

ANALISIS KADAR BOD DAN pH PADA LIMBAH LABORATORIUM DENGAN METODE FITOREMEDIASI ECENG GONDOK (*Eichornia Crassipes*)

Analysis of BOD Levels in Laboratory Waste Using the Phytoremediation Method of Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*)

Lina Malina¹⁾, Rasyidah²⁾, Ahmad Akbar Ramadhani³⁾

¹⁾ *Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani Simpang Empat Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia/e-mail: lina.malina@ulm.ac.id*

²⁾ *Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani Simpang Empat Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia/e-mail: rasyidah@ulm.ac.id*

³⁾ *Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A.Yani Simpang Empat Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia/e-mail: akbar.ramadhani@ulm.ac.id*

Abstract

Laboratory wastewater is characterized by significant pollutants, including surfactants, phosphates, organic compounds, and inorganic compounds, leading to elevated BOD levels. BOD (Biological Oxygen Demand) serves as a key parameter for assessing the likelihood of pollution in waste materials. The higher the BOD level, the greater the potential for pollution. The utilization of phytoremediation technology with water hyacinth plants presents a promising alternative for the removal of waste pollutants, harnessing natural resources that are frequently regarded as weeds. This study thus seeks to examine BOD levels, the impact of water hyacinth quantity and waste exposure duration, and the effectiveness of the water hyacinth phytoremediation technique in lowering BOD levels in laboratory waste. This study's benefits are to provide information on BOD level analysis, examine the impact of water hyacinth quantity and the duration of waste exposure, and assess the effectiveness of the water hyacinth phytoremediation method on BOD levels in laboratory waste. The employed research method is experimental, utilizing phytoremediation with water hyacinth plants, structured as a Factorial Randomized Block Design (RAK) with two factors and three replications. The variations consisted of 5, 10, and 15 plant clumps, with exposure durations of 3, 6, and 9 days. BOD levels were determined using the SNI 6989.72: 2009 method for the Biochemical Oxygen Demand/BOD test. The study results demonstrated an efficiency in reducing BOD levels ranging from 83.60% to 96.33%. The number of water hyacinth clumps and the duration of waste exposure had a substantial impact on the reduction of BOD and COD, with a significance level of less than 0.01. The effectiveness of the water hyacinth phytoremediation method in reducing BOD levels in laboratory waste achieved a notable N gain score of 93.27%. In conclusion, the efficiency of BOD reduction attained 96.33%. Furthermore, an increased quantity of water hyacinth plants and prolonged exposure to waste would further diminish BOD levels, indicating that the water hyacinth phytoremediation technique is effective in lowering BOD levels in laboratory waste.

Keywords: BOD; laboratory waste; phytoremediation; water hyacinth

PENDAHULUAN

Limbah adalah sisa-sisa yang tidak terpakai dalam bentuk padat, cair, atau gas yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas atau pekerjaan. Limbah laboratorium adalah limbah yang dihasilkan dari reaksi larutan kimia yang berbeda yang dilakukan di laboratorium. Limbah ini mengandung kontaminan seperti surfaktan, fosfat, dan senyawa organik dan anorganik, yang menghasilkan nilai pH dan BOD yang tinggi. BOD adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui apakah ada bahan pencemar dalam limbah. Nilai BOD yang lebih tinggi dalam limbah menunjukkan lebih besar kemungkinan terjadi kontaminasi. Membuang limbah B3 langsung ke lingkungan tanpa pengolahan akan berdampak negatif pada kesehatan dan lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh Indrayani dan Rahmah (2018) menunjukkan bahwa paparan limbah yang lama akan berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan.

Untuk menghindari bahaya limbah yang terkandung dalam limbah, analisis kualitas limbah harus dilakukan sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Analisis ini merupakan langkah pertama untuk mengatasi masalah yang berdampak buruk terhadap lingkungan, seperti kekeruhan air, kerusakan tanah, penurunan proses fotosintesis, kerusakan tanaman, dan polusi udara, yang menyebabkan kekurangan oksigen dan berdampak negatif secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Seperti yang dinyatakan oleh Valerie *et al.* (2018), efek limbah dapat membahayakan kesehatan manusia seperti tumor, kanker, mutasi genetik, dan peradangan. Indikator kimia dan biologi dapat digunakan untuk menganalisis kualitas limbah. Indikator biologi dapat diukur dari perilaku atau keadaan lingkungan yang terpengaruh, sedangkan indikator kimia dapat digunakan dengan mengukur kebutuhan oksigen dalam limbah tersebut atau pengukuran BOD.

