



Perkiraan Potensi Dampak Lingkungan Menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)* pada Pengolahan Air Bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim

Naba Khoiru Annisaa*, Yusrianti, Sulistiya Nengse

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Email Korespondensi: nabakhrannisa21@gmail.com

Diterima: 14 Juli 2022

Disetujui: 24 Oktober 2022

Diterbitkan: 31 Oktober 2022

Kata Kunci:

Penilaian Daur Hidup, Instalasi Pengolahan Air, Dampak Lingkungan

ABSTRAK

Analisis dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dilakukan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*. Untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitar, maka IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim membangun instalasi pengolahan air yang baru serta dengan sistem yang baru pula yaitu sistem *scada* atau otomatis, sehingga energi listrik yang digunakan lebih besar dari pengolahan air bersih pada umumnya. Potensi dampak lingkungan dianalisis dengan menggunakan *software* Simapro 9.3, dengan menggunakan metode pendekatan yaitu metode *CML-IA Baseline*. Dampak lingkungan tertinggi akibat adanya pengolahan air bersih di IPA Gedek yaitu *global warming* dengan nilai sebesar $9,17 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq. Dampak lingkungan kedua yaitu *freshwater aquatic ecotoxicity* dengan nilai sebesar $6,6 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq. *Human Toxicity* menjadi dampak ketiga dalam penelitian ini dengan nilai sebesar $4,56 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq. Hasil analisis dampak lingkungan tersebut disebabkan oleh penggunaan bahan kimia, bahan baku dan energi listrik selama proses pengolahan air bersih berlangsung.

Received: 14 July 2022

Accepted: 24 October 2022

Published: 31 October 2022

Keywords:

Life Cycle Assessment, Water Treatment Plant, Environmental Impact

ABSTRACT

*Environmental impact analysis caused by the clean water treatment process at IPA Gedek PT. Clean Water for East Java is carried out using the Life Cycle Assessment (LCA) method. To meet the water needs of the surrounding community, IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim built a new water treatment plant and a new system, namely the *scada* or automatic system, so that the electrical energy used is greater than clean water treatment in general. The potential environmental impacts were analyzed using Simapro 9.3 software, using an approach method, namely the *CML-IA Baseline* method. The highest environmental impact due to clean water treatment at IPA Gedek is global warming with a value of 9.17×10^6 kg 1.4-DB eq. The second environmental impact is freshwater ecotoxicity with a value of 6.6×10^6 kg 1.4-DB eq. Human Toxicity became the third impact in this study with an amount of 4.56×10^6 kg 1.4-DB eq. The results of the environmental impact analysis are caused by the use of chemicals, raw materials and electrical energy during the clean water treatment process.*

1. PENDAHULUAN

Penduduk di Indonesia setiap tahun bertambah, begitu pula dengan kebutuhan yang harus mereka penuhi. Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat, sirkulasi pengolahan air yang dilakukan semakin sering dan hal tersebut mengakibatkan bertambahnya limbah yang ditimbulkan ke lingkungan (Nurbaiti, 2021). Selain itu, pemerintah dapat bekerja sama dengan pihak swasta dalam memproduksi air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat.

PT. Air Bersih Jatim merupakan salah satu perusahaan pengolahan air bersih yang bekerjasama dengan pemerintah daerah Jawa Timur untuk memproduksi air bersih. PT. Air Bersih Jatim ini memiliki tiga unit SPAM yaitu Unit SPAM Mojolagres-Mojokerto, Unit SPAM Pier-Pasuruan, dan Unit SPAM Umbulan-Pasuruan. Sedangkan untuk penelitian ini dilakukan di PT. Air Bersih Jatim Unit SPAM Mojolagres-Mojokerto atau IPA Gedek. IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim memiliki sistem baru dalam pengolahannya yakni sistem otomatis atau *scada* dengan debit air sebesar 150 liter/detik, sehingga debit air menjadi 200 liter/detik. Dengan

meningkatnya proses pengolahan air maka meningkat pula dampak lingkungan yang disebabkan. Pengolahan air menimbulkan dampak lingkungan yang secara umum disebabkan oleh salah satu proses yaitu pada proses penghilangan kotoran dalam sumber air yang digunakan (Irawati & Andrian, 2018). Dan apabila debit air bertambah maka bahan kimia yang digunakan akan bertambah pula, hal tersebut membuat dampak terhadap lingkungan menjadi lebih besar (Andrian & Irawati, 2019).

