

Available online at: <http://reactor.poltekatiptdg.ac.id/>

**REACTOR**  
Journal of Research on Chemistry and Engineering

| ISSN Online 2746-0401 |



## Pengaruh Pemasangan *Fine Bubble Diffuser* terhadap Nilai COD dan BOD Limbah Cair *Palm Oil Mill Effluent*

Khairul Akli <sup>1</sup>, Yolanda Aprila <sup>1</sup>, Addin Akbar <sup>1</sup>, Maria Isfus Senjawati <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang-Tabing, Padang, 25171, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang-Tabing, Padang, 25171, Indonesia

### ARTICLE INFORMATION

Received: May 22, 2022

Revised: June 29, 2022

Available online: June 30, 2022

### KEYWORDS

Aeration, BOD, COD, Fine Bubble Diffuser, Wastewater Treatment

### CORRESPONDENCE

Name: Khairul Akli

E-mail: [khairul.akli@poltekatiptdg.ac.id](mailto:khairul.akli@poltekatiptdg.ac.id)

### A B S T R A C T

The rapid development of the palm oil industry, which cannot be denied, has an impact on the amount of industrial waste, particularly wastewater, requiring proper and effective treatment to reduce the impact of the damage. Wastewater treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME) in an aerobic pond requires an adequate supply of oxygen so that its quality improves and becomes disposable, so it requires assistance from aeration media. A fine bubble diffuser was used as the aeration medium in this study. The aeration medium in this study was a fine bubble diffuser. The purpose of this research is to investigate the impact of installing a diffuser on the quality of the final wastewater, particularly the COD and BOD values, in the palm oil industry wastewater treatment. The analysis results for the wastewater parameters after the installation of the fine bubble diffuser revealed a significant reduction in the waste's COD and BOD values to 130 – 175 mg/L and 67 – 78 mg/L, respectively, making it more suitable for disposal to the environment.

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri sawit di Indonesia meningkat cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir, yang ditandai dengan semakin meluasnya areal perkebunan sawit dan produksi yang cukup pesat [1]. Limbah yang dihasilkan dari produksi pengolahan sawit cukup melimpah, baik padat maupun cair, yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga berpotensi menurunkan kualitas air tanah dan air permukaan [2], [3].

Limbah cair industri kelapa sawit disebut *Palm Oil Mill Effluent* (POME), yang memiliki kandungan kimiawi yang cukup tinggi dan dapat mengubah sifat kimia pada tanah, antara lain pH, unsur hara makro dan kapasitas tukar kation [4], [5]. Limbah cair ini umumnya diperoleh dari produk samping dari proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS) pada unit sterilizer, unit klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon, dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan berpotensi merusak air tanah dan

permukaan [6]. Salah satu metode yang dianggap efektif untuk pengolahan limbah POME adalah dengan metode aerasi. Metode ini dinilai dapat menurunkan kandungan minyak pada air limbah dan dapat memisahkan minyak dari air, serta parameter kualitas limbah seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS) dapat diturunkan [7]. Proses pengolahan limbah cair POME ini biasanya berlangsung pada kolam terbuka dan cukup luas, dengan waktu kontak yang lama, namun dapat diatasi dengan memanfaatkan pembudidayaan mikroalga *Chlorella* sp. [8] ataupun dengan sistem lumpur aktif dengan bantuan aerasi sehingga mampu menyediakan oksigen terlarut yang cukup besar dan waktu tinggalnya menjadi lebih singkat [9].

Metode aerasi dapat dinyatakan sebagai salah satu unit operasi dasar pada pengolahan limbah cair, dan dapat dilakukan dengan menggunakan media *diffuser*, seperti tipe *coarse bubble diffuser* dan *fine bubble diffuser*. *Coarse bubble diffuser* menghasilkan tingkat perputaran

yang tinggi sehingga alirannya cenderung turbulen, berbeda dengan *fine bubble diffuser* yang aliran udara dan airnya lebih laminar [10]. *Fine bubble diffuser* terbagi menjadi tiga jenis, antara *dome*, *disk* dan *tube* (pipa) [11]. *Fine bubble diffuser* jenis *tube* umum digunakan karena dapat menghasilkan gelembung-gelembung udara halus yang terdistribusi lebih merata dan seragam [12].