Selain analisis BOD diperlukan juga analisis pH untuk mengetahui keasaman

mutu limbah. Menurut Sugiharto (2008) pH merupakan konsentrasi ion Hidrogen yang dapat menentukan tingkat keasaman kualitas air limbah. Air limbah dengan konsentrasi keasaman yang tinggi akan mengganggu proses biologis dalam biota perairan, menyebabkan terganggunya proses kehidupan di air. Nilai pH yang tinggi dibawah pH netral 7. pH netral untuk air adalah 7. Menurut Boyd (2011) derajat keasaman yang ditunjukkan oleh nilai pH merupakan parameter asam basa suatu larutan, zat atau benda.

Salah satu uji kimia yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas limbah adalah parameter pH. Bahan kimia yang ada dalam air atau limbah akan mempengaruhi nilai pH yang tinggi. Nilai pH air limbah cenderung bersifat asam jika berada di bawah angka 7 dalam situasi ini, menunjukkan bahwa air limbah sangat tercemar atau berbahaya. Sebaliknya, jika nilai pH lebih rendah dan berada di atas angka 7 maka nilai air limbah cenderung masih dalam tahap yang baik selama tidak melampaui batas pH netral. Salah satu indikator pengolahan air limbah adalah PH. Zulius (2011) menyatakan bahwa pengukuran pH sangat penting untuk menentukan kualitas pengolahan suatu industri atau produk yang relevan dengan kehidupan.

Fitoremediasi adalah teknologi alternatif yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair. Fitoremediasi melibatkan penggunaan tanaman untuk mengurangi polutan tanah atau air yang terkontaminasi. Jenis tanaman yang digunakan dalam pengolahan sampah dapat berupa tanaman yang hidup di darat atau di air. Namun, karena penggunaan yang lebih efisien dan bertahan lama dalam pengelolaan sampah, tanaman air lebih sering digunakan (Ryanita *et al.*, 2020).

Penggunaan media tanaman hijau untuk menghilangkan, menyerap, dan mengubah polutan berbahaya seperti logam berat dikenal sebagai fitoremediasi. Pencemaran logam berat dapat diatasi dengan teknologi fitoremediasi (Ningrum *et*

al., 2020; Zahro *et al.*, 2020). Studi yang dilakukan oleh Novita *et al* (2020) menemukan bahwa fitoremediasi menggunakan eceng gondok dan lempang dapat menurunkan kadar BOD. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Mutmainah *et al* (2019) menemukan bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart, Solms)) efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah pabrik kelapa sawit. Salah satu cara untuk mencegah pencemaran air yang disebabkan oleh eceng gondok adalah fitoremediasi. Menurut studi literasi, teknik fitoremediasi dengan menggunakan tanaman eceng gondok efektif mengurangi limbah rumah tangga dan timbal. Teknik ini juga menurunkan BOD, TDS, COD, dan TSS, serta dapat menurunkan kadar Pb dan mengubah pH. Teknik fitoremediasi yang menggunakan tanaman eceng gondok dapat membantu kehidupan baik saat ini maupun di masa depan (Zahro *et al.*, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kadar BOD dan pH, faktor-faktor yang mempengaruhi seperti jumlah eceng gondok dan lama paparan limbah, dan seberapa efektif metode fitoremediasi eceng gondok dalam mengurangi kadar BOD dan pH limbah laboratorium. Salah satu alternatif pengolahan limbah adalah fitoremediasi, yang memanfaatkan gulma, sumber daya alam, sebagai media pengolahan limbah atau fitoremediator.