Scada (*Supervisory Control And Data Aquisition*) merupakan sebuah sistem pengendalian alat yang dapat dilakukan dari jarak jauh dengan memantau data-data berasal dari alat yang sedang dikendalikan. Scada adalah sistem pengakuisisian dari sebuah data yang digunakan untuk mengontrol suatu objek (Pratama & Parinduri, 2019). Penggunaan sistem scada dalam pengolahan air membutuhkan energi listrik yang lebih besar. Hal tersebut karena dalam pemantauan serta pengoperasian, pengolahan dilakukan secara otomatis seperti membuka serta menutup pompa dan pengecekan parameter. Pemantauan pada setiap unit proses dilakukan melalui monitor sehingga memudahkan petugas untuk mengetahui apabila terjadi kerusakan pada pipa, pompa atau komponen lainnya di unit proses. Penggunaan listrik yang berlebih pun dapat menghasilkan dampak lingkungan, karena pembakaran bahan bakar yang digunakan dalam penyediaan listrik menghasilkan gas CO₂ sebagai salah satu kontributor penyebab terjadinya *global warming* (Karnaningroem & Anggraeni, 2021). Namun dengan menggunakan sistem scada pada pengolahan air bersih, pengolahan menjadi lebih efisien dan efektif karena sistem scada memiliki sistem kontrolnya (R. P. Utami & Radityaningrum, 2021).

Proses pengolahan air bersih pun memiliki dampak lingkungan yang berasal dari bahan kimia dan energi listrik yang digunakan. Bahan kimia yang digunakan yaitu PAC sebagai koagulan dan gas klor sebagai desinfektan. PAC sebagai koagulan diberikan pada unit koagulasi untuk mengikat partikel sehingga memudahkan pengendapan partikel. Sedangkan gas klor digunakan sebagai bahan desinfektan untuk menjaga kualitas air hingga sampai ke konsumen. Penggunaan bahan-bahan kimia pada pengolahan air menjadi kontributor terbesar kedua terhadap dampak lingkungan (Vince et al., 2008). Untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi dari suatu proses produksi dapat dilakukan dengan beberapa metode dan salah satunya yaitu metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

Life Cycle Assessment (LCA) adalah salah satu metode yang digunakan dalam menghitung serta menganalisis dampak lingkungan dari suatu proses (Nurbaiti, 2021). Data input yang digunakan yaitu sumber daya atau bahan baku yang digunakan selama berlangsungnya proses tersebut. Sedangkan untuk data keluaran dari bahan baku atau material yang digunakan disebut dengan data output (Lolo et al., 2021). Hasil dari analisis dampak lingkungan dengan menggunakan LCA ini yaitu untuk mengevaluasi bahan baku atau material yang digunakan agar dapat meminimalisir limbah yang berdampak pada lingkungan (Fitriani, 2019).

2. METODE

Life Cycle Assessment merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui dampak lingkungan yang terjadi akibat dari sebuah kegiatan atau produksi (Zulfikar & Prasetyawan, 2016). *Software* yang membantu untuk menganalisis dampak lingkungan tersebut yakni *software* Simapro. Pada penelitian ini *software* Simapro yang digunakan yaitu Simapro 9.3 atau Simapro dengan versi terbaru. *Database* yang dibutuhkan untuk diinput ke Simapro yaitu penggunaan dari bahan kimia serta bahan baku dan kebutuhan energi listrik yang digunakan selama proses pengolahan air.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder meliputi data debit inlet dan outlet IPA, data dosis bahan kimia yang digunakan, data kebutuhan energi listrik, data limbah yang dikeluarkan seperti lumpur, dan karakteristik dari air baku maupun air olahan setiap unit. Sedangkan untuk data primer pada penelitian ini meliputi data hasil analisis LCA dengan menggunakan *software* Simapro, yang hasilnya kemudian dapat dikaji untuk menemukan sumber penyebab terjadinya dampak lingkungan tersebut.

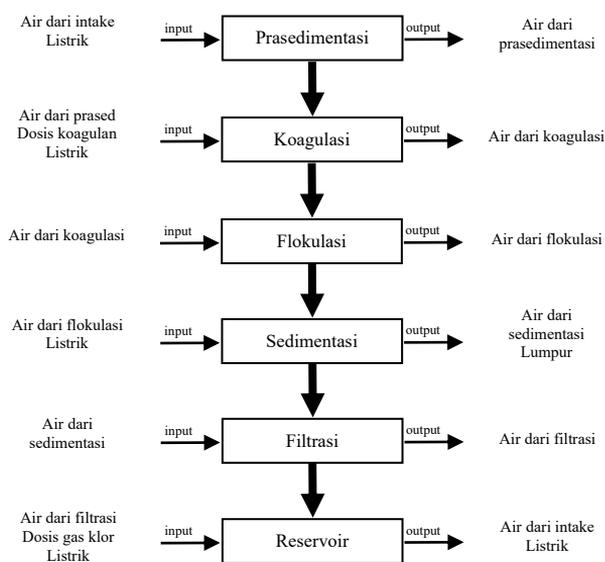
Penginputan data dilakukan setelah pengumpulan data sekunder dari IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim, kemudian dilakukan pemilihan metode. Pemilihan metode disesuaikan berdasarkan objek penelitian dan dampak lingkungan yang akan dianalisis. Pada penelitian ini metode pendekatan dalam menganalisis dampak lingkungan menggunakan metode CML-IA *Baseline*. Kategori dampak lingkungan yang ada didalam CML-IA *Baseline* adalah *Abiotic Depletion*, *Abiotic Depletion (fossil fuel)*, *Global Warming*, *Ozone Layer Depletion*, *Human Toxicity*, *Fresh Water Aquatic Ecotoxicity*, *Marine Aquatic Ecotoxicity*, *Terrestrial Ecotoxicity*, *Photochemical Oxidation*, *Acidification*, dan *Eutrophication* (Menoufi, 2011). Sedangkan dalam penelitian ini, kategori dampak lingkungan yang dianalisis ada 3 yaitu *freshwater aquatic ecotoxicity*, *eutrophication*, dan *global warming*.

Dampak *fresh water aquatic ecotoxicity* merupakan dampak lingkungan yang disebabkan oleh emisi zat beracun yang masuk ke air, tanah maupun udara terhadap air tawar beserta ekosistemnya (Singh et al., 2018). Sedangkan, dampak *eutrophication* merupakan dampak lingkungan yang terjadi karena penggunaan bahan-bahan kimia seperti nitrogen oksida, fosfor, nitrat, maupun nitrogen yang masuk ke dalam air (Putri, S. N., 2018). Dampak *global warming* merupakan efek dari meningkatnya suhu bumi akibat penggunaan listrik (Putri, H. P., 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan sistem *scada* memiliki debit 150 liter/detik. Unit pengolahan di IPA Gedek yaitu intake, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Namun pada unit intake tidak berada di kawasan IPA Gedek, melainkan berada di dekat sungai berantas yang menjadi air baku pada proses pengolahan air bersih. Bangunan pengolahan air yang berada di IPA Gedek ini dilengkapi dengan ruang dosis yang berisi bahan kimia serta *mixer* yang digunakan untuk mencampurkan bahan kimia dengan air. Gambar 1

merupakan gambar dari alur proses pengolahan air yang dilengkapi dengan *input* serta *output* dari setiap proses pengolahannya.