Penggunaan sistem aerasi dengan gelembung halus pada sistem lumpur aktif dapat meningkatkan koefisien perpindahan massa volumetrik (kLa) dari oksigen dengan jumlah yang cukup besar, memberikan sirkulasi spiral dari cairan yang cukup rendah, serta kebutuhan daya yang cukup rendah [13] [10]. Dispersi udara dalam air yang terkontrol dengan baik dan seragam akan menghasilkan sistem aerasi yang efisien, dan penggunaan *fine bubble diffuser* dapat menciptakan hilang tekan yang cukup kecil saat udara memasuki ruang air [14].

Pengolahan limbah cair sawit pada kolam aerobik di industri sawit masih belum menggunakan diffuser, hanya dengan bantuan aerator dan pada pengolahan lanjut hanya memanfaatkan lumpur aktif saja. Penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh pemasangan *fine bubble diffuser* pada instalasi pengolahan limbah industri sawit terhadap kualitas produk limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai BOD dan COD limbah sebelum dan setelah pemasangan *diffuser* pada kolam limbah aerobik.

## METODOLOGI

### *Alat dan Bahan*

Bahan utama yang digunakan pada penelitian adalah sampel limbah cair POME dari kolam aerobik pengolahan limbah industri sawit. Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *fine bubble diffuser* dan blower udara.

### *Metode Analisis*

Parameter baku mutu limbah cair yang dianalisis antara lain: pH, kadar nitrogen total, total padatan tersuspensi (TSS), kadar minyak dan lemak, *Chemical Oxygen Demand (COD)* dan *Biological Oxygen Demand (BOD)*. Proses analisis/pengujian mutu sampel limbah dilakukan oleh laboratorium PT Sucofindo, Palembang dengan mengacu pada metode uji tertentu.

### *Analisis pH*

pH merupakan derajat keasaman suatu senyawa kimia yang diukur dengan menggunakan pH meter sesuai metode uji 4500-H<sup>+</sup>-B [15].

### *Analisis Kadar Nitrogen Total*

Kadar nitrogen total dalam limbah cair termasuk nitrogen organik, ammonia total, NO<sub>3</sub> dan NO<sub>2</sub>. Pengujian kadar nitrogen total dilakukan dengan menggunakan metode uji 4500-N org-B [15].

### *Analisis TSS*

TSS dapat diartikan sebagai kandungan padatan suspensi total. Kadar TSS sampel limbah cair ini diukur dengan menggunakan metode uji 2540-D [15].

### *Analisis Minyak dan Lemak*

Kandungan minyak dan lemak dalam sampel limbah ini diukur dengan menggunakan metode uji SNI-6989-10:2011.

### *Analisis COD*

Nilai COD pada sampel limbah cair POME ini diuji dengan metode uji 5220 C [15].

### *Analisis BOD*

Pengujian nilai BOD limbah dilakukan dengan metode uji 5210 B untuk 5 hari dan suhu 20°C [15].