METODOLOGI PENELITIAN

Eksperimen rancangan kelompok acak (RAK) faktorial terdiri dari dua faktor dan tiga ulangan. Biomassa eceng gondok (B), komponen pertama, memiliki 3 komposisi B1 memiliki 5 rumpun, B2 10 rumpun tanaman, dan B3 15 rumpun tanaman. Komponen kedua adalah periode paparan limbah (H), yang terdiri dari tiga macam: H1 3 hari, H2 6 hari, dan H3 9 hari. Terdapat total 18 perlakuan berdasarkan kedua faktor tersebut, dengan enam kombinasi perlakuan, termasuk tiga

perlakuan ulangan. Air suling (K1) berfungsi sebagai kontrol negatif dan limbah tanpa eceng gondok (K2) berfungsi sebagai kontrol positif. Parameter yang diuji adalah kadar BOD dan pH.

Alat yang digunakan termasuk pH meter, gelas kimia, pipet volume, botol winkler, aerator, labu ukur, oven, mikroburet, stand mikropipet, tabung kultur borosilikat, tabung sampel blok pemanas, timbangan analitik, wadah (bak) plastik, botol, dan corong.

Bahan yang digunakan termasuk larutan buffer pH 4, larutan buffer pH 7, larutan buffer pH 10, larutan CRM, tisu, MnSO₄, NaN₃, NaOH, NaI, akuades, H₂SO₄, larutan glukosa glutamat, dan sampel air suling.

Prosedur Penelitian

Penyediaan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Tanaman yang digunakan adalah eceng gondok yang dikumpulkan langsung dari Sungai Martapura di sekitar Desa Tajau Landung, Kecamatan Sungai Tabuk, Kabupaten Banjar. Tahap pertama adalah aklimatisasi eceng gondok. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan kondisi tanaman agar eceng gondok dapat beradaptasi dengan kondisi air limbah yang diolah. Aklimatisasi eceng gondok dalam wadah dengan air bersih selama tujuh hingga delapan hari sebelum dipindahkan ke wadah pengolahan. Tanaman eceng gondok yang digunakan adalah jenis yang sama, berwarna hijau segar dan berukuran sama. Satu rumpun tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang digunakan memiliki 3–6 helai daun. Daunnya masih segar dan tidak menguning, dan tingginya 10–15 cm.

Metode Fitoremediasi Limbah Cair Laboratorium

Empat bak atau wadah berukuran 57,5 cm x 42,5 cm x 40,5 cm masing-masing berisi dua puluh liter sampel limbah cair laboratorium. Setelah teraklimatisasi,

eceng gondok dengan ukuran, umur, dan jumlah yang sama ditempatkan pada wadah A, B, C, dan D dengan waktu kontak yang berbeda dari satu hingga sembilan hari. Pada setiap kontak, diambil 75 mililiter sampel limbah untuk mengukur pH dan BOD.

Pengukuran pH

Kalibrasi pH meter, elektroda dibilas dengan akuades dan dikeringkan dengan tisu halus. Elektroda dicelupkan ke dalam larutan buffer 4 sampai pH meter menunjukkan angka yang stabil. Hasilnya pada layar pH meter dicatat. Proses analisis pH sampel dilakukan sekali lagi terhadap pH 7, 10 dan larutan CRM.

Pengukuran BOD

Untuk menguji kebutuhan oksigen biologi (BOD), sampel disesuaikan suhunya menjadi $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Pada langkah pertama, diukur pH sampel; jika nilainya kurang dari 6,0 hingga 8, ditambahkan larutan H_2SO_4 jika pHnya lebih tinggi dari 8, dan NaOH jika nilainya lebih rendah dari 6, dan pH disesuaikan dengan kisaran tersebut. Larutan glukosa-asam glutamat diambil 20 mililiter dan dimasukkan ke labu pengenceran, berdasarkan sampel yang akan diuji, diperkirakan menghasilkan sisa oksigen terlarut sebesar 1,0 mg/l dan penurunan oksigen terlarut sebesar 2,0 mg/l. dilakukan inkubasi selama lima hari, dan dapat dilakukan pemeriksaan BOD.

