
LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) SEBAGAI METODE KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN PROSES PENGOLAHAN AIR BERSIH DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) SIWALANPANJI

Geafiata Amalia Nurbaiti, Tuhu Agung Rachmanto dan Aulia Ulfah Farahdiba

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Email: tekpro611@gmail.com

ABSTRAK

Instalasi pengolahan air bersih Siwalanpanji dengan pengolahan secara konvensional maupun non konvensional memberikan dampak ke lingkungan akibat adanya proses pengolahan air bersih. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan, menganalisis faktor penyebab dampak lingkungan yang timbul, serta memberikan rekomendasi pengelolaan dampak lingkungan sebagai rencana alternatif perbaikan yang tepat dan ramah lingkungan menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)* yang akan dianalisis melalui *software Simapro*. LCA merupakan suatu metode pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari seluruh tahapan siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana saja yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar. Tiga dampak tertinggi yang muncul dari metode *Impact 2002+* adalah *Respiratory inorganics*, *Global Warming*, dan *Non-Renewable Energy*. Faktor penyebab timbulnya dampak tersebut berasal dari adanya penggunaan listrik dan pemberian bahan kimia berupa koagulan dan disinfektan. Alternatif perbaikan yang dapat diberikan untuk mengurangi dampak yang terjadi antara lain dengan meningkatkan efisiensi peralatan dan substitusi koagulan *Poly Aluminium Chloride* dengan *Aluminium Sulfate*.

Kata kunci: *Life Cycle Assessment*, Proses Pengolahan Air Bersih, Simapro

ABSTRACT

The Siwalanpanji Water Treatment Plant with conventional and non-conventional processing has an impact on the environment due to the water treatment process. This study aims to identify potential impacts on the environment, analyze factors causing environmental impacts that arise, and provide recommendations for environmental impact management as an alternative plan for appropriate and environmentally friendly improvements using Life Cycle Assessment (LCA) which will be analyzed through Simapro software. LCA is an approach method used to identify and analyze environmental impacts resulting from all stages of the product life cycle so that it will be known which parts have the greatest impact on the environment. The three highest impacts that arise from the Impact 2002+ method are Respiratory inorganics, Global Warming, and Non-Renewable Energy. Factors causing these impacts come from the use of electricity and the provision of chemicals in the form of coagulants and disinfectants. Alternative improvements that can be given to reduce the impact that occurs include increasing equipment efficiency and substitution of Poly Aluminum Chloride coagulant with Aluminum Sulfate.

Keywords: *Life Cycle Assessment*, Water Treatment Process, Simapro

PENDAHULUAN

Instalasi pengolahan air bersih merupakan sebuah struktur bangunan yang dirancang berfungsi sebagai proses untuk menurunkan konsentrasi polutan yang terdapat didalam air baku, sehingga dapat meningkatkan kualitas air agar dapat memenuhi persyaratan baku mutu untuk air bersih sesuai dengan regulasi yang berlaku, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017.

Instalasi pengolahan air bersih merupakan salah satu fasilitas publik yang menyumbang dampak negatif ke lingkungan cukup signifikan. Hal ini didasari karena konsumsi listrik dan bahan kimia dalam jumlah besar guna menunjang aktivitas proses produksinya. Semakin besar kapasitas pengolahan air bersih, maka semakin sering pula siklus itu berjalan dan semakin besar limbah serta dampak lingkungan yang akan dihasilkan. Oleh sebab itu, instalasi pengolahan air bersih milik PDAM wajib bertanggung jawab atas dampak lingkungan ditimbulkan (Bhaskoro & Ramadhan, 2017).