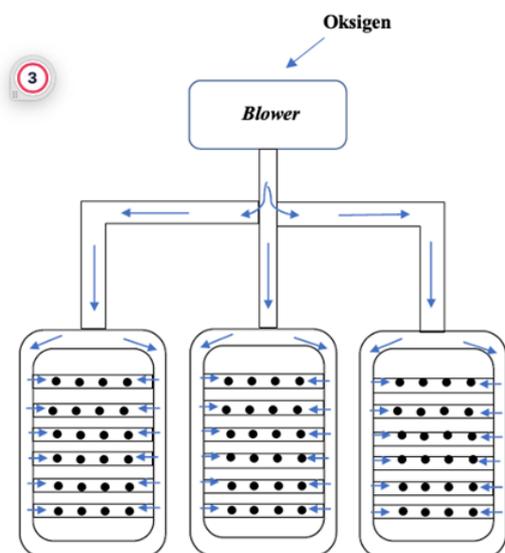
### *Mekanisme Kerja Kolam Aerobik*

Limbah cair POME hasil produksi pengolahan sawit dialirkan ke *effluent pond* untuk didinginkan temperaturnya 80°C menjadi 40°C, lalu diteruskan ke kolam anaerobik untuk diuraikan bahan buangan organik oleh bakteri/mikroba anaerob. selanjutnya akan diteruskan ke kolam fakultatif yang berfungsi untuk mendegradasi air limbah yang bebannya tidak terlalu tinggi. Setelah itu diteruskan ke kolam aerobik yang berfungsi untuk mengoksidasi dan menguraikan bahan buangan organik pada limbah dengan bantuan bakteri/mikroba aerob. Proses oksidasi ini membutuhkan oksigen yang cukup agar dapat teroksidasi sempurna melalui reaksi kimia, dan juga memenuhi kebutuhan oksigen bagi mikroba untuk menguraikan bahan buangan organik.

Proses oksidasi yang berlangsung pada kolam aerob memanfaatkan sistem lumpur aktif dengan metode aerasi. Pengolahan limbah dengan metode aerasi dimaksudkan untuk mengeliminasi senyawa-senyawa anorganik ataupun unsur-unsur kimia seperti zat besi, mangan, dan lain-lain melalui proses oksidasi, pembentukan senyawa terendapkan, dan proses lumpur aktif atau biofilter [16]. Proses pada kolam aerobik merupakan tahap terakhir sebelum limbah dapat dibuang ke lingkungan, sehingga harus dipastikan kualitasnya harus memenuhi baku mutu limbah yang telah ditetapkan oleh Pemerintah.

Tipe *diffuser* yang digunakan adalah *fine bubble diffuser* berbentuk tube panjang dan berlubang-lubang kecil yang

mampu menghasilkan gelembung-gelembung udara halus sehingga mampu meningkatkan difusivitas oksigen ke dalam air limbah. Suplai oksigen melalui *diffuser* ini dibantu dengan menggunakan blower udara. Oksigen dari blower akan diteruskan ke pipa-pipa berpori yang nantinya akan berfungsi sebagai media penyuplai oksigen. Oksigen akan keluar dari pori-pori pipa dalam bentuk gelembung-gelembung halus yang masuk ke dalam ruah cairan limbah. Skema sistem pengaliran udara dan bagan alat *fine bubble diffuser* ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Sistem aliran udara pada *fine bubble diffuser*



Gambar 2. Pipa berpori pada *fine bubble diffuser*

Observasi kualitas limbah pada kolam aerobik dilakukan selama 10 (sepuluh) bulan yang terdiri dari bulan I-V untuk periode sebelum pemasangan *diffuser* dan bulan VI-X untuk periode sesudah pemasangan *diffuser*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 dan 2 menampilkan hasil analisis parameter limbah cair sebelum dan sesudah pemasangan *diffuser*. Hasil uji laboratorium sampel limbah ada kolam aerobik pada bulan I-V menyatakan nilai COD dan BOD limbah POME masih cukup tinggi, walaupun masih memenuhi persyaratan baku mutu limbah cair. Oleh karena itu intensifikasi proses aerasi dilakukan dengan pemasangan *diffuser* pada kolam aerobik mulai pada bulan ke VI untuk menyuplai oksigen sesuai kebutuhan proses aerobik. Peningkatan kadar oksigen terlarut di dalam air limbah setelah adanya pemasangan *fine bubble diffuser* pada kolam aerobik ternyata mampu memberikan hasil yang cukup signifikan dalam menurunkan nilai COD dan

BOD air limbah, begitu juga dengan TSS, minyak dan lemak, serta kadar N-total. Peningkatan kadar oksigen ke dalam kolam aerobik dengan bantuan *fine bubble diffuser* dan sistem lumpur aktif ini ternyata mampu meningkatkan mutu buangan limbah industri sebelum benar-benar dibuang ke lingkungan dan jauh lebih aman.

Tabel 1. Hasil analisis parameter limbah cair sebelum pemasangan *diffuser*

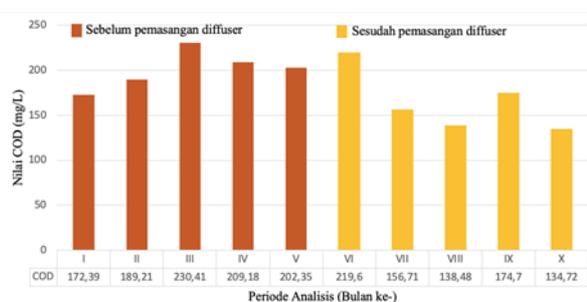
| Parameter               | Bulan ke |        |        |        |        | Baku Mutu |
|-------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|                         | I        | II     | III    | IV     | V      |           |
| pH                      | 8,17     | 8,51   | 8,52   | 8,53   | 8,54   | 6 – 9     |
| N-total (mg/L)          | 18,24    | 16,23  | 21,76  | 20,63  | 20,15  | 50        |
| TSS (mg/L)              | 154      | 178    | 229    | 197    | 182    | 250       |
| Minyak dan lemak (mg/L) | 6        | 7      | 7      | 8      | 6      | 25        |
| COD (mg/L)              | 172,39   | 189,21 | 230,41 | 209,18 | 202,35 | 350       |
| BOD <sub>5</sub> (mg/L) | 96,8     | 95,9   | 98,9   | 98,8   | 98,2   | 100       |

Tabel 2. Hasil analisis parameter limbah cair setelah pemasangan *diffuser*

| Parameter               | Bulan ke |        |        |       |        | Baku Mutu |
|-------------------------|----------|--------|--------|-------|--------|-----------|
|                         | VI       | VII    | VIII   | IX    | X      |           |
| pH                      | 8,56     | 8,45   | 8,17   | 8,14  | 8,85   | 6 – 9     |
| N-total (mg/L)          | 18,90    | 13,20  | 14,98  | 14,72 | 14,07  | 50        |
| TSS (mg/L)              | 216      | 139    | 105    | 154   | 108    | 250       |
| Minyak dan lemak (mg/L) | 7        | 5      | 4      | 4     | 4      | 25        |
| COD (mg/L)              | 219,60   | 156,71 | 138,48 | 174,7 | 134,72 | 350       |
| BOD <sub>5</sub> (mg/L) | 98,6     | 78,4   | 69,5   | 74,7  | 67,5   | 100       |

### Perbandingan Nilai COD Limbah Kolam Aerobik Sebelum dan Setelah Pemasangan Diffuser

Nilai COD pada limbah cair mengindikasikan jumlah senyawa-senyawa organik yang tersisa dan masih terkandung di dalam limbah cair. Hasil pengukuran nilai COD limbah cair POME pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



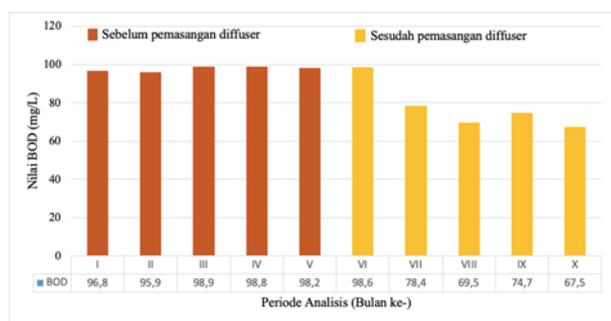
Gambar 3. Hasil analisis parameter COD limbah kolam aerobik sebelum dan sesudah pemasangan *diffuser*