Uji sampel BOD dilakukan dengan menyiapkan dua botol Winkler dengan tanda A1 dan A2. Kemudian, sampel uji dimasukkan ke A1 dan A2 dengan air pengencer sampai melewati permukaan botol. Ditambahkan akuades pada permukaan mulut botol lalu ditutup agar tidak terbentuk gelembung udara dan dikocok beberapa kali. Selama lima hari, botol A2 disimpan dalam inkubator pada suhu 20°C (plus atau minus 1°C). Ditambahkan 1 mililiter MnSO_4 , 1 mililiter H_2SO_4 , dan 1 mililiter larutan alkali iodida azida (NaN_3 , NaOH , dan NaI) ke botol A1. Kemudian ditambahkan 1 hingga 2 tetes indikator amilum ke botol A1. Pengukuran

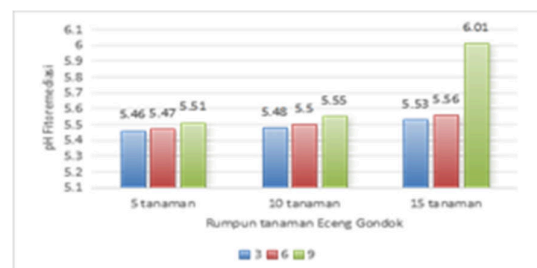
dilakukan secara iodometri (modifikasi Azida) dengan titrasi. ditunjukkan sebagai nilai oksigen terlarut hari nol (A1). Pengukuran ini dilakukan setelah pengeceran tidak boleh lebih dari 30 menit. Setelah inkubasi 5 hari, botol A2 dilakukan pengerjaan seperti seperti A1, nilai oksigen terlarut (A2) diperoleh selama lima hari; pengujian blanko tanpa sampel hanya menggunakan air pengencer; nilai oksigen terlarut B1 diperoleh selama nol hari dan B2 diperoleh selama lima hari. Untuk kontrol standar, menggunakan larutan glukosa asam glutamat. Nilai oksigen terlarut diperoleh selama nol hari dan lima hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menganalisis metode fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok pada limbah laboratorium sisa praktikum sidik jari. Jumlah rumpun tanaman eceng gondok adalah 5, 10, dan 15 tanaman, dan waktu pemaparan adalah 3, 6, dan 9 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kandungan BOD dan pH pada limbah yang telah dilakukan fitoremediasi.

Analisis PH

Hasil analisis pH dari penelitian yang dilakukan dengan mengubah jumlah tanaman dan rumpun eceng gondok yang digunakan dan waktu pemaparan limbah (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik pH Fitoremediasi Eceng Gondok

pH fitoremediasi berkisar antara 5,44-6,01, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. pH kontrol positif adalah 5,44

untuk limbah tanpa eceng gondok, dan pH kontrol negatif adalah 6,7 untuk akuades. Uji anova dua arah, yang dipengaruhi oleh waktu dan jumlah rumpun tanaman, menunjukkan bahwa nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pH fitoremediasi dipengaruhi oleh kedua faktor tersebut, yaitu waktu dan jumlah rumpun tanaman. Dengan demikian, pH limbah tetap asam pada pH 5,44, sehingga hasil harus dilanjutkan dengan uji SPSS.

Hasil uji anova dua arah menunjukkan bahwa dua faktor, variasi jumlah tanaman dan lama pemaparan, mempengaruhi pH fitoremediasi, dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dua faktor tersebut mempengaruhi pH fitoremediasi, yaitu waktu dan jumlah rumpun tanaman. Hasil uji Duncan menunjukkan nilai rata-rata tertinggi pada hari ke-9 dan jumlah 15 rumpun tanaman. Hasil uji lanjut perlakuan lama pemaparan dan jumlah rumpun tanaman memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kedua variasi tersebut.

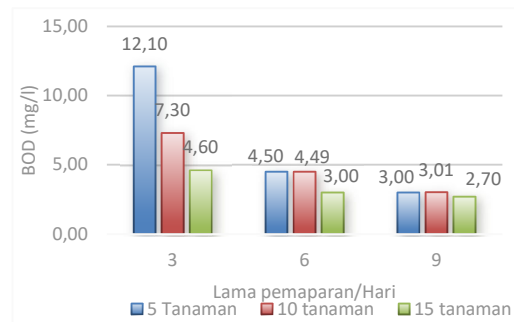
Gambar 1 menunjukkan penurunan pH yang sangat nyata ($P < 0,01$). Semakin banyak permukaan bak atau wadah yang tertutupi oleh eceng gondok menyebabkan nilai pH turun dari asam menuju basa. Ini memberikan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme pengurai, terutama yang menempel pada bagian akar dan batang eceng gondok dalam air. Semakin banyak mikroorganisme pengurai, semakin banyak pemecahan bahan organik. Menurut Effendi (2000), gas yang dihasilkan dari pemecahan bahan organik (CO_2) akan bersifat asam dan meningkatkan tingkat keasaman karena proses ini menghasilkan karbondioksida (CO_2).

Gambar 1 menunjukkan bahwa pH rata-rata berkisar antara 5,44-6,01 selama fitoremediasi. pH kontrol positif adalah 5,44 untuk limbah tanpa eceng gondok, dan pH kontrol negatif adalah 6,7 menggunakan akuades. Hasil pengukuran nilai pH

menunjukkan bahwa nilai pH yang cenderung normal dan masih memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Adanya whey atau cairan yang mengandung asam menyebabkan pH air limbah berkonsentrasi di antara 5-6. Organisme akan mati jika kondisi perairan sangat asam atau basa mengganggu metabolisme dan respirasi. pH yang diamati dalam penelitian ini cenderung turun dari 5,46 menjadi 6,01. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mustafa *et al.* (2019), di mana metode fitoremediasi menggunakan eceng gondok menyebabkan senyawa organik diserap oleh akar eceng gondok, sehingga gas asam yang dihasilkan dari proses penguraian senyawa organik akan berkurang, karena akar eceng gondok telah menyerapnya sebagian. Ini mengakibatkan penurunan nilai pH, yang berarti bahwa nilainya menuju ke pH netral, atau 7.

Analisis BOD

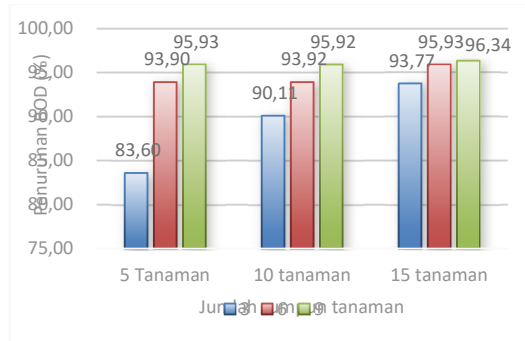
Data tentang jumlah oksigen (mg/l) yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan benda organik dalam sampel penelitian ini diperoleh dari perlakuan jumlah rumpun eceng gondok dan waktu pemaparan limbah (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Kandungan BOD

Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa penurunan BOD terjadi selama fitoremediasi, dengan variasi jumlah rumpun dan waktu pemaparan. Ada pengaruh yang signifikan antara jumlah rumpun tanaman eceng gondok dan lama pemaparan terhadap limbah terhadap penurunan BOD pada fitoremediasi. Ini terbukti dengan uji BOD rancangan acak

lengkap dengan SPSS diperoleh signifikansi $< 0,01$. Penurunan BOD paling besar terjadi pada jumlah rumpun 15 dan lama pemaparan selama 9 hari. Selain itu, penelitian ini menemukan kontrol negatif 0 mg/l dan kontrol positif 73,8 mg/l, menunjukkan persentase penurunan BOD terhadap kedua faktor perlakuan (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Penurunan BOD

Uji coba rancangan acak lengkap (RAL) dengan SPSS terhadap jumlah rumpun eceng gondok dan lama paparan limbah menunjukkan signifikansi kurang dari 0,01. Hasil analisis yang ditunjukkan pada Gambar 3 menunjukkan derajat penurunan kandungan BOD dari 83,60 hingga 96,33%, saat fitoremediasi dengan 15 rumpun merupakan nilai persentase penurunan BOD tertinggi sebesar 96,33%. Nilai signifikansi tersebut menunjukkan bahwa metode fitoremediasi eceng gondok menurunkan kandungan BOD limbah secara signifikan. Uji N-gain dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif metode fitoremediasi eceng gondok dalam mengurangi kandungan BOD pada limbah (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Persentase N-Gain Score Fitoremediasi Eceng Gondok

Lama Pemaparan /hari	% N-gain score		
	5 tanaman	10 tanaman	15 tanaman
3	83.60	90.11	93.77
6	93.90	93.92	95.93
9	95.93	95.92	96.34

Tabel 2. N-Gain Score BOD

	NMin	Max	Mean	Std.Dev
N-Gain BOD	27	84	96	9327 .03948
ValidN (listwise)	27			

Tabel 1 menunjukkan nilai N-gain untuk nilai BOD 83.60-96.37%, menunjukkan bahwa penggunaan fitoremediasi eceng gondok efektif dengan perbedaan rumpun tanaman dan perbedaan waktu. Nilai N-gain score lebih dari 76%. Selanjutnya, uji statistik dilakukan lagi untuk metode dan perlakuan secara keseluruhan, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai N-gain rata-rata adalah 93.27%, lebih tinggi dari 76%. Mengacu pada dasar keputusan untuk efektivitas N-gain, sumber Hake, R. (1999) pada tabel 3 kategori interpretasi efektivitas dengan N-gain score.

Tabel 3. Kategori Tafsiran Efektivitas N-Gain Score

Persentase (%)	Tafsiran
< 40	Tidak Efektif
40 - 55	Kurang Efektif
56 - 75	Cukup Efektif
>76	Efektif

Persentase rata-rata yang diperoleh sebesar 93,27%, atau lebih dari 76%, termasuk dalam kategori yang memenuhi kriteria efektif, seperti ketetapan yang ditunjukkan oleh tabel 3. Sehingga dapat diinterpretasikan metode fitoremediasi eceng gondok dalam menurunkan kadar BOD pada limbah adalah efektif.

Nilai BOD turun karena akar tanaman eceng gondok menyerap bahan organik sampel air limbah laboratorium dan menyalurkan ke bagian tanaman lain selain akar. Semakin banyak bahan organik yang terserap dalam limbah, semakin sedikit bahan organik yang diuraikan oleh bakteri atau mikroorganisme, sehingga kebutuhan oksigen menurun. Dengan jumlah penyerap (eceng gondok) yang lebih besar dan waktu kontak yang lebih lama, BOD menurun

dengan efisiensi paling tinggi sebesar 96,34% pada 9 hari, paparan waktu terpanjang dan rumpun yang terbanyak. Ini disebabkan oleh fakta bahwa semakin banyak penyerap (eceng gondok) dan waktu kontak eceng gondok yang lebih lama, semakin banyak senyawa organik yang terserap dan ditransfer ke bagian tanaman. Semakin banyak rumpun eceng gondok, semakin sedikit senyawa organik yang diuraikan oleh bakteri. Hal ini yang menyebabkan Nilai BOD yang paling banyak mengalami penurunan BOD paling rendah dan persentase penurunan yang paling tinggi.

Sebaliknya apabila nilai BOD tinggi, menunjukkan tingginya aktivitas mikroorganisme dalam air limbah karena banyaknya senyawa organik yang terkandung didalamnya. seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Yamashita *et al* (2022) tingginya nilai BOD menunjukkan aktivitas mikroorganisme yang tinggi dalam air uji. Ini juga merupakan indikator banyaknya kandungan senyawa organik dalam air uji.

Uji BOD hanya mengukur jumlah relatif oksigen yang dikonsumsi untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air limbah, jadi tidak dapat digunakan untuk mengetahui berapa banyak senyawa organik yang ada dalam air limbah (Ariani *et al.*, 2021). BOD akan lebih tinggi jika konsumsi oksigen mikroorganisme meningkat, karena kandungan oksigen dalam air juga meningkat (Osada *et al.*, 1991).

Sangat mudah untuk mengetahui nilai BOD dengan menghitung kandungan oksigen terlarut awal sampel sebagai DO_i setelah pengambilan sampel. Diukur selama 5 hari inkubasi pada suhu konstan (20°C) dan ruang gelap tertutup sebagai DO₅. Nilai BOD dalam miligram oksigen per liter (mg/l) adalah perbedaan DO_i dan DO₅, menurut Liang *et al.* (2018). Oleh karena itu, pada dasarnya diharapkan bahwa dalam kondisi gelap tidak terjadi fotosintesis yang menghasilkan oksigen; sebaliknya, mikroorganisme mengurai zat-zat tersebut pada suhu konstan selama lima hari, dan

sisia oksigen dikenal sebagai DO₅ (Atima, 2015).

Perlakuan banyaknya jumlah rumpun dan lama pemaparan menyebabkan penurunan kandungan BOD yang signifikan pada penelitian ini. Perbedaan ini disebabkan oleh fakta bahwa akar tanaman memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menyerap senyawa organik, sehingga mikroorganisme tidak memerlukan banyak oksigen untuk mengurai senyawa organik. Akibatnya, semakin banyak akar, semakin banyak senyawa organik yang dapat diserap oleh akar, sehingga mikroorganisme hanya memerlukan lebih sedikit oksigen untuk menguraikan sisa senyawa organik yang tidak terserap oleh akar eceng gondok.

Menurut Chandra dkk (2017) dan Pancadewi dkk (2016), mikroorganisme bersimbiosis dengan akar tanaman, menurunkan kandungan bahan organik dalam air limbah. Oksigen yang dihasilkan saat fotosintesis eceng gondok diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik. Ketika fotosintesis menghasilkan lebih banyak oksigen, pasokan oksigen meningkat, yang mengakibatkan penurunan nilai BOD. Semakin banyak kandungan oksigen, semakin cepat mikroorganisme dapat menguraikan bahan organik. Morfologi daun dan batang eceng gondok adalah komponen tambahan yang berkontribusi pada penurunan nilai BOD. Semakin banyak daun dan batang eceng gondok, semakin banyak proses fotosintesis yang terjadi dan semakin banyak oksigen yang dihasilkan. Selain itu, lamanya kontak dengan eceng gondok dan paparan limbah dapat mempengaruhi jumlah oksigen dalam air limbah. Semakin lama proses penyerapan senyawa organik, semakin banyak oksigen yang dihasilkan.

Selain itu, jumlah oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis eceng gondok dapat dipengaruhi oleh lamanya kontak eceng gondok dengan paparan limbah. Nilai BOD tanaman air setelah perlakuan berubah secara signifikan, menurut hasil uji statistik. Ini sesuai dengan temuan

penelitian ini. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian lain. Hafidhin *et al.* (2023), metode fitoremediasi eceng gondok menurunkan kadar BOD sebesar 33 mg/l, Atma (2022), dan Putri *et al.* (2023), metode fitoremediasi eceng gondok menurunkan kadar BOD sebesar 57.13%. Menurut Ahmad dan Adiningsih (2019), Nilai BOD turun dengan metode fitoremediasi eceng gondok dan kangkung.

KESIMPULAN

Kajian metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dengan perlakuan rumpun 5, 10, dan 15 serta waktu pemaparan limbah laboratorium selama 3, 6, dan 9 hari. Hasilnya menunjukkan penurunan pH dari 5,46 menjadi 6,01 dan efisiensi penurunan kandungan BOD sebesar 84,60-96,33%. Jumlah rumpun eceng gondok dan lamanya paparan limbah mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penurunan BOD, dengan nilai signifikansi $< 0,01$. Penurunan BOD terbesar terjadi pada 15 rumpun eceng gondok yang dipaparkan dengan limbah selama 9 hari, dan metode fitoremediasi eceng gondok memenuhi kriteria efektif dengan skor N gain sebesar 93,27%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, H., & Adiningsih, R. (2019). Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dan Kangkung Air Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Tss Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8(2), 31–38.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Ariani, Y.W., A. A. Damai, and N. Kartini. (2021). Pemantauan kualitas air sungai perairan Sungai Semuong di alam hutan lindung register 39, Desa Gunung Doh, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, *J. Perikan. dan Kelautan*, 26(1), 7–12.
- Atma, D. A. (2022). Efektifitas Penurunan Kadar Cod, Bod, Tss Dan Ph Menggunakan Metode Kombinasi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dengan Filtrasi Menggunakan Karbon Aktif Dan Silika Pada Air Limbah Domestik. *Pelita Teknologi*, 17(1), 1–11.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1), 83- 93.
- Boyd, C. T. C. d. V. R. (2011). interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries, North American, *Journal of Aquaculture*, 73, 403-408.
- Chandra, R., N.K. Dubey dan V. Kumar. (2017). *Phytoremediation of Enviromental Pollutants*.CRC Press.
- Effendi H. (2000). Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-IPB. Bogor.
- Hake, R, R. (1999). *Analyzing Change Gain Scores*.AREA-D American Education Research Association's Devison. D, Measurement and easesarch Methodology.

- Indrayani, L & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*,12(1), 41-50.
- Hafidhin, F.A., Rhenny, R., Sugito., Joko, S., Indah, N., Aulia N.F., Muhammad A. (2023). Penerapan Teknologi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok untuk Mengolah Air Limbah Laundry. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan* 14(2), 42 - 50
- Lestari, W & Siregar. (2024). Kemampuan Tanaman Air Sebagai Fitoremediator Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit. *Jurnal Bios Logos*, 14, 45-54.
- Liang, Q., T. Yamashita, R., Yamamoto-Ikemoto. and H. Yokoyama. (2018). Flame-oxidized stainless-steel anode as a probe in bioelectrochemical system-based biosensorsto monitor the biochemical oxygen demand of wastewater,*Sensors switzerland*, 18(2), 1-6.
- Makbul, R., N. Desi, and I. Marzuki. (2022). Analisis mutu air berdasarkan indeks pencemaran pada *outlet* limbah cair Pasar Terong Kota Makassar,” *J. War. LPM*, 25, 20–28.
- Mustafa., Mardhiyah, Nadir., Irwan, M.,Rahma, A, S. (2019). Penggunaan Metode Fitoremidiasi Eceng Gondok Guna Mereduksi Nilai Cod, Tss Dan Ph Pada Pengolahan Air Limbah Sarung Tenun Samarinda. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* ,44-49
- Mutmainah, Basri, Z., Syamsuddin, L. (2019). Efektivitas Dan Adaptasi Tumbuhan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan COD Dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *e-Jurnal Mitra Sains*, 7(1), 22-35.
- Ningrum, Y. D., Ghofar. A., & Haeruddin. (2020). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*(Mart.) Solm) Sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu. *Journal Of Maquares*, 9(2), 97-106
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Jannah, D. A. N., dan Pradana, H. A. (2020). *Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik Universitas Jember Dengan Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok dan Lembang. Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*. 7(1).
- Osada, T. K. Haga, and Y. Harada. (1991). Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge units with the intermittent aeration process. *Water Res*, 25(11), 1377–1388.
- Pancadewi, I.G.A.K. Sri, P. Suarya, I.E. Suprihatin dan W. Dwijani. 2016. Penurunan BOD, OD dan Zat Warna Limbah Pencelupandengan Fitoekstraksi Menggunakan Kiambang (*Salvina natans*). *Jurnal Bumi Lestari*. 16(1):11 – 15.
- Putri, W. N, Linda. B., Mei, A., Nawan, P., Ferizal, M., Indarwati. (2023). Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Fitoremediasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe. *Mj (Midwifery Journal)*, 3(3),137-145

- Ryanita, Pande Kadek Yusika, I. Nyoman Arsana, and Ni Ketut Ayu Juliasih. (2020). Fitoremediasi Dengan Tanaman Air Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Widya Biologi*, 11(2), 76–89.
- Santoso, A.D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD Dan COD Di Danau Bekas Tambang Batu Barastudi Kasus Pada Danau Sangatta North Pt. Kpc Di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 89-96.
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengelolaan*
- Valerie, W, J. C & Pinontoan, R. 2018. Kajian Pustaka: Pemanfaatan Mikroba yang Berpotensi sebagai Agen Bioremediasi Limbah Pewarna Tekstil. *Fas-Jurnal Sains dan Teknologi*. 2(1): 32-47.
- Yamashita, T., T. Hasegawa, Y. Hayashida, K. Ninomiya, S. Shibata, K. Ito, H. Mizuguchi, and H. Yokoyama. (2022). Energysavings with a biochemical oxygen demand (BOD)-and pH-based intermittent aeration control system using a BOD biosensor for swine wastewater treatment, *Biochem. Eng. J.*,177
- Zahro, N., & Nisa, V.C. (2020). