

PROSES SEEDING DAN AKLIMATISASI AEROB – ANAEROB UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI GONDORUKEM

Nabila Tasya Amalia dan Prayitno

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
nabilamalia23@gmail.com ; [prayitno@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Air limbah yang dihasilkan oleh industri gondorukem mengandung bahan – bahan organik BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang cukup tinggi sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan perairan. Salah satu metode pengolahan air limbah industri gondorukem adalah menggunakan proses biologi (anaerob – aerob) yang melibatkan bakteri anaerob – aerob. Efisiensi pengolahan sangat dipengaruhi oleh jumlah, metabolisme, dan aktivitas dari bakteri tersebut. Selanjutnya metabolisme mikroorganisme sangat ditentukan oleh proses pembenihan (*seeding*) dan aklimatisasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui laju pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah industri gondorukem. Penelitian dilakukan proses *seeding* terlebih dahulu yang kemudian dilanjutkan dengan proses aklimatisasi. Sedangkan parameter yang diuji adalah pH, suhu (*temperature*), dan jumlah mikroorganisme. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme pada aerob telah dapat berkembang biak dengan baik dalam hari ke 14 dengan capaian sebesar $9,1 \times 10^7$ dan hari ke 21 sebesar $0,9 \times 10^8$. Setelah hari ke 28, aktivitas mikroorganisme menurun mencapai $8,5 \times 10^6$. Pada aktivitas mikroorganisme anaerob berkembang baik pada hari ke 28 dengan capaian sebesar $3,1 \times 10^8$ lalu menurun di hari ke 35 sebesar $7,7 \times 10^6$.

Kata kunci: Air limbah, aklimatisasi, gondorukem, mikroorganisme, pembenihan

ABSTRACT

Wastewater produced by the gondorukem industry contains BOD (*Biological Oxygen Demand*) and COD (*Chemical Oxygen Demand*) organic materials that are high enough to potentially cause pollution to the aquatic environment. One method of gondorukem industrial wastewater treatment is to use biological processes (anaerobic - aerobic) involving anaerobic - aerobic bacteria. Processing efficiency is greatly influenced by the number, metabolism, and activity of these bacteria. Furthermore, the metabolism of microorganisms is largely determined by the process of seeding and acclimatization. The purpose of this study was to determine the growth rate of microorganisms contained in gondorukem industrial wastewater. The research was carried out seeding process first which was then continued with the acclimatization process. While the parameters tested are pH, temperature, and the number of microorganisms. The results showed that the activity of microorganisms in aerobes has been able to multiply well in day 14 with an achievement of $9,1 \times 10^7$ and day 21 of $0,9 \times 10^8$. After the 28th day, the activity of microorganisms decreased to $8,5 \times 10^6$. The activity of anaerobic microorganisms developed well on day 28 with an achievement of $3,1 \times 10^8$ then decreased on day 35 by $7,7 \times 10^6$.

Keywords: Wastewater, acclimatization, gondorukem, microorganisms, seeding

1. PENDAHULUAN

Industri gondorukem mengolah limbah cair yang dihasilkan dalam suatu IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dengan menggunakan proses netralisasi yang diikuti dengan proses biologi, dimana limbah luaran IPAL masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan di peraturan gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Hal ini disebabkan kurangnya bak pengolahan biologis pada IPAL sehingga, kinerja untuk pengolahan biologis kurang maksimal. Pada unit proses aerasi memiliki kinerja yang kurang baik dalam menurunkan bahan pencemar, bisa dikarenakan pada saat proses *seeding* dan aklimatisasi kurang efektif dalam kinerja mikroorganisme pada bak aerasi kurang optimal untuk mendegradasi bahan pencemar. Mikroorganisme yang terdapat pada air limbah gondorukem yaitu, *Bacillus sp.* yang dikelompokkan pada bakteri aerob dan *Staphylococcus sp.* yang dikelompokkan pada bakteri anaerob [1].