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pemasangan *diffuser* dimulai pada bulan ke VI, dengan hasil rata-rata terlihat

telah terjadi penurunan nilai COD yang cukup signifikan, terutama pada bulan ke VII, VIII dan X dengan nilai COD limbah yang cukup rendah pada rentang 130-160 mg/L. Perubahan nilai COD limbah pada bulan ke-VI) belum tampak, hal ini mungkin disebabkan oleh pada bulan tersebut *diffuser* baru mulai dipasang, sehingga belum mampu memberikan efek yang cukup signifikan. Pemasangan *diffuser* mampu menurunkan nilai COD limbah cair karena kebutuhan oksigen untuk penguraian polutan organik dapat terpenuhi dengan baik dengan distribusi oksigen terlarut yang lebih merata.

### Perbandingan Nilai COD Limbah Kolam Aerobik Sebelum dan Setelah Pemasangan Diffuser

Nilai BOD pada limbah cair mengindikasikan banyaknya senyawa-senyawa organik yang mudah diuraikan (*biodegradable organics*) yang bersisa di dalam limbah cair, dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil analisis parameter BOD limbah kolam aerobik sebelum dan sesudah pemasangan *diffuser*

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai BOD sebelum menggunakan *diffuser* cenderung stabil pada rentang nilai 96-98 mg/L. Namun jika dibandingkan dengan setelah menggunakan *diffuser*, nilai BOD cenderung menurun. Nilai BOD pada bulan X yaitu 67,5 mg/L, dapat dilihat dari nilai nitrogen total pada bulan tersebut (Tabel 2) yaitu 14,07 mg/L, jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai nitrogen total pada bulan IV yaitu 20,63 mg/L. Nilai BOD memiliki korelasi yang kuat dengan parameter total nitrogen. Dalam limbah cair, nitrogen umumnya terdapat dalam bentuk organik yang kemudian oleh bakteri akan diubah menjadi amonia. Kondisi aerobik akan mengubah amonia menjadi nitrat dan nitrit oleh jenis bakteri seperti nitrosomonas dan nitrobakter, yang tentunya memerlukan nitrogen sebagai substrat, hal ini dapat dilihat pada total nitrogen bulan IV periode sebelum pemasangan *diffuser* yaitu 20,63 mg/L, sesudah pemasangan *diffuser* dapat dilihat bahwa nilai total nitrogen pada dasarnya cukup rendah, namun pada bulan IX nilai BOD dan COD tinggi, karena pada bulan tersebut terjadi hujan yang cukup sering sehingga membuat kolam meluap dan kandungan air kolam tercemar oleh sampah organik kasar seperti dedaunan

dan ranting-ranting pohon yang terbawa oleh aliran air hujan dari tempat yang lebih tinggi dari kolam aerobik. Faktor ini pula yang dianggap berpengaruh terhadap kenaikan nilai COD dan BOD pada air limbah kolam aerobik.