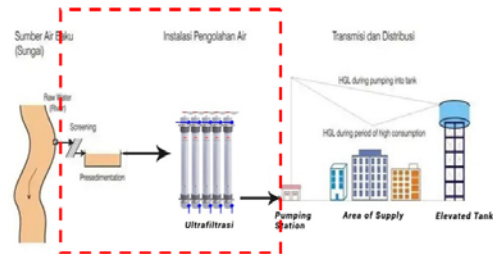
Terdapat suatu pendekatan khusus yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang terjadi yakni metode *Life Cycle Assessment (LCA)*. LCA dapat mengestimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari seluruh tahapan siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana saja yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (Acero *et al.*, 2014). Dengan adanya metode LCA ini, diharapkan mampu mengkaji dampak lingkungan yang dihasilkan oleh Instalasi Pengolahan Air Bersih Siwalanpanji selama proses pengolahan air itu berlangsung serta dapat memberikan rekomendasi alternatif pengelolaan yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

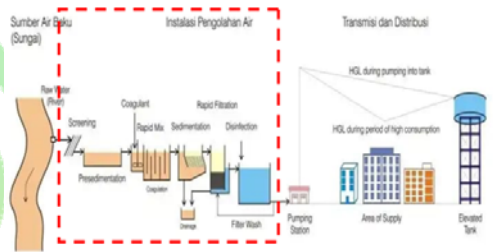
A. Tahap Awal Penelitian

Fase pertama adalah penentuan ruang lingkup dan unit fungsi. Ruang lingkup (*scope*) yang dianalisis bersifat *gate to gate* yaitu seluruh unit pada proses pengolahan air bersih. Proses pengolahan air bersih di IPA Siwalanpanji terdiri dari 2 pengolahan yaitu pengolahan konvensional yang terdiri dari unit *intake*, praklorinasi, prasedimentasi,

aerasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, reservoir dan pengolahan non konvensional yakni mulai dari *intake*, prasedimentasi, ultrafiltrasi, dan reservoir. Unit fungsi penelitian ini adalah 1 m³. Setelah itu, melakukan observasi lapangan dan wawancara.



Gambar -1. *Scope* yang dianalisis proses pengolahan konvensional



Gambar -2. *Scope* yang dianalisis proses pengolahan non konvensional

B. Tahap Analisis Data

Langkah selanjutnya mengumpulkan data yang akan digunakan untuk penelitian yang kemudian di *input* ke dalam *software* Simapro 9.0.0.47 (*life cycle inventory*). Data yang di *input* berupa bahan baku dan material, konsumsi energi, produk samping yang dihasilkan, emisi setiap unit instalasi pengolahan air bersih. Metode yang digunakan adalah *Impact 2002+* karena menyesuaikan kondisi lapangan serta dinilai merupakan metode paling baru dari metode lain, sehingga kategori dampak yang muncul juga akan lebih bervariasi. Terdapat 15 dampak yang muncul dari metode *Impact 2002+*, tapi peneliti hanya memfokuskan 3 dampak terbesar yang muncul.

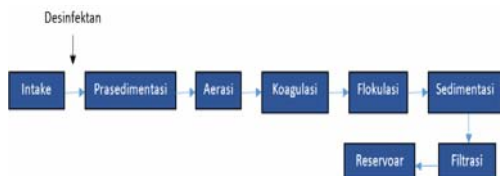
Dalam fase penentuan dampak lingkungan, terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui seperti *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*. *Characterization* merupakan langkah untuk membandingkan hasil *life cycle inventory* pada setiap kategori. *Normalization* didapatkan dari membagi hasil *characterization* dengan nilai

normalization. Weighting (pembobotan) adalah cara untuk membandingkan beragam potensi dampak lingkungan yang muncul, dilakukan dengan cara mengalikan hasil *normalization* nilai potensial oleh faktor bobot (Hamonangan dkk., 2017). Kemudian, seluruh potensi dampak lingkungan yang muncul dikonversi ke *single score* dengan memperlihatkan tiap-tiap proses yang mempunyai dampak lingkungan.

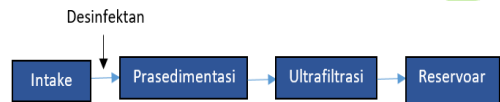
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pengolahan

Alur proses pengolahan air bersih di IPA Siwalanpanji dapat diamati pada gambar 3 dan 4 di bawah.



