhadap global warming tertinggi dengan EF 0,395

Pembahasan

Faktor emisi parameter
BOD dan COD

Material	Faktor Emisi	Satuan	Sumber
BOD	0,48	Kg CH ₄ /kg BOD	IPCC, 2006
COD	0,25	Kg CH ₄ /kg COD	IPCC, 2006

Dampak GWP berdasarkan tiap
gate proses

	Total
Koagulasi	5013 kg CO ₂ -eq
Flokulasi	71244,1 kg CO₂-eq
Sedimentasi	2935,36 kg CO ₂ -eq
TOTAL	79192,46 kg CO₂-eq

Hasil GWP berdasarkan
kandungan BOD dan COD

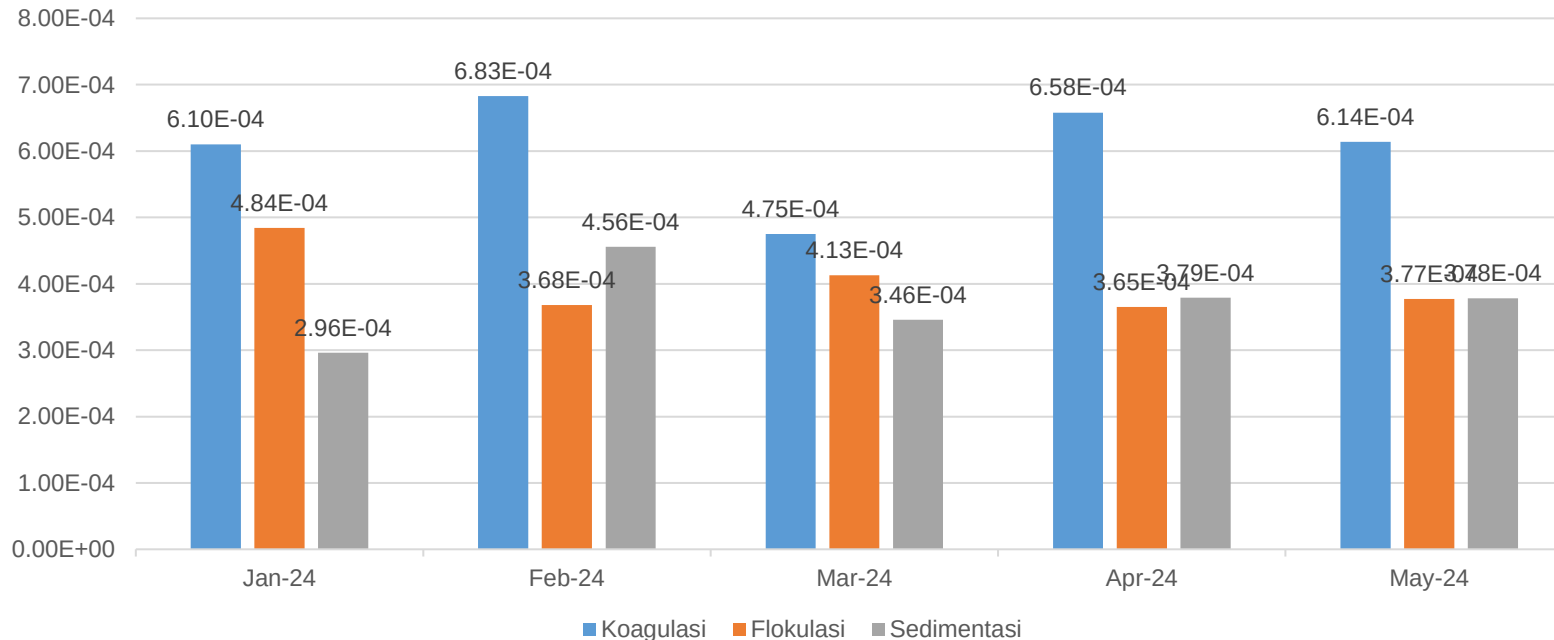
	COD (kg CO ₂ -eq)	BOD (kg CO ₂ -eq)	Total (kg CO ₂ -eq)
Koagulasi	4277,5	2241,5	6519
Flokulasi	15374,2	55869,9	71244,1
Sedimentasi	2151,9	783,46	2935,36

Berdasarkan hasil perhitungan, proses flokulasi berkontribusi paling besar pada GWP dengan total emisi sebesar 71244,1 kg CO₂-eq

Proses flokulasi memberikan dampak global warming paling besar berdasarkan energi listrik yang digunakan maupun bahan kimia yang dihasilkan

Pembahasan

Eutrofikasi berdasarkan COD



Hasil eutrofikasi berdasarkan parameter COD

Gate proses	Total (kg CO2-eq)
Koagulasi	3,04E-03
Flokulasi	2,01E-03
Sedimentasi	1,86E-03

Berdasarkan perhitungan eutrofikasi parameter COD, pada proses koagulasi memberikan dampak terbesar selama 5 bulan pengamatan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa limbah lumpur belum dikelola dengan baik

Pembahasan

4. Interpretation

Interpretasi data menghubungkan dampak yang telah dianalisis pada proses LCIA dengan tujuan dan ruang lingkupnya. Proses flokulasi memberikan dampak lingkungan paling besar karena banyaknya flok yang dihasilkan. Flok tersebut masih mengandung bahan kimia sisa proses pengolahan air serta energi listrik yang digunakan cukup tinggi. Proses flokulasi berdampak pada global warming tertinggi dengan emisi sebesar 71244,1 kg CO₂-eq. Berdasarkan eutrofikasi, proses sedimentasi memberikan dampak terbesar yaitu 1,86E-03 kg CO₂-eq. Hal tersebut dikarenakan limbah lumpur akhir proses sedimentasi belum diolah secara maksimal sebelum dibuang ke sungai

Pembahasan

Penentuan Alternatif

Penentuan alternatif untuk meminimalisasi dampak lingkungan pada instalasi pengolahan air diberikan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Brainstorming pemberian alternatif dilakukan bersama 2 expert, yaitu kepala laboratorium dan kepala teknisi proses. Selanjutnya diranking menggunakan software expert choice untuk mengetahui alternatif terbaik

Combined instance -- Synthesis with respect to:
Goal: Mengurangi dampak lingkungan pada IPA Kedunguling
Overall Inconsistency = ,02



pengolahan sludge sebelum dibuang ke sungai merupakan alternatif terbaik dengan persentase sebesar 42%

Hasil perankingan tersebut menunjukkan bahwa instalasi pengolahan air (IPA) kedunguling perlu memprioritaskan pengolahan sludge (lumpur) sebelum dibuang ke sungan untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan saat proses pengolahan air

Temuan Penting Penelitian

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling memberikan dampak pada lingkungan. Berdasarkan analisa menggunakan LCA, diketahui proses flokulasi pada pengolahan air memberikan kontribusi terbesar pada global warming potential (GWP) dengan emisi sebesar 71244,1 kg CO₂-eq. Hal tersebut dikarenakan pada proses flokulasi menghasilkan lumpur dengan kandungan bahan kimia yang masih banyak dan membutuhkan energi listrik yang besar. Berdasarkan eutrofikasi, proses sedimentasi memberikan dampak paling besar yaitu sebesar 1,86E-03 kg CO₂-eq. Hal tersebut dikarenakan lumpur (sludge) yang dibuang ke sungai belum diolah secara maksimal.

Alternatif yang diberikan berdasarkan dampak lingkungan hasil analisa menggunakan LCA diranking menggunakan software expert choice. Hasil perangkingan didapatkan paling tinggi yaitu pengolahan sludge sebelum dibuang ke sungai sebesar 42%. IPA Kedunguling perlu berfokus pada alternatif pengolahan sludge sebelum dibuang ke sungai agar kandungan bahan kimia yang masih tertinggal di lumpur dapat dihilangkan serta dapat mengurangi emisi GWP serta eutrofikasi yang disumbangkan pada proses pengolahan air

Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada perusahaan mengenai dampak yang terjadi pada proses pengolahan air di IPA Kedunguling
2. Memberikan solusi berupa alternatif dalam mereduksi emisi berdasarkan dari hasil analisa LCA
3. Sebagai bahan evaluasi perusahaan dalam menganalisis aktivitas proses produksi yang ramah lingkungan

Referensi

1. M. Y. I. Haikal, A. H. Andriawan, and R. S. Widagdo, “Analisa Harmonisasi Pada Water Treatment Plant di PDAM Delta Tirta Sidoarjo IPA Kedunguling,” *Pros. Senakama*, vol. 1, no. 1, pp. 493–500, 2022.
2. A. R. Al Khakim and A. Purnomo, “Kajian Efisiensi Proses dan Operasi Unit Filter pada Instalasi IPA Paket Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo,” *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 1, pp. 10–15, 2014.
3. G. A. Nurbaiti, T. A. Rachmanto, and A. U. Farahdiba, “Life Cycle Assessment (Lca) Sebagai Metode Kajian Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Bersih Di Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Siwalanpanji,” *EnviroUS*, vol. 2, no. 2, pp. 21–27, 2022, doi: 10.33005/enviroUS.v2i2.102.
4. D. Y. Irawati and D. Andrian, “Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA),” *J. Tek. Ind.*, vol. 19, no. 2, pp. 166–177, 2018, doi:10.22219/jtiumm.vol19.no2.166-177.
5. F. P. E. Riyanty and H. Indarjanto, “Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA),” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 2, pp. 86–90, 2015, [Online]. Available: <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/11441%0Ahttps://ejurnal.its.ac.id>
6. G. A. Nurbaiti, T. A. Rachmanto, and A. U. Farahdiba, “Implementasi Life Cycle Assessment ‘Gate-to-Gate’ Pada Proses Pengolahan Air Bersih,” *ESEC Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–36, 2021.
7. R. A. Ula, A. Prasetya, and I. Haryanto, “Life Cycle Assessment (LCA) Pengelolaan Sampah di TPA Gunung Panggung Kabupaten Tuban, Jawa Timur,” *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 22, no. 2, pp. 147–161, 2021, doi: 10.29122/jtl.v22i2.4690.
8. A. S. R. Sinaga and J. Purba, “Penentuan Karyawan Lembur Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp),” *J. Inkofar*, vol. 1, no. 2, pp. 40–50, 2019, doi: 10.46846/jurnalinkofar.v1i2.67.
9. A. E. Munthafa and H. Mubarak, “Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Mahasiswa Berprestasi,” *J. Siliwangi*, vol. 3, no. 2, pp. 192–201, 2017.
10. A. D. Astuti, “Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (Lca),” *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 15, no. 1, pp. 51–64, 2019, doi: 10.33658/jl.v15i1.127.

Referensi

11. F. Hidayat, "Kajian Dampak Proses Produksi BBM Di PT X Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA)," *Environ. Sci. Eng. Conf.*, vol. 4, no. 1, pp. 135–140, 2023, doi: 10.1139/I91-019.
12. M. E. A. Bagaswara and Y. Hadi, "Analisis dan Rekayasa Proses Produksi Untuk Mengendalikan Environmental Impact Menggunakan Metode LCA," *J. METRIS*, vol. 18, no. 2, pp. 95–104, 2017.
13. S. A. Zuhria, N. S. Indrasti, and M. Yani, "Kajian Dampak Lingkungan Produk tepung Agar Menggunakan Metode Life Cycle Assessment(LCA)," *J. Teknol. Ind. Pertanian*, vol. 31, no. 3, pp. 343–355, 2021, [Online].Available: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin>
14. Y. Arba, I. Syahtaria, and S. Thamrin, "Journal Review: Perbandingan Pemodelan Perangkat Lunak Life Cycle Assesstment (Lca) Untuk Teknologi Energi," *Citiz. J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 300–309, 2022, doi: 10.53866/jimi.v2i2.75.
15. D. S. Giandadewi, P. Andarani, and W. D. Nugraha, "Potensi Dampak Lingkungan Dalam Sistem Produksi Minyak Kelapa Sawit Mentah (Crude Palm Oil-CPO) Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (Eco-Indikator 99)," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2017.
16. H. A. Septilia and Styawati, "Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Dana Bantuan Menggunakan Metode Ahp," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 34–41, 2020, doi: 10.33365/jtsi.v1i2.369.
17. Z. Azhar and M. Handayani, "Analisis Faktor Prioritas Dalam Pemilihan Perumahan Kpr Menggunakan Metode Ahp," *J. Manaj. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 19–22, 2018, doi: 10.36595/misi.v1i2.38.
18. I.B Kartikasari and R.I.B. Santoso, "IMPACT OF DRINKING WATER TREATMENT PROCESS USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) TO MINIMIZE ENVIRONMENTAL IMPACT RISK," *Journal of Social Research*, vol. 2, no. 9, pp. 3218-3230, 2023.
19. D. Kyung, D. Kim., N. Park, and W. Lee, "Estimation of CO2 emission from water treatment plant - Model development and application," *Journal of Environmental Management*, vol. 131, pp. 74-81, 2013.
20. Winnipeg.ca, "Emission factors in kg CO2-equivalent per unit." https://legacy.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-012/6822012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix7.pdf
21. C. Chai, D. Zhang, Y. Yu, Y. Feng, and M.S. Wong, "Carbon footprint analyses of mainstream wastewater treatment technologies under different sludge treatment scenariosin China," *Water (Switzerland)*, vol. 7, no. 3, pp. 918-938, 2015.

