

# Penilaian Dampak Lingkungan *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) pada PLTGU Menggunakan Pendekatan *Life Cycle Assesment* (LCA)

Shafa'ul Mufidah<sup>1</sup>, Restu Hikmah Ayu Murti<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

\*Correspondence author: [restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id](mailto:restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id); Telp: 082233279334

Received: 21 March 2023; Accepted: 30 March 2024; Published: 31 March 2024

## Abstract

*PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik is a company engaged in generating electricity which will later be distributed to Java - Bali. The results of the electricity generation process produce waste water with an average of 171.38 m<sup>3</sup> per day. Life Cycle Assessment (LCA) is a method for analyzing environmental burdens at all stages in the life cycle of a product starting from resource extraction, the production process, the product itself, and product consumption until the product is discarded. This research will focus on the waste water treatment installation at PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik which processes various waste water sources, blow down tank waste water, sampling rack waste water, pit drain waste water, laboratory waste water and resin regeneration waste water. with the aim of adjusting the quality standard parameters before being distributed to sea in accordance with Law Number 3 of 2014. In this research, an environmental impact assessment was carried out at WWTP PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik to determine the environmental impacts produced using openLCA software. The impact analysis was carried out using the Impact 2002+ method with the analysis results showing that the three biggest impacts on WWTP were non-renewable energy, aquatic ecotoxicity and ionizing radiation and the sludge enrichment tank and sludge storage process units had the lowest impact in the analysis carried out.*

**Keywords:** *Waste Water Treatment Plant; Environmental Impact Analysis; Life Cycle Assesment (LCA)*

## Abstrak

PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik dengan distribusi wilayah Jawa – Bali, hasil dari proses pembangkitan listrik itu menghasilkan air limbah dengan rata rata sebesar 171,38 m<sup>3</sup> perharinya. *Life Cycle Assesment* (LCA) adalah metode untuk menganalisis beban lingkungan di semua tahapan dalam siklus hidup dari produk dimulai dari ekstraksi sumber daya, proses produksi, produk itu sendiri, dan konsumsi produk sampai produk itu dibuang. Penelitian ini akan berfokus pada instalasi pengolahan air limbah di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik yang mengolah dari berbagai macam sumber air limbah diantaranya air limbah *blow down tank*, air limbah *sampling rack*, air limbah *pit drain*, air limbah *laboratorium* dan air limbah *regenerasi resin* dengan tujuan untuk menyesuaikan parameter baku mutunya sebelum disalurkan ke badan air yang sesuai dengan Peraturan Undang-Undang Nomor 3

Tahun 2014. Pada penelitian ini, penilaian dampak lingkungan dilakukan pada WWTP PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan menggunakan software *openLCA*. Analisis dampak dilakukan dengan metode *Impact 2002+* dengan hasil analisis didapatkan tiga dampak terbesar pada WWTP yaitu *non renewable energy*, *aquatic ecotoxicity* dan *ionizing radiation* dan pada unit proses *sludge enrichment tank* dan *sludge storage* memiliki dampak terendah dalam analisa yang dilakukan. **Kata kunci:** Analisis Dampak Lingkungan; Waste Water Treatment Plant; *Life Cycle Assesment* (LCA);

## 1. Pendahuluan

PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik dengan distribusi wilayah Jawa – Bali, hasil dari proses pembangkitan listrik itu menghasilkan air limbah dengan rata rata sebesar 171, 38 m<sup>3</sup> perharinya. Limbah yang telah dihasilkan oleh suatu sektor industri tidak dapat dibuang begitu saja pada badan air. Pada setiap industri diwajibkan untuk melakukan pengolahan air limbah yang diatur terkait sara dan prasaran pada Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014. Instalasi pengolahan air limbah di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik ini mengolah dari berbagai macam sumber air limbah yaitu air limbah *blow down tank* sebanyak 100 m<sup>3</sup>/hari, air limbah *sampling rack* 14 m<sup>3</sup>/hari, air limbah *pit drain* 9 m<sup>3</sup>/hari, air limbah laboratorium 1 m<sup>3</sup>/hari dan air limbah regenerasi resin sebanyak 47 m<sup>3</sup>/hari dengan tujuan untuk menyesuaikan parameter baku mutunya sebelum disalurkan ke badan air.

Pada proses pengoperasian pengolahan limbah tersebut terdapat dampak yang dihasilkan seperti emisi gas rumah kaca, dll. Pengolahan air limbah melepaskan emisi berupa gas metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) (1). Berdasarkan pada emisi yang dihasilkan maka diperlukan konsep pendekatan yang dapat mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari pengolahan tersebut dengan menggunakan metode *Life Cycle Assesment* (LCA) (2). *Life Cycle Assesment* (LCA) adalah metode untuk menganalisis beban lingkungan di semua tahapan dalam siklus hidup dari produk dimulai dari ekstraksi sumber daya, proses produksi, produk itu sendiri, dan konsumsi produk sampai produk itu dibuang (3). Tujuan dilakukannya LCA yaitu untuk mengetahui dampak proses pengolahan air limbah terhadap emisi gas rumah kaca dan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi potensi emisi gas rumah kaca tersebut.

Pendekatan LCA pada sistem pengolahan air telah banyak dilakukan dalam penelitian terkini karena pendekatannya yang holistik (4). Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan LCA untuk air limbah. Salah satu penelitian terbaru adalah membandingkan teknik pengolahan air limbah yang berbeda: aerobik dan anaerobik, kimia dan

gabungan antara kimia dan biologis (5). Pada penelitian ini, penilaian dampak lingkungan dilakukan pada WWTP PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi pada proses pengolahan air limbah. Terdapat dua tahapan dalam penelitian; pertama, tahap pengumpulan data yang dilakukan selama 12 – 16 Februari 2023. Untuk mengetahui data *input* dan *output* dari setiap proses dilakukan wawancara dengan operator di pengolahan limbah tersebut dalam pengumpulan data berupa air limbah yang dihasilkan, konsumsi energi listrik, dan penggunaan bahan kimia dan bahan bakar yang digunakan selama operasional. Salah satu metode analisis yang dapat dilakukan adalah metode analisis *Life Cycle Assesment* (LCA). Penetapan *Life Cycle Assesment* (LCA) sebagai standar instrumen yang dapat digunakan untuk analisis dampak lingkungan telah diatur dalam ISO 14040. Kedua, tahap pemrosesan data ini menggunakan *software openLCA* dengan mengidentifikasi dampak yang ada pada setiap unit proses pengolahan air limbah dan penentuan dampak yang dihasilkan dan yang setelahnya akan diberikan rekomendasi untuk mengurangi dampak lingkungan pada proses pengolahan air limbah (6).

Penentuan dampak lingkungan terdapat beberapa tahapan yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. *Characterization* adalah cara untuk membandingkan langsung hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) pada setiap kategori. *Normalization* didapatkan dari perhitungan dengan membagi hasil *characterization* dengan nilai *normalization*. *Weighting* didapatkan dari perhitungan dengan mengalikan hasil normalisasi dengan faktor bobot (7). Penelitian ini menggunakan metode *Impact 2002+* dikarenakan menyesuaikan kondisi lapangan yang ada dan merupakan metode paling baru. Batasan sistem pada penelitian LCA ini dilakukan pada lingkup *Gate to Gate* yang berarti analisa dilakukan terbatas pada proses produksi air bersih pada saat WWTP beroperasi. Pada metode *Impact 2002+* memiliki 15 kategori dampak diantaranya *respiratory inorganics*, *aquatic ecotoxicity*, *terrestrial acid/nutri*, *non renewable energy*, *global warming*, *respiratory organics*, *non-carsinogens*, *carcinogens*, *terresial ecotoxicity*, *land occupation*, *mineral extraction*, *aquatic eutrophication*, *ozone layer depletion*, dan *ionizing radiation* (8).