Dalam metode pengolahan umumnya dilakukan dengan cara secara kimia untuk penghilangan senyawa anorganik, sedangkan untuk penghilangan bahan pencemar organik biasanya dilakukan proses biologis atau biokimia [2]. Pengolahan air limbah secara biologi merupakan pengolahan yang memanfaatkan mikroorganisme atau lumpur aktif, dimana mikroorganisme atau lumpur aktif ini dimanfaatkan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah menjadi bahan yang sederhana dan tidak berbahaya untuk lingkungan [3]. Proses awal untuk pengolahan air limbah secara biologi yaitu dengan melakukan pengembangbiakan bakteri, proses ini sering disebut dengan *seeding* (pembenihan). *Seeding* dan aklimatisasi sangat penting dalam pengolahan limbah organik. Pengolahan sampah organik sangat ditentukan oleh pembenihan dan aklimatisasi. Proses *seeding* (pembenihan) adalah proses pertumbuhan mikroorganisme dalam suatu media, dan aklimatisasi adalah proses adaptasi mikroorganisme untuk berkembang dalam suatu reaktor [4]. Tahap *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme yang akan digunakan untuk pengolahan air limbah [5]. Sedangkan tahap aklimatisasi merupakan proses untuk mengadaptasikan mikroba yang terbentuk dengan bahan organik yang akan diolah [6].

Menurut penelitian yang dilakukan Ananda, dkk. (2017), proses aklimatisasi aktivitas mikroorganisme berkembang biak dengan baik dalam waktu 11 hari [7]. Pada proses *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan atau memperbanyak bakteri pada inokulum dengan pemberian nutrisi secara rutin [8]. Nutrisi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh bagi bakteri pada *biotreatment*. Pemberian nutri menggunakan dosis nutrisi 5% yang didasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya [9]. Nutrisi yang diberikan berupa glukosa ($C_6H_{12}O_6$), amonium klorida (NH_4Cl), *monopotassium phosphate* (KH_2PO_4), magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), dan kalsium klorida dihidrat ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$).

Limbah cair produksi gondorukem sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme sehingga perlu dilakukan persiapan inokulum agar dapat mengolah limbah cair produksi gondorukem secara efisien. Oleh karena itu, dilakukan penelitian proses *seeding* dan aklimatisasi ini untuk mengetahui laju pertumbuhan mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah industri gondorukem.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan eksperimental kuantitatif dengan melakukan percobaan skala laboratorium yang berada di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang.

Tujuan dari penelitian untuk mengetahui laju pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah industri gondorukem yang kemudian akan diolah menggunakan anaerob-aerob biofilter.

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada proses *seeding* dan aklimatisasi terdapat pada Gambar 1 yaitu, bak untuk *seeding* dan aklimatisasi aerob anaerob masing-masing ± 50 liter, aerator yang digunakan pada *seeding* dan aklimatisasi aerob, dan *air pump*. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk menghitung bakteri menggunakan metode cawan tuang dan TPC (*Total Plate Count*) dengan alat yaitu cawan petri, tabung reaksi, inkubator, mikropipet, tip, erlenmeyer, gelas ukur, *autoclave*, dan seperangkat alat *colony counter*.

Bahan yang digunakan untuk proses *seeding* dan aklimatisasi yaitu, air limbah industri gondorukem ± 100 L. Gambar 2 merupakan nutrisi yang digunakan pada proses *seeding* diantaranya, glukosa ($C_6H_{12}O_6$), amonium klorida (NH_4Cl), *monopotassium phosphate* (KH_2PO_4), magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), dan kalsium klorida dihidrat ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$), dan aquades sebagai pelarut. Bahan yang digunakan untuk analisis bakteri yaitu, media NA (*Nutrient Agar*), aquades, isolat bakteri.



Gambar 1. Peralatan proses *seeding* dan aklimatisasi aerob



Gambar 2. Bahan nutrisi pada proses *seeding*

2.2. Prosedur Percobaan

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sumber inokulum (*starter*) berasal dari limbah cair industri gondorukem.

- Proses *seeding* (pembenihan)
Pada proses ini reaktor dijalankan dengan sistem *seeding* (pembenihan) untuk mendapatkan biomassa dalam jumlah yang cukup untuk digunakan dalam percobaan. Mikroorganisme yang digunakan diambil dari unit pengolahan limbah industri gondorukem. Pada aerob mikroorganisme ini dibenihkan pada suatu bak diberikan tambahan aerator agar air limbah bersirkulasi udara sedangkan pada anaerob, cukup diberikan penutup agar tertutup penuh. Air limbah industri gondorukem dimasukkan ke dalam bak masing-masing sebanyak 12,5 L. Diberikan nutrisi sebanyak 5% dari jumlah air limbah yang glukosa ($C_6H_{12}O_6$), amonium klorida (NH_4Cl), *monopotassium phosphate* (KH_2PO_4), magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), dan kalsium klorida dihidrat ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) yang telah dicampur dan dilarutkan dengan aquades.
- Proses Aklimatisasi
Setelah proses *seeding* sudah stabil, maka akan dilanjutkan dengan proses aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan proses adaptasi mikroorganisme terhadap air limbah yang akan diolah. Proses ini juga dilakukan secara *batch* karena diharapkan mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak serta beradaptasi dengan kondisi baru secara perlahan lahan. Pengadaptasian dilakukan dengan cara mengganti pemberian nutrisi dengan pemberian air limbah dari industri gondorukem. Setiap 7 hari dilakukan penambahan air limbah sebanyak 12,5 L hingga mencapai 50 L untuk aerob maupun anaerob. Pemberian nutrisi dilakukan setiap hari selama 42 hari sebelum masuk ke reaktor untuk dilakukan pengolahan air limbah anaerob aerob biofilter [10].