Setelah pemasangan *diffuser* dapat dibuktikan bahwa suplai oksigen ke dalam limbah kolam aerobik oleh *fine bubble diffuser* meningkat, yang diindikasikan dengan adanya penurunan nilai COD dan BOD limbah yang cukup signifikan. Oleh karena itu, limbah cair POME dari kolam aerobik ini menjadi lebih aman untuk dibuang ke lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media aerasi *fine bubble diffuser* pada kolam aerobik instalasi pengolahan limbah cair sawit (POME) mampu menurunkan nilai COD dan BOD limbah jauh dari baku mutu yang ditetapkan, yaitu nilai COD and BOD menjadi 130 – 175 mg/L and 67 – 78 mg/L, secara berturut-turut. Nilai ini telah memenuhi baku mutu limbah yang ditetapkan oleh Pemerintah yaitu COD pada 350 mg/L dan BOD pada 100 mg/L, sehingga menjadi lebih aman untuk dibuang ke lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Rahardjo, "Teknologi Pengelolaan Limbah Cair yang Ideal untuk Pabrik Kelapa Sawit," *J. Air Indones.*, vol. 2, Feb. 2018, doi: 10.29122/jai.v2i1.2291.
- [2] Melisa and A. Mulono, "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Studi Kasus pada PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau)," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 9, pp. 86–93, Nov. 2020, doi: 10.32520/jtp.v9i2.1281.
- [3] K. Daundi, M. Langsa, and A. Sirampun, "Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Kualitas Air pada Lahan Kelapa Sawit PT. PMP di Kabupaten Maybrat," *J. Nat.*, vol. 17, pp. 85–96, Jan. 2022, doi: 10.30862/jn.v17i2.148.
- [4] R. Rosmalinda and A. Susanto, "Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dalam Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Gambut," *J. Teknol. Agro-Industri*, vol. 5, p. 58, Nov. 2018, doi: 10.34128/jtai.v5i2.71.
- [5] A. Kahar, Y. Lewar, and Herawati, "Pengaruh Temperatur terhadap COD, BOD dan VFA pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dalam Bioreaktor Anaerobik," *J. Chemurg.*, vol. 4, pp. 8–14, Nov. 2020, doi: 10.30872/cm.g.v4i2.4588.
- [6] F. S, R. Annissa, and A. Tuhuloula, "Perbandingan Limbah dan Lumpur Aktif

terhadap Pengaruh Sistem Aerasi pada Pengolahan Limbah CPO,” *J. Konversi*, vol. 2, pp. 39–44, Apr. 2013, doi: 10.20527/k.v2i1.128.

- [7] M. Arsawan, I. Suyasa, and I. W. Suarna, “Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak,” *Ecotrophic J. Environ. Sci.*, vol. 2, Jan. 2007.
- [8] S. Elystia, I. Zulfa, and S. Rezeki Muria, “Pengaruh kombinasi Fe dan Co terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp. dan penyisihan COD limbah cair minyak sawit,” *Din. Lingkungan Indones.*, vol. 7, p. 95, Jul. 2020, doi: 10.31258/dli.7.2.p.95-101.
- [9] B. Trisakti, J. Pasaribu, T. Afrianty, T. Husaini, and I. Matsch, “Perancangan Prototipe Bioreaktor untuk Pengolahan Lanjut Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) secara Aerobik,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, pp. 43–48, Dec. 2013, doi: 10.32734/jtk.v2i4.1490.
- [10] R. Balmer, “Oxygen Transfer Tests Prove Efficiency of Fine Bubble Diffuser,” *Water Sew. Works*, vol. 124, p. 121, Sep. 1977.
- [11] G. Huibregtse, T. Rooney, and D. Rasmussen, “Factors Affecting Fine Bubble Diffused Aeration,” *J. (Water Pollut. Control Fed.)*, vol. 55, pp. 1057–1064, Aug. 1983, doi: 10.2307/25042024.
- [12] H. Takabatake, Y. Tanaka, K. Sugita, and A. Kitanaka, “Fine bubble diffusing pipe, fine bubble diffusing apparatus, and submerged membrane separation apparatus,” Oct. 15, 2013.
- [13] S. Capela, M. Roustan, and A. Héduit, “Transfer Number in Fine Bubble Diffused Aeration Systems,” *Water Sci. Technol.*, vol. 43, pp. 145–152, Feb. 2001, doi: 10.2166/wst.2001.0677.
- [14] M. (Roza), N. BĂran, A. Roza, and C. Mihaela, “The use of microtechnology’s in the construction of water aeration installations,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 960, p. 12019, Jan. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/960/1/012019.
- [15] E. W. Rice, R. B. Baird, and A. D. Eaton, *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 23rd*. AWWA (American Water Works Association), 2017.
- [16] A. Pătulea, N. BĂran, and C. Mihaela, “Measurements of Dissolved Oxygen Concentration in Stationary Water,” *World Environ.*, vol. 2, pp. 104–109, Sep. 2012, doi: 10.5923/j.env.20120205.02.