Gambar -3. Pengolahan konvensional



Gambar -4. Pengolahan non konvensional

Bahan kimia yang digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (koagulan), Gas klor dan Kaporit (disinfektan). Konsumsi energi berasal dari pompa dan blower. Perharinya, kebutuhan listrik yang dipakai mencapai 3142,64 kWh. Sedangkan pemakaian bahan kimia yang digunakan PAC 1520,88 kg, Gas klor 228,93 kg, Kaporit 29,51 kg.

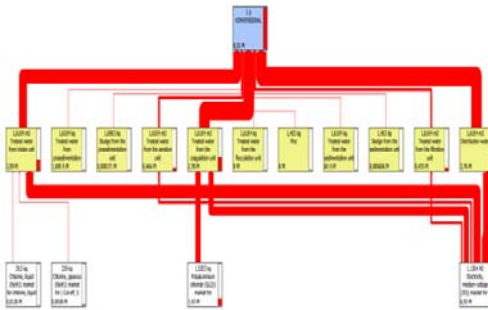
B. Proses Pengolahan Data

Pengolahan data LCA memakai *software* Simapro, Kekurangan software ini adalah tidak semua *database* tersedia sehingga perlu melakukan pendekatan material agar sesuai dengan kondisi *eksisting* (Althaus et al., 2010).

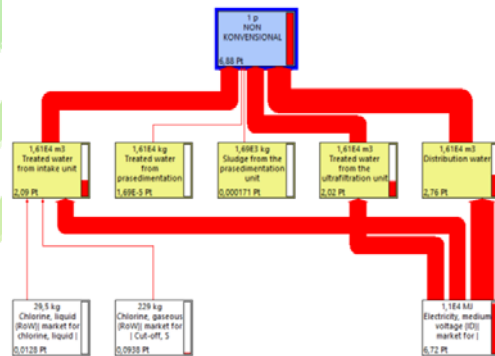
Hasil dari pengolahan data ini akan memunculkan *Network Result* yang menandakan bahwa dari keseluruhan proses yang ada, terdapat beberapa atau bahkan semua proses berdampak ke lingkungan. Dari *network result* ini, dapat diketahui dampak lingkungan yang muncul berasal dari unit *intake*, aerasi, koagulasi, filtrasi, ultrafiltrasi, dan reservoir. Tanda panah ke atas pada *network* menggambarkan pengaruh terhadap lingkungan

sedangkan garis merah yang tertera menunjukkan adanya hubungan yang saling berperan antara bahan yang di input dengan unit/proses terkait. Ketebalan garis merah mengisyaratkan adanya urgensi dari setiap proses yang berdampak pada lingkungan. Tidak terdapatnya garis hijau mengartikan seluruh bahan kimia tidak dapat terproses secara sempurna sehingga masih menimbulkan dampak terhadap lingkungan.

Tiga dampak tertinggi yang muncul dari penelitian ini yaitu *respiratory inorganics*, *global warming*, dan *non-renewable energy*.



Gambar -5. Network Result LCA (Konvensional)



Gambar -6. Network Result LCA (Non Konvensional)

| Input category | Unit | Value | Output name from intake unit | Output name from aeration unit | Output name from sedimentation unit | Output name from ultrafiltration unit | Output name from distribution unit | Output name from reservoir unit | Output name from distribution unit | Output name from distribution unit |
|----------------|---------|----------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Capital goods | kg CO2e | 517,0423 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 483,2474 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 21,64657 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 20,3644 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |
| Capital goods | kg CO2e | 1,035695 | | | | | | | | |

Gambar -7. Characterization (Konvensional)