Gambar 1. Alur Pengolahan Air Bersih

Energi listrik yang dibutuhkan setiap unit tentu berbeda tergantung dari peralatan yang digunakan, seperti pompa, *mixer*, *blower*, *compressor*, dan parameter digital yang digunakan. Sedangkan untuk bahan kimia yang digunakan yaitu *Polyaluminium Chloride* (PAC) sebagai bahan koagulan dan gas klor sebagai bahan desinfektan. PAC berperan sebagai bahan koagulan pada unit koagulasi, dosis pada PAC yang digunakan setiap harinya yaitu 28,17 mg/liter. Penggunaan PAC bertujuan untuk mengurangi kekeruhan pada air dengan mengikat partikel-partikel didalam air. Selain PAC, bahan kimia yang digunakan yaitu gas klor sebagai bahan desinfektan yang diberikan pada unit reservoir. Gas klor dibutuhkan guna untuk menjaga kualitas air yang telah diproses hingga didistribusikan ke konsumen.

Tahapan dalam menganalisis dampak lingkungan dengan *Life Cycle Assessment* (LCA) yaitu tahap *goal and scope*, tahap *Life Cycle Inventory* (LCI), tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), dan tahap interpretasi dampak. Tahap pertama yakni tahap penentuan *goal* yang bertujuan agar tujuan dari penelitian dapat tercapai, dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak lingkungan akibat dari adanya proses pengolahan air bersih. Selain tujuan, tahapan ini juga menentukan batasan penelitian sehingga penelitian serta analisis yang dilakukan sesuai dengan ruang lingkup penelitiannya. *Scope* atau batasan penelitian pada penelitian ini yaitu *gate to gate* yang artinya analisis yang dilakukan pada penelitian ini mencakup proses produksi saja.

Tahap pengumpulan data atau *Life Cycle Inventory* (LCA) adalah tahap pengumpulan *database* yang selanjutnya dapat diinput dan dianalisis dengan *software* Simapro. Data yang dibutuhkan yaitu data debit inlet dan outlet IPA, data dosis bahan kimia yang digunakan, data kebutuhan energi listrik, data limbah yang dikeluarkan seperti lumpur, dan karakteristik dari air baku maupun air olahan setiap unit. Kemudian dilakukan penyetaraan satuan dari setiap data, dan

satuan yang digunakan yaitu kg/liter. Dan data yang digunakan pada penelitian ini merupakan keseluruhan data IPA selama satu tahun pada tahun 2021. Kemudian penginputan *database* dilakukan pada bagian *process* dan *product stage*, dan sebelum menganalisis dampak lingkungan maka dilakukan pemilihan metode.

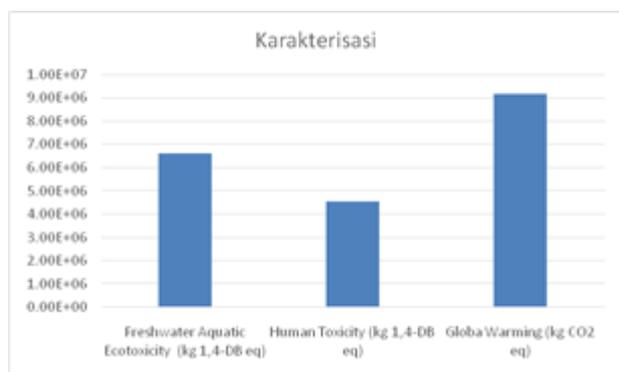
Tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) merupakan tahap klasifikasi dan penilaian dampak lingkungan dapat dianalisis sesuai dengan *database* yang telah diinput sebelumnya. Hasil dari pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan metode CML-IA *Baseline* pada Simapro menghasilkan tiga *assessment* yakni *network*, *characterization*, dan *normalization*. Pada *network* menunjukkan bahwa adanya hubungan antara proses produksi yang dilakukan dengan potensi terjadinya dampak lingkungan. Tabel 1 merupakan nilai *characterization* pengolahan air pada IPA Gedek dengan sistem *scada*.

Tabel 1. *Characterization*

Unit	Freshwater Aquatic Ecotoxicity (kg 1,4-DB eq)	Human Toxicity (kg 1,4-DB eq)	Globa Warming (kg CO ₂ eq)
Prasedimentasi	$6,28 \times 10^5$	4.05×10^5	$1,09 \times 10^6$
Koagulasi	$1,01 \times 10^6$	7.12×10^5	$1,29 \times 10^6$
Flokulasi	$1,01 \times 10^6$	7.12×10^5	$1,29 \times 10^6$
Sedimentasi	$1,02 \times 10^6$	7.22×10^5	$1,32 \times 10^6$
Filtrasi	$1,45 \times 10^6$	1×10^6	$2,07 \times 10^6$
Reservoir	$1,47 \times 10^6$	1.01×10^6	$2,1 \times 10^6$
Total	$6,6 \times 10^6$	4.56×10^6	$9,17 \times 10^6$

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Pada tahap *characterization* atau karakterisasi, nilai kategori dampak tertinggi yaitu pada dampak *global warming* dengan nilai total $9,17 \times 10^6$ kg CO₂ eq. Dampak tertinggi kedua yaitu *freshwater aquatic ecotoxicity* dengan nilai dampak $6,6 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq, dan dampak tertinggi ketiga yaitu *human toxicity* dengan nilai $4,56 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq. Pada nilai tertinggi dari setiap dampak lingkungan berada pada unit reservoir. Unit reservoir merupakan unit terakhir dalam proses pengolahan air bersih sebelumnya dilakukan pendistribusian kepada konsumen. Pada unit reservoir dilakukan penambahan desinfektan berupa gas klor yang berguna untuk menjaga kualitas air bersih hingga sampai ke konsumen. Selain itu, penggunaan energi listrik pun tidak kecil karena membutuhkan pompa pendistribusian dengan tenaga yang lebih besar untuk sampai ke titik pelayanan terjauh. Energi listrik yang dibutuhkan bukan hanya untuk pompa, tetapi juga untuk alat parameter digital. Mengingat sistem pada pengolahan air bersih ini menggunakan sistem otomatis, sehingga untuk membuka dan menutup pompa dilakukan secara otomatis dengan menggunakan monitor sebagai pusat pengoperasian dan pemantauan. Agar lebih mudah dalam melihat perbedaan setiap dampak, maka Gambar 2 menyajikan nilai *characterization* dalam bentuk grafik.



Gambar 2. Nilai Karakterisasi

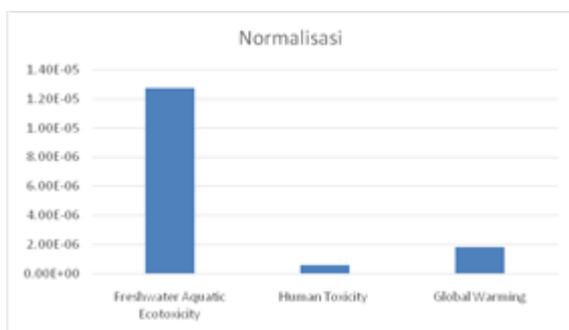
Setelah *characterization*, terdapat nilai *normalization* yang merupakan nilai dari penyetaraan satuan dari setiap dampak dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Normalization

Unit	Freshwater Aquatic Ecotoxicity	Human Toxicity	Global Warming
Prasedimentasi	1,21 x 10 ⁻⁶	5.23 x 10 ⁻⁸	2,17 x 10 ⁻⁷
Koagulasi	1,95 x 10 ⁻⁶	9.18 x 10 ⁻⁸	2,57 x 10 ⁻⁷
Flokulasi	1,95 x 10 ⁻⁶	9.18 x 10 ⁻⁸	2,57 x 10 ⁻⁷
Sedimentasi	1,98 x 10 ⁻⁶	9.32 x 10 ⁻⁸	2,63 x 10 ⁻⁷
Filtrasi	2,81 x 10 ⁻⁶	1.29 x 10 ⁻⁷	4,12 x 10 ⁻⁷
Reservoir	2,84 x 10 ⁻⁶	1.31 x 10 ⁻⁷	4,18 x 10 ⁻⁷
Total	1,27 x 10⁻⁵	5.89 x 10⁻⁷	1,82 x 10⁻⁶

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tahap *normalization* merupakan tahap perhitungan terakhir apabila dalam menganalisisnya menggunakan metode CML-IA *Baseline*. Nilai tertinggi tahapan *normalization* yaitu pada dampak lingkungan *freshwater aquatic ecotoxicity*. Dampak tersebut memiliki nilai total 1,27 x 10⁻⁵ dan menjadi nilai dampak tertinggi diantara yang dampak lainnya. Sedangkan dampak *eutrophication* memiliki total nilai dampak sebesar 2,39 x 10⁻⁶. Dan *global warming* memiliki nilai dampak terendah dari dampak sebelumnya, nilai dampak tersebut sebesar 1,82 x 10⁻⁶. Agar lebih mudah dalam memahami, Gambar 3 menyajikan nilai *normalization* dalam bentuk grafik.



Gambar 3. Nilai Normalisasi

Setiap dampak lingkungan yang timbul, tentu memiliki kontributor atau zat maupun senyawa yang berkontribusi

sehingga terjadilah dampak tersebut. Pada Tabel 3 dapat dilihat kontributor *carbon dioxide* terhadap dampak *global warming*.

Tabel 3. Nilai Karbon Dioksida

Proses	Karbon Dioksida (kg CO ₂ eq)
Prasedimentasi	1,09 x 10 ⁶
Koagulasi	1,26 x 10 ⁶
Flokulasi	1,26 x 10 ⁶
Sedimentasi	1,29 x 10 ⁶
Filtrasi	2,02 x 10 ⁶
Reservoir	2,05 x 10 ⁶
Total	8,95 x 10⁶

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Energi listrik yang digunakan pada proses pengolahan air bersih dengan bahan bakar fosil, sehingga salah satu emisi yang dihasilkan berupa karbon dioksida. Karbon dioksida merupakan salah satu kontributor terjadinya potensi pemanasan global, dan pembakaran bahan bakar fosil adalah salah satu sumber penghasil karbon dioksida (Pratama & Parinduri, 2019). Dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat emisi karbon dioksida yang tersebar di udara adalah *global warming*. Pada proses pengolahan air bersih, kegiatan pengoperasian dan pemantauan pada unit pengolahan air membutuhkan energi listrik. Sehingga nilai karbon dioksida tertinggi dihasilkan oleh unit reservoir dengan nilai sebesar 9,71 x 10²⁴ kg CO₂ eq. Pada Tabel 4 dapat dilihat kontributor nikel terhadap dampak *freshwater aquatic ecotoxicity*.

Tabel 4. Nilai Nikel

Proses	Nikel (kg 1,4-DB eq)
Prasedimentasi	3,06 x 10 ⁵
Koagulasi	3,33 x 10 ⁵
Flokulasi	3,33 x 10 ⁵
Sedimentasi	3,41 x 10 ⁵
Filtrasi	5,51 x 10 ⁵
Reservoir	5,59 x 10 ⁵
Total	2,42 x 10⁶

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Freshwater aquatic ecotoxicity berhubungan dengan sumber air baku yang digunakan pada pengolahan air bersih. Sumber air baku yang digunakan yaitu air sungai brantas, namun dalam penginputan data ke Simapro harus sesuai dengan negara yang menjadi tempat penelitian. Air sungai di Indonesia sebagian besar telah tercemar akibat dari pembuangan limbah secara langsung tanpa melewati pengolahan. Perairan sungai di Indonesia terdapat senyawa logam berat seperti nikel, besi, seng, mangan, timbal, tembaga, dan logam berat lainnya. Berdasarkan toksikologi,

logam berat nikel merupakan jenis logam berat esensial yang artinya logam berat tersebut dibutuhkan dalam jumlah tertentu. Namun, apabila jumlah tersebut melebihi ketentuan maka akan menimbulkan efek racun. Kini sebagian besar sungai di Indonesia mengandung nikel (Yudo, 2018). Sumber utama nikel dapat masuk ke perairan yakni karena adanya kegiatan pertambangan seperti kegiatan penggalian batu bara, pencucian hingga penyimpanannya yang digunakan sebagai bahan baku pada pembangkit listrik (Rianta, 2022). Kegiatan tersebut dapat menghasilkan debu yang mengandung nikel dan masuk ke dalam perairan, apabila perairan tersebut menjadi sumber air baku pengolahan air bersih maka dapat mempengaruhi kualitas air baku yang akan masuk ke pengolahan air bersih. Nilai tertinggi senyawa nikel sebagai kontributor berasal dari unit reservoir yaitu sebesar $4,47 \times 10^{25}$ kg 1,4-DB eq. Penyebab terjadi dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* pada proses pengolahan air bersih yaitu karena penggunaan listrik. Sehingga untuk mengurangi terjadinya dampak dapat dilakukan alternatif pada energi listrik seperti panel surya. Pada Tabel 5 dapat dilihat kontributor selenium terhadap dampak *human toxicity*.

Tabel 5. Nilai Selenium

Proses	Selenium (kg 1,4-DB eq)
Prasedimentasi	$1,78 \times 10^5$
Koagulasi	$2,12 \times 10^5$
Flokulasi	$2,12 \times 10^5$
Sedimentasi	$2,16 \times 10^5$
Filtrasi	$3,38 \times 10^5$
Reservoir	$3,43 \times 10^5$
Total	$1,5 \times 10^6$

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dampak *human toxicity* menjadi dampak tertinggi ketiga akibat proses pengolahan air bersih. Dampak tersebut terjadi karena penggunaan air baku dan penggunaan bahan kimia. Kontributor utama dari dampak *human toxicity* yaitu senyawa selenium yang dapat ditemukan di perairan sungai di Indonesia. Selenium yang masuk ke dalam perairan dapat disebabkan oleh erosi serta pelapukan batuan pada daerah pertanian. Selain itu, sumber utama dari selenium berasal dari kegiatan batubara seperti pada kegiatan pembuatan, pencucian, maupun penyimpanannya (Budiyanto, 2014). Total nilai dari senyawa selenium yang berada pada proses pengolahan air yaitu sebanyak $1,5 \times 10^6$ kg 1,4-DB eq. Selain selenium, kontributor dari kategori dampak *human toxicity* lainnya yaitu *chloroform* yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia. Penggunaan gas klor sebagai desinfektan yang ditambahkan ke air dapat membentuk asam kuat, sehingga menyebabkan penurunan pada pH air tersebut. Bahan alternatif lain yang dapat digunakan yaitu natrium hipoklorit, karena apabila dilakukan penambahan natrium hipoklorit ke air dapat menaikkan alkalinitas air, sehingga pH air akan lebih besar (Hanum, 2002). Selain baik untuk kualitas air, natrium hipoklorit juga merupakan salah satu desinfektan yang tidak bersifat toksik ataupun beracun untuk makhluk

hidup. Jenis desinfektan tersebut juga dapat dampak dari penipisan lapisan ozon (I. M. Utami, 2019).

Dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih dapat diminimalisir apabila dilakukan upaya perbaikan. Dengan adanya penelitian ini, dapat mengusulkan langkah selanjutnya dalam melakukan upaya perbaikan guna mencegah adanya potensi dampak. Saran serta usulan yang dapat diberikan yaitu diperlukannya penggantian jenis desinfektan yang digunakan yaitu dengan menggunakan natrium hipoklorit. Selain aman untuk kualitas air, desinfektan tersebut juga aman untuk makhluk hidup karena tidak bersifat toksik terhadap manusia.

Penggunaan energi listrik yang begitu besar sehingga dapat berpengaruh pada potensi pemanasan global. Selain terjadinya potensi pemanasan global, penggunaan energi listrik juga menghasilkan debu logam berat dari kegiatan pertambangan batu bara sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga fosil. Debu yang dihasilkan dapat masuk ke perairan yang dijadikan sumber air baku pengolahan air bersih, hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas dari air baku dan proses pengolahan air bersih itu sendiri. Sehingga yang dapat dilakukan yakni pengalihan sumber energi listrik misalnya dengan menggunakan *panel surya* yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik. Selain dapat mengurangi dampak lingkungan, penggunaan panel surya pun merupakan salah satu cara pemanfaatan panas matahari.

4. SIMPULAN

Dampak lingkungan tertinggi yang disebabkan oleh adanya proses pengolahan air bersih adalah *global warming* dengan senyawa karbon dioksida sebagai kontributor tertingginya. Faktor penyebab terjadinya *global warming* yaitu karena energi listrik yang digunakan selama proses pengolahan air berlangsung. Kedua tertinggi adalah dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* dengan nikel sebagai senyawa kontributor utamanya. Sedangkan, untuk dampak lingkungan tertinggi ketiga adalah *human toxicity* dengan kontributor tertinggi adalah senyawa selenium. Upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisir terjadinya dampak lingkungan yaitu penggantian sumber energi listrik dengan menggunakan *panel surya*, melakukan pengolahan sebelum air baku yang masuk ke instalasi telah memenuhi baku mutu air baku untuk air minum, dan penggantian desinfektan yaitu menjadi natrium hipoklorit.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, D., & Irawati, D. Y. (2019). Dampak Proses Pengolahan Air Bersih Terhadap Lingkungan. *Heuristic*, 16(1). <https://doi.org/10.30996/He.V16i1.2475>
- Budiyanto, F. (2014). Siklus Selenium Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Laut. *Xxxix*, 55–63.
- Fitriani, E. (2019). Penerapan Life Cycle Assessment (Lca) Pada Industri Kecil Menengah Keripik Sanjai Di Bukittinggi. *Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang*.
- Hanum, F. (2002). Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum. *Universitas Sumatra Utara*, 1–

- 13.
- Irawati, D. Y., & Andrian, D. (2018). Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Jurnal Teknik Industri*, 19(2), 166–177. <https://doi.org/10.22219/Jtiumm.Vol19.No2.166-177>
- Karnaningroem, N., & Anggraeni, D. R. (2021). Study Of Life Cycle Assessment (LCA) On Water Treatment. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 799(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/799/1/012036>
- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., Krismani, A. Y., & Pambudi, Y. S. (2021). Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2337–2347. <https://doi.org/10.32672/Jse.V6i4.3480>
- Menoufi, K. A. I. (2011). An Overview On Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Methodologies: A State Of The Art. In *Universitat De Lleida Escola Politècnica Superior Màster En Ciències Aplicades A L'enginyeria An*.
- Nurbaiti, G. A. (2021). Life Cycle Assessment (Lca) Sebagai Metode Kajian Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Bersih Di Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Siwalanpanji. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim*.
- Pratama, R., & Parinduri, L. (2019). Penanggulangan Pemanasan Global. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 92.
- Putri, H. P. (2017). Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP). <https://repository.its.ac.id/43311/>, 65(1), 816–823.
- Putri, S. N. (2018). Life Cycle Assessment (LCA) Proses Produksi Kain Pabrik Tekstil (Studi Kasus : PC. Gkbi Medari Yogyakarta). *Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*.
- Rianta, M. G. (2022). Mengenal Metode Surface Mining Pada Pertambangan Batu Bara. *Artikel Indonesiare*.
- Singh, V., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2018). Life Cycle Assessment Of Ammonia Production Methods. In *Exergetic, Energetic And Environmental Dimensions*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813734-5.00053-6>
- Utami, I. M. (2019). Analisis Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Di IPAM "X" Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Utami, R. P., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kinerja Sistem Pengolahan Air Bersih Di Instalasi Pengolahan Air Li Ngares, Kabupaten Trenggalek. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 1(1), 35–43.
- Vince, F., Aoustin, E., Bréant, P., & Marechal, F. (2008). LCA Tool For The Environmental Evaluation Of Potable Water Production. *Desalination*, 220(1–3), 37–56. <https://doi.org/10.1016/J.Desal.2007.01.021>
- Yudo, S. (2018). Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1), 1–15. <https://doi.org/10.29122/Jai.V2i1.2275>
- Zulfikar, A., & Prasetyawan, Y. (2016). Analisa Life Cycle Assessment Pada Proses Produksi Di UKM Murni Mandiri, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri. *Jurnal Teknik ITS*. July, 1–23