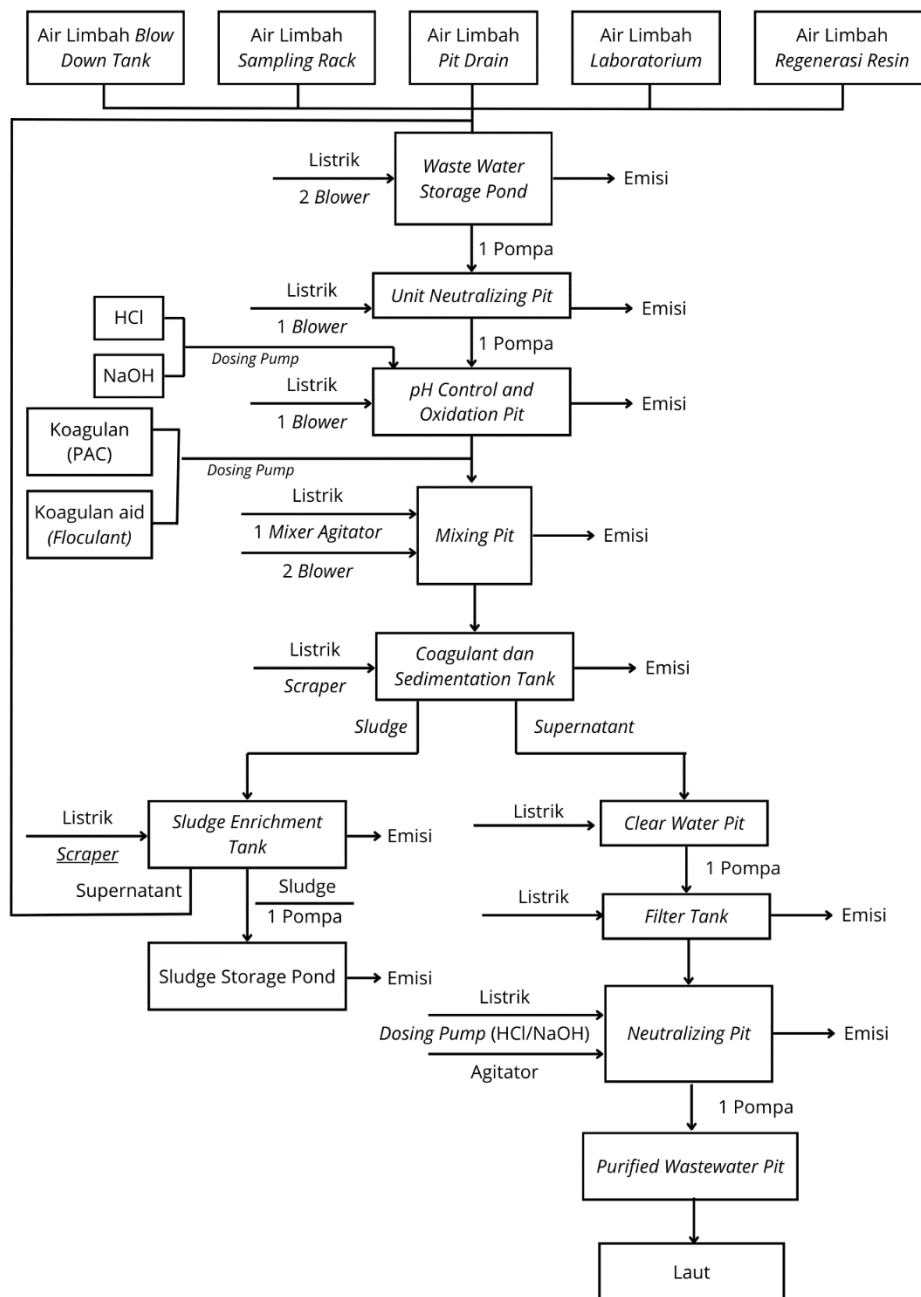
## 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 3.1. Pengolahan data *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan software *openLCA*

Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) terdapat beberapa tahapan metode yang dilakukan ialah *goal and scope definition*, *inventory analysis (LCI)*, *impact assessment (LCIA)*, dan *interpretation*.

#### 3.1.1. Penentuan Goal and Scope

Penelitian yang dilakukan menganalisis waste water treatment plant (WWTP) yang terdiri dari beberapa unit meliputi *waste water storage plant*, *unit neutralizing pit*, *pH control* dan *oxidation pit*, *mixng pit*, *coagulant* dan *sedimentation tank*, *sludge enrichment tank*, *sludge storage pond*, *clear water pit*, *filter tank*, *neutralizing pit*, *purified waste water pit*, *laut*.



**Gambar 1.** Alur Proses WWTP PLTGU PT PLN Nusantara Power UP Gresik  
(Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2024)

Konsumsi energi pada setiap unit proses berbeda beda menyesuaikan dengan penggunaan pompa air, pompa dosing pump, dan blower yang berbeda di setiap unit proses.

### 3.1.2 Tahapan *Life Cycle Inventory* (LCI)

Pada tahap LCI ini data yang telah didapatkan akan dikumpulkan dan dianalisis menggunakan *software* untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi selama proses

pengolahan air limbah. Proses mengidentifikasi penggunaan bahan material (*raw material*) dari *output* dan *input* setiap unit proses pengolahan untuk menghasilkan produk termasuk bahan primer atau sekunder.

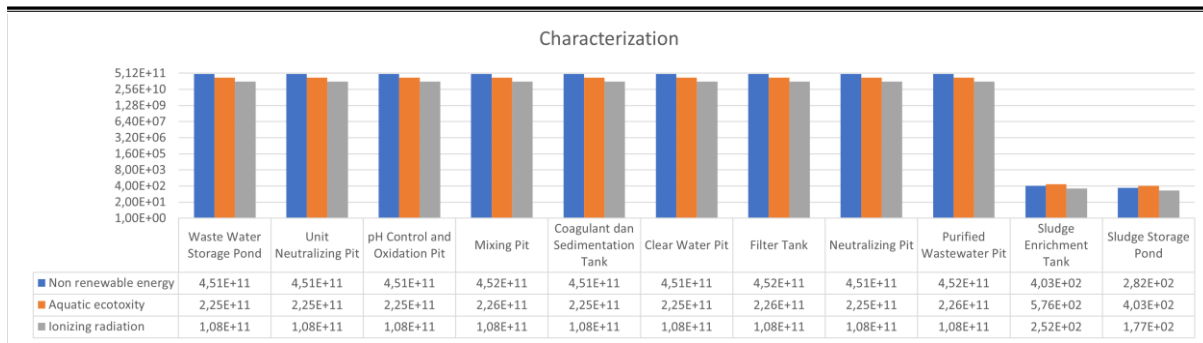
**Tabel 1.** Inventarisasi Data WWTP PLTGU

Proses	Input	Jumlah	Satuan
<i>Waste Water Storage Pond</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	57,20	kWh
<i>Unit Neutralizing Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	13,20	kWh
<i>pH Control and Oxidation Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	3,46	kWh
	HCl	3,16	kg
	NaOH	3,24	kg
<i>Mixing Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	1,00	kWh
	PAC ( <i>Poly Alumunium Chloride</i> )	0,08	kg
	Floculant ( <i>Polyachrilamide</i> )	0,04	kg
<i>Coagulant dan Sedimentation Tank</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	1,67	kWh
<i>Clear Water Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	0,00	kWh
<i>Filter Tank</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	27,50	kWh
<i>Neutralizing Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	4,56	kWh
	HCl	3,16	kg
	NaOH	3,24	kg
<i>Purified Wastewater Pit</i>	Air Limbah	171,38	m <sup>3</sup>
	Listrik	11,00	kWh
<i>Sludge Enrichment Tank</i>	<i>Sludge</i>	7,00	kg
	Listrik	1,70	kWh
<i>Sludge Storage Pond</i>	<i>Sludge</i>	7,00	kg
	Listrik	1,10	kWh

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti, 2024)

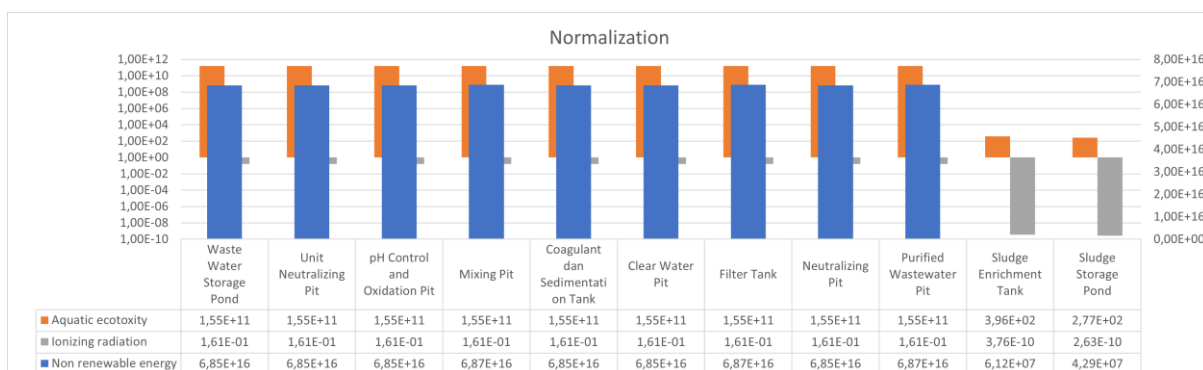
### 3.1.3 Life Cycle Impact Assesment (LCIA)