| Impact category | Unit | Total | Entrained water from intake unit | Entrained water from production unit | Damage from the production unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Distribution water |
|---------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--|--------------------|
| Carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 31,43033 | 12,12666 | 0,0000004 | 0,0000001 | 1,962118 | 17,60155 | 1,740559 |
| Non-carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 42,87534 | 18,10163 | - | - | 18,96248 | 21,54701 | - |
| Temperature footprint | kg CO ₂ e/kg | 7598,322 | 4381,264 | - | - | 119,3891 | 1887,642 | - |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,0000004 | 0,0000004 | - | - | 4,48E-05 | 4,12E-05 | - |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,1847075 | 0,1847074 | - | - | 0,0071094 | 0,2020094 | - |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,2020073 | 0,2020072 | 0,004367 | 0,000221 | 0,0071093 | 0,2020072 | - |
| Terrestrial ecotoxicity | kg TSE/kg | 27021,347 | 14661,087 | 1,148E-05 | 3,77E-06 | 100,6991 | 1576,649 | - |
| Terrestrial ecotoxicity | kg TSE/kg | 86,57237 | 22,89751 | - | - | 8,489778 | 21,26217 | - |
| Lead equivalent footprint | kg Pb/kg | 7,779387 | 4,744417 | - | - | 1,171768 | 1,809794 | - |
| Acid equivalent footprint | kg SO ₂ e/kg | 17,88135 | 6,378761 | - | - | 4,807829 | 6,788111 | - |
| Acid equivalent footprint | kg SO ₂ e/kg | 18,76361 | 6,242704 | - | - | 6,747048 | 6,813813 | - |
| Global warming | kg CO ₂ e/kg | 31743373 | 12123266 | - | - | 9812483 | 17742322 | - |
| Non-renewable energy | kg oil/kg | 4384,41 | 1594,68 | - | - | 1287,384 | 1612,346 | - |
| Mixed ecotoxicity | kg eq/kg | 21,24444 | 10,14617 | - | - | 1,803706 | 1,034884 | - |

Gambar -8. Characterization (Non Konvensional)

| Impact category | Unit | Total | Entrained water from intake unit | Entrained water from production unit | Damage from the production unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Distribution water |
|---------------------------|------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|--------------------|
| Carbon footprint | kg | 2,920284 | 2,002789 | 2,00E-07 | 0,0000000 | 0,0017623 | 0,2362719 | 0,0000000 | 0,0000000 |
| Non-carbon footprint | kg | 4,174894 | 1,812764 | - | - | 0,4010213 | 1,824118 | - | 0,732493 |
| Temperature footprint | kg | 6,000000 | 3,000000 | - | - | 0,000000 | 0,000000 | - | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | - | - | 0,000000 | 0,000000 | - | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | - | - | 0,000000 | 0,000000 | - | 0,000000 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg | 100,0000 | 100,0000 | - | - | 100,0000 | 100,0000 | - | 100,0000 |
| Lead equivalent footprint | kg | 1,000000 | 1,000000 | - | - | 1,000000 | 1,000000 | - | 1,000000 |
| Global warming | kg | 100000000 | 100000000 | - | - | 100000000 | 100000000 | - | 100000000 |
| Non-renewable energy | kg | 100000000 | 100000000 | - | - | 100000000 | 100000000 | - | 100000000 |
| Mixed ecotoxicity | kg | 100000000 | 100000000 | - | - | 100000000 | 100000000 | - | 100000000 |

Gambar -13. Weighting (Konvensional)

| Impact category | Unit | Total | Entrained water from intake unit | Entrained water from production unit | Damage from the production unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Distribution water |
|---------------------------|-------------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|--------------------|
| Carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Non-carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Temperature footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg TSE/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Lead equivalent footprint | kg Pb/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Global warming | kg CO ₂ e/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Non-renewable energy | kg oil/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Mixed ecotoxicity | kg eq/kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |

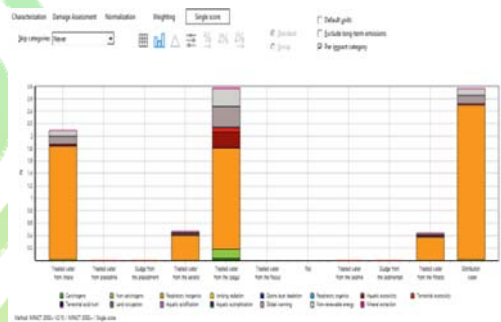
Gambar -9. Damage Assessment (Konvensional)

| Impact category | Unit | Total | Entrained water from intake unit | Entrained water from production unit | Damage from the production unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Distribution water |
|---------------------------|------|----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--|--------------------|
| Carbon footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Non-carbon footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Temperature footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Acid equivalent footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Lead equivalent footprint | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Global warming | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Non-renewable energy | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Mixed ecotoxicity | kg | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |

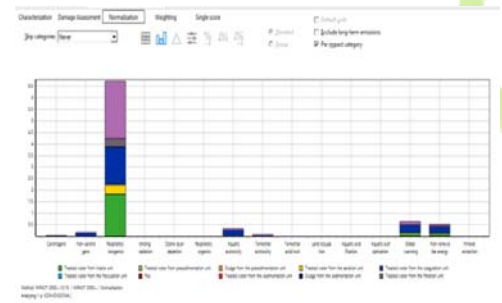
Gambar -14. Weighting (Konvensional)

| Impact category | Unit | Total | Entrained water from intake unit | Entrained water from production unit | Damage from the production unit | Entrained water from the distribution unit | Entrained water from the distribution unit | Distribution water |
|---------------------------|-------------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--|--------------------|
| Carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 1,38E-05 | 1,38E-05 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 1,38E-05 | 1,38E-05 | 1,38E-05 |
| Non-carbon footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Temperature footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Acid equivalent footprint | kg CO ₂ e/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg TSE/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Lead equivalent footprint | kg Pb/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Global warming | kg CO ₂ e/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Non-renewable energy | kg oil/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Mixed ecotoxicity | kg eq/kg | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |

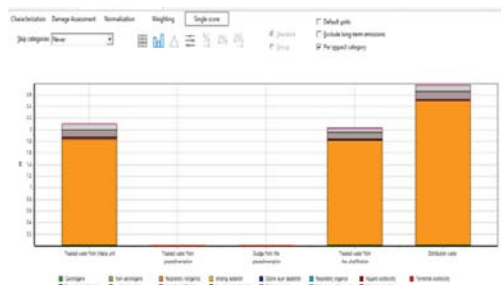
Gambar -10. Damage Assessment (Non Konvensional)



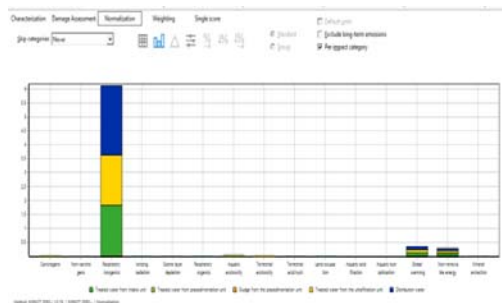
Gambar -15. Single Score (Konvensional)



Gambar -11. Normalization (Konvensional)



Gambar -16. Single Score (Non Konvensional)



Gambar -12. Normalization (Non Konvensional)

Berdasarkan hasil LCIA proses pengolahan air bersih di IPA Siwalanpanji, dapat di amati bahwa baik pengolahan konvensional maupun non konvensional turut serta menyumbang dampak ke lingkungan yang cukup signifikan. Namun, dari kedua jenis pengolahan tersebut, pengolahan konvensional merupakan kontributor terbesar dalam

menyumbang dampak ke lingkungan dibandingkan pengolahan non konvensional. Hal ini dibuktikan pada nilai *weighting* dan *single score* yang tertera pada masing-masing jenis pengolahan. Adapun total *weighting* dan *single score* pada pengolahan konvensional sebesar 8,53 Pt. Sementara total *weighting* dan *single score* pada pengolahan non konvensional sebesar 6,88 Pt.

C. Faktor Penyebab Dampak Lingkungan

Dampak *respiratory inorganics* berasal dari penggunaan bahan kimia seperti koagulan dan disinfektan. Beberapa emisi zat pencemar yang berkontribusi terhadap *respiratory inorganics* yaitu *Ammonia, Nitrogen Monoxide, Nitrogen Oxide, Particulate <2,5 mm, Sulfur Dioxide, Sulfur Trioxide* (Permatasari & Apriliani, 2013).