2.3. Analisis Data

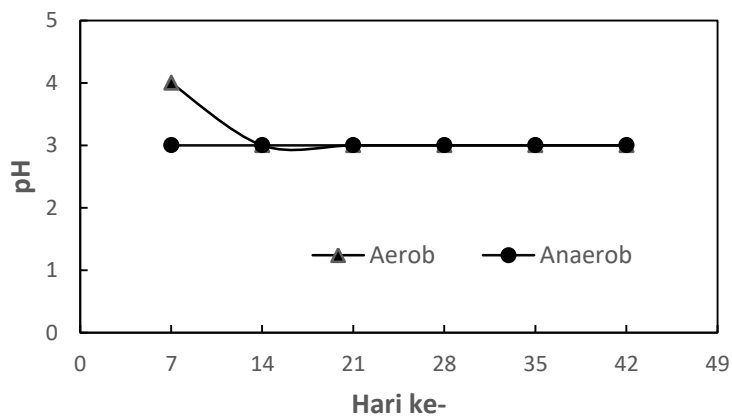
Analisis data didapatkan dari pengujian parameter pH, suhu, dan jumlah bakteri. Parameter pH diuji menggunakan kertas lakmus, parameter suhu diuji menggunakan termometer dan untuk jumlah bakteri diuji menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*) yang dilakukan dengan sampel hasil pemberian nutrisi selama 7 hari. Data didapat dari hasil pengamatan langsung di laboratorium. Data dianalisis secara deskriptif yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembenihan (*Seeding*)

Seeding merupakan proses pertama yang dilakukan dalam pengolahan limbah cair secara biologi untuk menumbuhkan mikroorganisme sebelum digunakan untuk mengolah air limbah [11]. Pertumbuhan bakteri didukung dengan pemberian nutrisi. Nutrisi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh bagi pertumbuhan bakteri. Nutrisi yang dibutuhkan harus mengandung unsur nitrogen, *carbon*, dan fosfor [12]. Nutrisi yang ditambahkan pada penelitian ini berupa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) sebagai sumber unsur karbon, amonium klorida (NH_4Cl) sumber unsur nitrogen, *monopotassium phosphate* (KH_2PO_4) sumber unsur fosfor, magnesium sulfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), kalsium klorida dihidrat ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) dengan rasio relatif sama. Penambahan nutrisi untuk mempercepat pertumbuhan bakteri / mikroorganisme.

Pada proses *seeding* dilakukan pengukuran parameter pH dan suhu (*temperature*). Parameter pH dilakukan selama 42 hari pemberian nutrisi. Gambar 3 menunjukkan pada kurun waktu hari ke-7 hingga hari ke-42 tidak menunjukkan adanya kenaikan pH, pH tetap berada di angka 3. Menurut penelitian proses *seeding* limbah rumah makan yang dilakukan Semarta, dkk. (2020), nilai pH berada pada rentang pH optimum yaitu kisaran pH 6,87 hingga pH 7,52 [13]. Parameter pH pada penelitian ini, belum sesuai dengan literatur dikarenakan nilai pH berkisar di angka 3. Menurut Tchobanoglous, dkk.(2004), peningkatan pH menunjukkan bahwa telah adanya aktivitas mikroorganismenya [14]. Rentang pH untuk mikroorganismenya membentuk gas *methane* adalah 6,60 - 7,60. Apabila pH menurun maka ditambahkan dengan larutan basa (NaOH), dan sebaliknya apabila pH meningkat (pH di atas 7,0) ditambahkan larutan asam (H₂SO₄). Namun, dengan pemberian nutrisi setiap harinya memungkinkan tetap terjadinya aktivitas mikroorganismenya meskipun pH di bawah dari 6 meskipun aktivitas kurang maksimal.



Gambar 3. Grafik pH Terhadap Waktu Pemberian Nutrisi

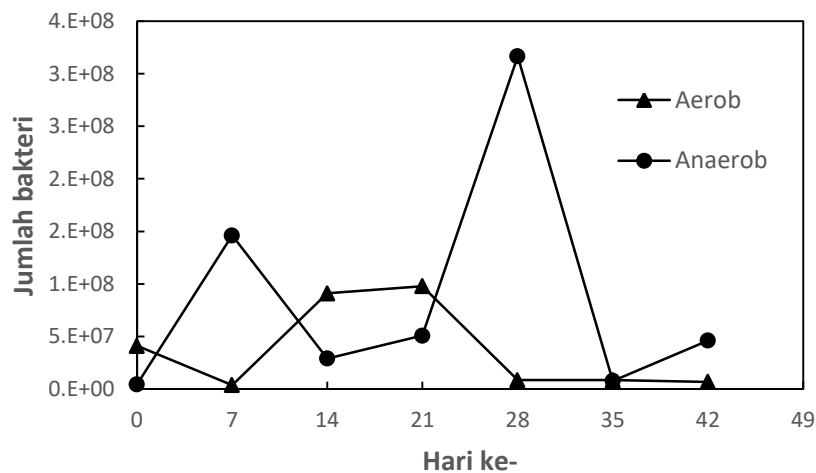
Selain itu, memantau suhu perlu dilakukan. Menurut kriteria pengolahan aerobik, suhu sekitar 23-27°C. Penelitian ini dilakukan pengukuran temperatur dengan hasil 25-27°C untuk pengolahan aerob maupun anaerob. Suhu (*temperature*) 25-35°C biasanya mampu mendukung laju reaksi biologi secara optimal dan dapat menghasilkan pengolahan yang lebih stabil [14]. Pada suhu tersebut mikroorganismenya dapat tumbuh dengan baik, dan dapat melakukan fermentasi terhadap materi organik yang ada dalam limbah.

3.2. Aklimatisasi

Dari perhitungan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*) ditentukan dengan persamaan 1.

$$\text{Koloni per mL} = \text{jumlah koloni pada cawan} \times 1 \text{ faktor pengenceran} \quad (1)$$

Gambar 4 merupakan hasil perhitungan jumlah koloni bakteri yang terdapat pada air limbah melalui proses *seeding* dengan pengolahan secara aerob maupun anaerob yang telah dilakukan selama 42 hari.



Gambar 4. Grafik jumlah bakteri terhadap jenis pengolahan

Perhitungan koloni dilakukan menggunakan “*Standar Plate Count*” dengan cara menghitung dari cawan serta memilih jumlah koloni yang ada di sampel yang layak untuk diaplikasikan [15]. Gambar 4 menunjukkan hasil *seeding* aerob pada hari ke-7 hingga hari ke-21 aktivitas bakteri/mikroorganisme sangat meningkat. Hari ke- 28 hingga hari ke-42 mengalami penurunan aktivitas bakteri. Hasil *seeding* anaerob menunjukkan pada hari ke-7 hingga hari ke- 28 aktivitas bakteri naik turun namun, pada hari ke- 35 aktivitas bakteri sangat menurun dan sedikit meningkat pada hari ke- 42.

Terjadinya aktivitas bakteri yang meningkat dan menurun bisa disebabkan karena tidak mengontrol pH pada saat awal penelitian, kelebihan limbah cair organik yang terkonsentrasi maupun karena limbah cair mengandung logam berat dan/atau zat toksik lainnya [16]. Menurut Rahayu dan N.Seril (2011), pH di atas 7,60 penguraian dapat berjalan tetapi dengan efisiensi berkurang, pH di bawah 6,20 efisiensi turun sangat cepat dan akan dihasilkan kondisi asam yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme [17].

Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) juga sangat berpengaruh pada proses aklimatisasi karena, nilai COD menjadi batas penentu apakah substrat telah *steady state* [7]. Parameter COD merupakan pengujian untuk melihat kontaminan yang ada senyawa organik dan anorganik pada air limbah [18].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, *seeding* (pembenihan) dilakukan selama 42 hari. Selama *seeding* parameter pH berada di nilai 3 dan tidak mengalami peningkatan. Pertumbuhan bakteri untuk proses anaerob tidak konstan, aktivitas bakteri meningkat penuh pada hari ke- 28 sebesar $3,1 \times 10^8$ dan menurun pada hari ke- 35 sebesar $7,7 \times 10^6$. Untuk proses aerob, aktivitas bakteri meningkat pada hari ke- 14 sebesar $9,1 \times 10^7$ dan hari ke 21 sebesar $0,9 \times 10^8$ aktivitas bakteri menurun pada hari ke- 28 mencapai $8,5 \times 10^6$ hingga hari ke- 42.