LCIA adalah proses yang bertujuan untuk memahami dan mengevaluasi besarnya dampak lingkungan untuk sistem produk di sepanjang proses pengolahan tersebut, berdasarkan data data yang telah di didapat pada *Life Cycle Inventory* (LCI). Pada tahap LCIA dibagi menjadi beberapa tahap yakni *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.



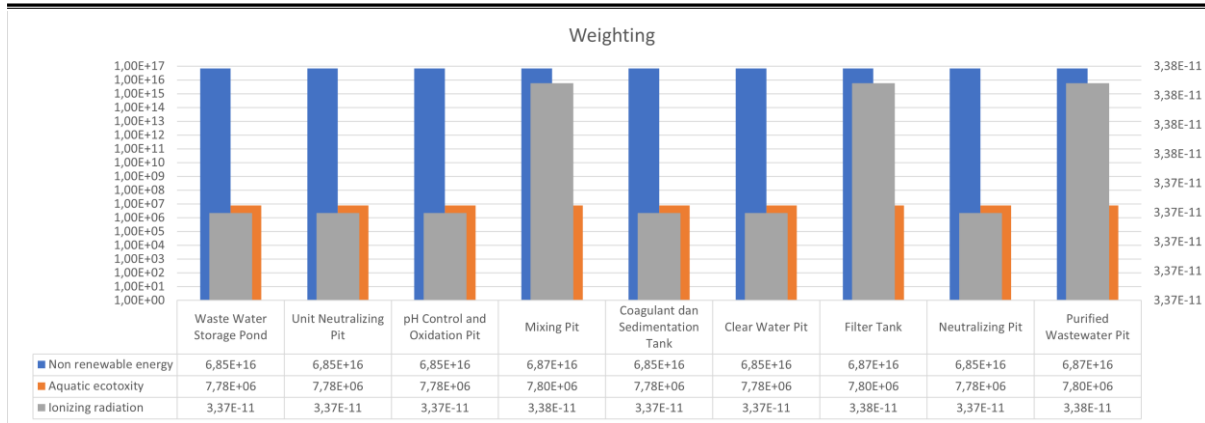
**Gambar 2.** Grafik Hasil Perbandingan Dampak *Characterization*

Nilai *characterization* merupakan hasil nilai gabungan dari berbagai dampak lingkungan terhadap berbagai aspek ke dalam beberapa indikator tertentu. Nilai ini merupakan nilai kontribusi relatif dari berbagai aspek ke dalam kategori dampak lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca, penggunaan lahan, konsumsi air, atau pencemaran udara. Dalam proses ini, data awal tentang emisi dan penggunaan sumber daya dihubungkan dengan indikator dampak tertentu, seperti dampak terhadap perubahan iklim, degradasi lahan, atau pencemaran udara.



**Gambar 3.** Grafik Hasil Perbandingan Dampak *Normalization*

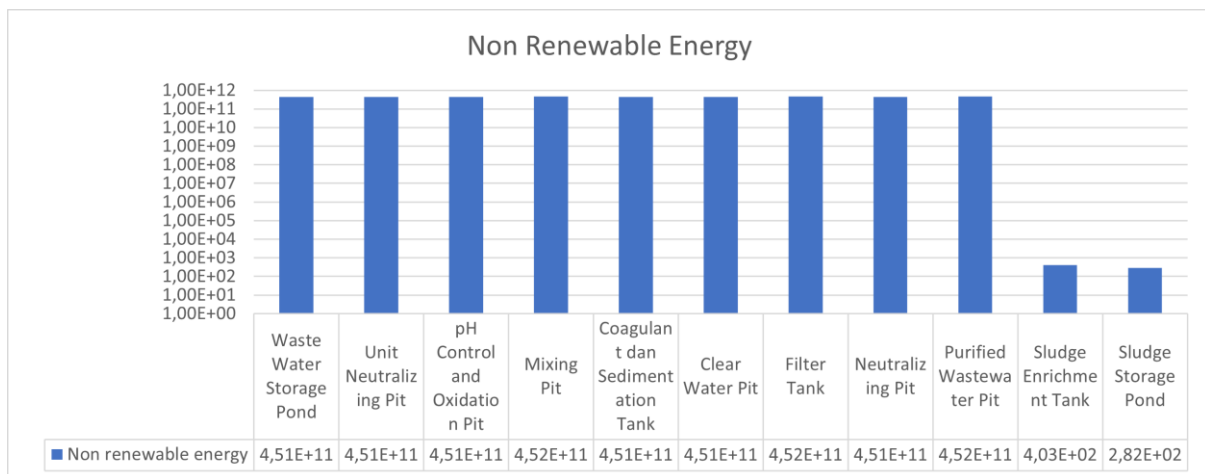
Normalisasi adalah tahap dalam LCA di mana nilai-nilai karakterisasi yang telah dihitung dinormalisasi untuk memfasilitasi perbandingan antar produk atau proses yang berbeda. Ini dilakukan dengan mengonversi nilai karakterisasi ke dalam satuan umum atau satuan tertentu yang memungkinkan perbandingan yang lebih mudah.



**Gambar 4.** Grafik Hasil Perbandingan Dampak *Weighting*

Berdasarkan hasil LCIA proses pengolahan air limbah di PT PLN Nusantara Power UP Gresik menghasilkan dampak lingkungan yang cukup signifikan. Pada grafik di atas yang telah ditampilkan bahwa dampak terbesar ada pada *non renewable energy*, *aquatic ecotoxicity* dan *ionizing radiation*.

### Non Renewable Energy

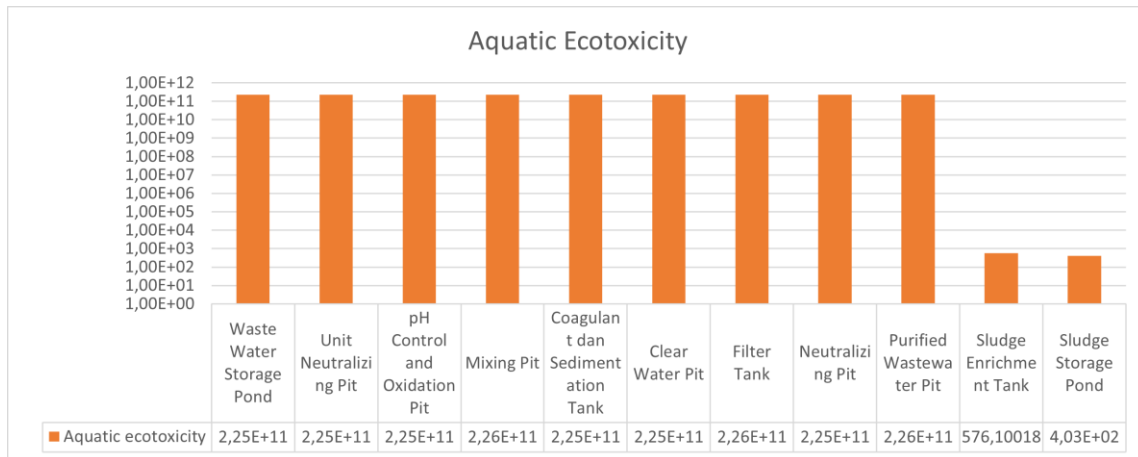


**Gambar 5.** Perbandingan Dampak *Non Renewable Energy* Tiap Proses

*Non renewable energy* atau energi yang tidak dapat diperbaruhi contohnya batu bara, gas, minyak bumi, dan uranium. Berdasarkan hasil grafik tersebut menunjukkan rata rata nilai pada setiap proses sebesar 4.51E+11 MJ primary. Penggunaan listrik terbesar terjadi pada *waste water storage plant*, *unit neutralizing pit*, *pH control dan oxidation pit*, *mixng pit*, *coagulant dan sedimentation tank*, *clear water pit*, *filter tank*, *neutralizing pit*, *purified waste water pit*. Nilai *non renewable energy* terkecil terdapat pada unit proses *sludge enrichment tank* dikarenakan pada unit tersebut tidak menggunakan input listrik. Dampak *non renewable energy* ini berasal dari penggunaan listrik sebagai penggerak pompa dan *dosing pump* pada setiap unit proses pengolahan air limbah.



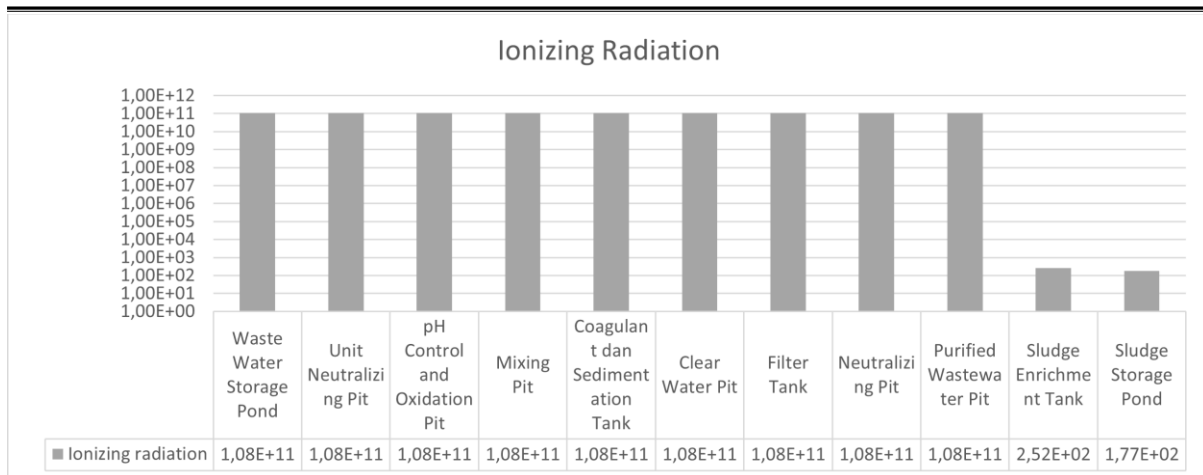
**Aquatic Ecotoxicity**



**Gambar 6.** Perbandingan Dampak *Aquatic Ecotoxicity* Tiap Proses

*Aquatic ecotoxicity* adalah indikator yang mengacu pada dampak ekosistem air tawar, sebagai hasil emisi dari zat beracun ke udara, air dan tanah. Dampak *Aquatic ecotoxicity* di nilai berdasarkan bahan kimia yang mengalami proses degradasi yang dapat menghasilkan metabolit beracun, yang berpotensi terakumulasi secara biologis dan mengalami biomagnifikasi pada spesies dengan tingkat trofik yang lebih tinggi (9). Beberapa dari zat-zat ini dapat sangat aktif merusak lingkungan secara biologis, termasuk, misalnya, pestisida, biosida, obat-obatan, dan logam (10). Pada penelitian ini potensi dampak *Aquatic ecotoxicity* digambarkan dalam grafik (gambar 6). *Aquatic ecotoxicity* dianalisa pada setiap proses WWTP, hasil penilaian pada semua proses WWTP (kecuali pada sludge enrichment tank dan sludge storage pond) memiliki nilai diatas 1,00E+11. Pada unit *sludge enrichment tank* dan *sludge storage pond* memiliki nilai yang relatif rendah karena proses pada unit tersebut tidak menggunakan tambahan bahan kimia, sehingga dampak pada *Aquatic ecotoxicity* menjadi relative rendah.

**Ionizing Radiation**



**Gambar 7.** Perbandingan Dampak *Ionizing Radiation* Tiap Proses

Besaran dampak *Ionizing Radiation* dinilai berdasarkan dampak terhadap kesehatan manusia. Kategori dampak ini diberikan untuk emisi ke air dan udara. *Ionizing Radiation* didefinisikan sebagai energi yang dipancarkan oleh atom yang dapat bergerak sebagai gelombang elektromagnetik (seperti gamma frekuensi tinggi dan sinar-x) atau sebagai sub-atom partikel (seperti partikel alfa, partikel beta dan neutron) (10). *Ionizing Radiation* potensi bahaya kesehatan seperti luka bakar pada kulit, kerusakan materi genetik (DNA) atau akut sindrom radiasi. LCA mempertimbangkan radiasi emisi dalam kondisi kerja normal (yaitu, tidak ada kecelakaan dalam salah satu proses mulai dari manufaktur hingga menggunakan). Potensi dampak terhadap kesehatan manusia akibat paparan berbagai radiasi pengion direpresentasikan sebagai kilo Becquerel uranium 235 (kbq persamaan U235).

Nilai *Ionizing Radiation* pada *sludge enrichment tank* dan *sludge storage pond* memiliki nilai terendah bila dibandingkan dengan unit proses lain ( $\pm 1,00E+2$  kbq U235) hal ini disebabkan pada unit proses tersebut memiliki tingkat konsumsi energy yang cukup rendah dan juga pada proses tersebut tidak menggunakan bahan kimia tambahan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pengolahan air limbah di PT PLN Nusantara Power UP Gresik yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Impact 2002+ ini berfokus pada dampak lingkungan *non renewable energy*, *aquatic ecotoxicity* dan *ionizing radiation*. Pada unit proses *sludge enrichment tank* dan *sludge storage pond* memiliki dampak terendah dalam analisa yang dilakukan.

Berdasarkan dampak lingkungan yang terbesar rekomendasi alternatif perbaikan yang dapat diberikan antara lain dengan menggunakan bahan bakar yang dapat diperbaharui dan

mudah untuk beregenerasi, contohnya memanfaatkan sinar matahari melalui panel surya untuk mengubahnya menjadi energi alternatif.

### Daftar Pustaka

1. Campos, J. L., Valenzuela-Heredia, D., Pedrouso, A., Val Del Río, A., Belmonte, M., & Mosquera-Corral, A.. Greenhouse Gases Emissions from Wastewater Treatment Plants: Minimization, Treatment, and Prevention. *Journal of Chemistry* **2016**. Available from : <https://doi.org/10.1155/2016/3796352>
2. Raghuvanshi, S., Bhakar, V., Sowmya, C., & Sangwan, K. S. Waste Water Treatment Plant Life Cycle Assessment: Treatment Process to Reuse of Water. *Procedia CIRP* **2017**, (61), (hlm. 761–766). Available from : <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.170>
3. Brujin, H. de, Duin, R. van, & Hujibregts, M. A. J. *Handbook on Life Cycle Assesment*. 2002.
4. Li, Y., Luo, X., Huang, X., Wang, D., & Zhang, W. Life Cycle Assessment of a municipal wastewater treatment plant: a case study in Suzhou, China. *Journal of Cleaner Production*. **2013**, (57), ( hlm. 221–227). Available from : <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.035>
5. Niero, M., Pizzol, M., Bruun, H., & Thomsen, M. (2014). Comparative life cycle assessment of wastewater treatment in Denmark including sensitivity and uncertainty analysis. *Journal of Cleaner Production* **2014**, (68), (hlm. 25–35). Available from : <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.051>
6. Devi, S. A., Mirwan, M., Lingkungan, T., Teknik, F., Veteran, U., & Timur, J. INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Analisis Life Cycle Assessment (LCA) pada Proses Produksi Pupuk ZA II Menggunakan Metode Recipe 2016. *Media Cetak* **2023**, 2(3), (hlm. 620–632). <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.2074>
7. Effendi, A., & Ciptomulyono, U. (2015). Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytical Network Process (ANP) Untuk Manajemen Lingkungan Pada PT. Charoen Pokphand - Krian. *Jurnal Teknik ITS* **2015**, 1(1), (hlm. 1–6).
8. Acero, A. P., Rodríguez, C., & CirothAndreas. (2016). LCIA methods: Impact assessment methods in life cycle assessment and their impact categories. *GreenDelta, February 2014*, **2016**, (hlm. 1–23).

9. Fleeger, J. W., Carman, K. R., & Nisbet, R. M. Indirect effects of contaminants in aquatic ecosystems. *The Science of the Total Environment* **2003**, 317(1–3), (hlm. 207–233).  
[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00141-4)
10. Golsteijn, L., Hendriks, H. W. M., van Zelm, R., Ragas, A. M. J., & Huijbregts, M. A. J. (2012). Do interspecies correlation estimations increase the reliability of toxicity estimates for wildlife? *Ecotoxicology and Environmental Safety* **2012**, 80, (hlm. 238–243).  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.03.005>