Dampak *global warming* terjadi akibat dari penggunaan konsumsi listrik pada tiap unit pengolahan. Hal ini dikarenakan listrik yang diproduksi di Indonesia sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil (batu bara) yang mana batu bara tersebut pun murni dari karbon, sehingga pembakaran yang terjadi menyebabkan timbulnya polusi Karbondioksida (CO₂), dimana gas ini menjadi penyumbang terbesar yang menyebabkan adanya pemanasan global (Pratama & Parinduri, 2019). Emisi zat pencemar yang berkontribusi yaitu *Carbon dioxide, Ethane, Methane, Sulfur hexafluoride, Dinitrogen Monoksida, Carbon Monoxide* (Hermawan dkk., 2013).

Dampak *non-renewable energy* berasal dari penggunaan listrik setiap unit pengolahan. Hal ini didasari karena di Indonesia penggunaan bahan bakar minyak dan batubara masih menjadi peringkat pertama sebagai sumber energi utama untuk pembangkit listrik (Adzikri dkk., 2017). Zat pencemar yang mempengaruhi dampak *non-renewable energy* berasal dari *Coal, Brown Sebesar; Coal, Hard; Gas, Mine, Off-Gas, Process, Coal; Gas, Natural/m³; Oil, Cruide; Peat; Uranium.*

D. Rekomendasi Alternatif Perbaikan

Harapan pemberian alternatif perbaikan supaya dapat mengurangi atau bahkan mencegah ketiga dampak terbesar tersebut. Rekomendasi yang dapat diberikan berupa peningkatan efisiensi peralatan (skenario 1) dan substitusi *Poly Aluminium Chloride* dengan *Aluminium Sulfate* (skenario 2). Peralatan

listrik dan pompa yang sudah tua dapat menyebabkan penurunan kinerja dari alat tersebut. Peralatnya, tanpa disadari peralatan yang telah usang membutuhkan energi lebih banyak jika dibandingkan dengan peralatan baru (Kusna & Setijani, 2018). Maka, upaya yang tepat untuk mengatasi hal ini ialah mengganti peralatan yang sudah tua dengan peralatan yang baru. Selain mengganti peralatan yang tua dengan yang baru, solusi efisiensi peralatan lainnya adalah melakukan pemeliharaan (*maintenance*) alat. Dengan melakukan pemeliharaan alat yang baik dan benar dapat membantu memperpanjang usia dari suatu alat.

| Dampak terbesar | Eksisting (Pt) | Skenario (Pt) | Penurunan (%) |
|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <i>Respiratory inorganics</i> | 6,72 | 4,87 | 27,52 |
| <i>Global Warming</i> | 0,636 | 0,534 | 16 |
| <i>Non-renewable Energy</i> | 0,536 | 0,455 | 15,11 |

Gambar -17. Perbandingan Dampak Lingkungan yang Terjadi Sebelum dan Sesudah Skenario 1 (Pengolahan Konvensional)

| Dampak terbesar | Eksisting (Pt) | Skenario (Pt) | Penurunan (%) |
|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <i>Respiratory inorganics</i> | 6,12 | 3,97 | 35,1 |
| <i>Global Warming</i> | 0,361 | 0,242 | 32,96 |
| <i>Non-renewable Energy</i> | 0,289 | 0,195 | 32,52 |

Gambar -18. Perbandingan Dampak Lingkungan yang Terjadi Sebelum dan Sesudah Skenario 1 (Pengolahan Non Konvensional)

| Dampak terbesar | Eksisting (Pt) | Skenario (Pt) | Penurunan (%) |
|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <i>Respiratory inorganics</i> | 6,72 | 6,56 | 2,38 |
| <i>Global Warming</i> | 0,636 | 0,494 | 22,32 |
| <i>Non-renewable Energy</i> | 0,536 | 0,425 | 20,7 |

Gambar -19. Perbandingan Dampak Lingkungan yang Terjadi Sebelum dan Sesudah Skenario 2 (Pengolahan Konvensional)

Pada proses pengolahan air bersih pengolahan non konvensional ini tidak dilaksanakan skenario 2, hal ini dikarenakan pada proses pengolahan non konvensional telah menerapkan unit ultrafiltrasi, sehingga tidak memerlukan koagulan dalam proses pengoperasiannya.

Serta melakukan upaya preventif lainnya seperti reboisasi, pengendalian jam operasi pompa, memberikan pengarahan kepada

seluruh karyawan agar memperhatikan penggunaan alat keselamatan kerja ketika sedang bekerja, mengonsumsi makanan bergizi dan vitamin, serta menjaga kebersihan diri dan lingkungan kerja.

E. Tahap Evaluasi

1. Cek kelengkapan, bertujuan untuk memberikan kepastian bahwa data yang telah diperoleh benar-benar lengkap untuk selanjutnya di *running* pada *software*.
2. Analisis sensitivitas, bertujuan untuk menilai keandalan hasil akhir dan kesimpulan dengan menentukan bagaimana keduanya dipengaruhi oleh ketidakpastian data, metode alokasi atau perhitungan hasil indikator kategori, dan lainnya.
3. Cek konsistensi, guna menyelidiki apakah asumsi, metode dan data telah diterapkan secara konsisten selama studi LCA.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Ketiga dampak terbesar yang muncul akibat proses pengolahan air bersih dengan lingkup *gate to gate* pada pengolahan konvensional dan non konvensional yaitu *respiratory inorganics*, *global warming*, dan *non-renewable energy*. Sementara kontributor terbesar yang turut berperan menyumbang dampak lingkungan yang cukup signifikan akibat proses pengolahan air bersih berasal dari unit *intake*, aerasi, koagulasi, filtrasi, ultrafiltrasi, dan reservoir.
2. Faktor penyebab timbulnya dampak *respiratory inorganics* pada proses pengolahan air bersih berasal dari pemberian bahan kimia berupa koagulan dan disinfektan. Sedangkan dampak *global warming* dan *non-renewable energy* berasal dari penggunaan listrik.
3. Rekomendasi alternatif perbaikan yang dapat diberikan antara lain dengan meningkatkan efisiensi peralatan, substitusi *Poly Aluminium Chloride* dengan *Aluminium Sulfate*, serta melakukan upaya preventif lainnya seperti reboisasi, pengendalian jam operasi pompa,

memberikan pengarahan kepada seluruh karyawan agar memperhatikan penggunaan alat keselamatan kerja ketika sedang bekerja, mengonsumsi makanan bergizi dan vitamin, serta menjaga kebersihan diri dan lingkungan kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PDAM Delta Tirta Sidoarjo atas dukungan data serta segala bentuk bantuan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acero, A. P., Rodríguez, C., & Ciroth, A. (2014). *LCIA methods Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories*. Greendelta.
- Adzikri, F., Notosudjono, D., & Suhendi, D. (2017). Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1-13.
- Althaus, H., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Frischknecht, R., Hellweg, S., Humbert, S., Jungbluth, N., Köllner, T., Loerincik, Y., Margni, M., & Nemecek, T. (2010). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, ecoinvent report No. 3, v2.2*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Bhaskoro, R. G. E., & Ramadhan, T. (2018). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang I PDAM Surya Sembada. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 62-68.
- Hamonangan, S. P., Handayani, N. U., & Bakhtiar, A. (2017). Evaluasi Dampak Proses Produksi Dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizone Terhadap Lingkungan Dengan Metode Life Cycle Assessment. *Industrial Engineering Online Journal*, 6(2), 1-14.
- Hermawan, Marzuki, P. F., Abduh, M., & Driejana, R. (2013). Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca. *Konferensi Nasional Teknik Sipil* 7, 47-52.
- Kusna, I., & Setijani, E. (2018). Analisis

- Pengaruh Kinerja Keuangan Growth Opportunity Dan Ukuran Perusahaan Terhadap Struktur Modal. *Jurnal Manajemen & Kewirausahaan*, 6(1), 93-102.
- Permatasari, T. J., & Apriliani, E. (2013). Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1), 6-11.
- Pratama, R., & Parinduri, L. (2019). Penanggulangan Pemanasan Global. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 91-95.