Untuk penelitian selanjutnya, pada proses *seeding* dan aklimatisasi dapat dilakukan pengontrolan pH dan suhu. Selain itu, dilakukan pengukuran parameter seperti pH, suhu, dan COD agar mengetahui aktivitas pertumbuhan mikroorganisme lebih maksimal.

REFERENSI

- [1] R. Megasari, D. Biyatmoko, W. Ilham, dan J. Hadie, "Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu," *Enviro Sci.*, vol. 8, hal. 89–101, 2012.
- [2] Metcalf dan Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. USA: McGraw-Hill, 2003.
- [3] L. I. Utami, K. N. Wahyusi, Y. K. Utari, dan K. Wafiyah, "Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses Batch," *J. Tek. Kim.*, vol. 13, no. 2, hal. 39–43, 2019.
- [4] R. Rahayu, "Penyisihan Konsentrasi COD dalam Proses Seeding dan Aklimitasi secara Anaerob Dengan Sistem Curah Menggunakan Fluidized Bed Reactor," *Semnastek*, vol. 2, hal. 1–6, 2018.
- [5] Indriyati, "Proses Pembenihan dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe Fixed Bed," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 2, no. 2, hal. 54–60, 2003.
- [6] H. A. Andary, W. Oktiawan, dan G. Samudro, "Studi Penurunan COD dan Warna Pada Limbah Industri Tekstil PT. APAC Inti Corpora Dengan Kombinasi Anaerob-Aerob Menggunakan UASB dan HUASB," 2010.
- [7] R. A. Ananda, H. Etih, dan Salafudin, "Seeding dan Aklimatisasi pada Proses Anaerob Two Stage System menggunakan Reaktor Fixed Bed," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 6, no. 1, hal. 1–9, 2017.
- [8] A. Syahri, D. Andrio, dan N. Veronika, "Proses Seeding dan Aklimatisasi untuk Pengolahan Anaerob Limbah Cair Produksi Minyak Sawit," *J. Tek. Lingkung. Univ. Riau*, vol. 3, no. 2, hal. 1–5, 2016.
- [9] Pitriani, A. Daud, dan N. Jafar, "Efektivitas Penambahan EM4 pada Biofilter Anaerob-Aerob dalam Pengolahan Air Limbah RS. UNHAS," *Univ. Hasanudin*, 2014.
- [10] Titiresmi, "Proses Pembenihan Dan Aklimatisasi Mikroorganisme dari Limbah Pabrik Permen Untuk Lumpur Aktif," vol. 5, no. 2, hal. 139–144, 2009.
- [11] G. Mukhtar, R. Iwan, N. Mina, dan S. R. Tintin, "Pemanfaatan Nutrisi Terfermentasi untuk Penurunan Kadar COD/BOD Air Limbah Industri," *J. Ind. Serv.*, vol. 3, no. 1b, hal. 231–234, 2017.
- [12] T. Widjaja dan L. Sunarko, "Pengaruh perbandingan nutrisi terhadap pengolahan minyak secara biologis dengan bakteri *mixed-culture*," *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 7, no. 1. hal. 753, 2018.
- [13] I. W. W. A. Semarta, E. Hartati, dan Salafudin, "Proses Seeding dan Aklimatisasi pada Anaerobic Trickling Reactor," *Inst. Teknol. Nas.*, vol. 8, no. 1, hal. 38–49, 2020.
- [14] G. Tchobanoglous, H.Theissen, dan S. . Vigil, *Integrated Solid Waste Management*. USA: McGraw Hill, 2004.
- [15] A. Azizah dan E. Soesetyaningsih, "Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan," *Berk. Sainstek*, vol. 8, no. 3, hal. 75, 2020.
- [16] E. T. S. Agustinus, H. Sembiring, dan E. Effendi, "Implementasi Material Preservasi

- Mikroorganisme (Mpmo) Dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah,” *J. Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 24, no. 1, hal. 65, 2014.
- [17] Rahayu dan N. Seril, “Kemampuan Upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) Reaktor dalam Mempertahankan Kondisi Optimum dalam Penyisihan Senyawa Organik Pada iowaste Fasa Cair Tanpa Menggunakan Pengaturan pH,” Institut Teknologi Bandung, 2011.
- [18] H. Budiastuti, L. I. Ramadhani, S. Harris, A. D. Maharani, dan R. Sudarman, “Seeding and Acclimatization for Aerobic Processing of Restaurant Wastewater with Sequencing Batch Reactor,” vol. 16, no. 1, 2023.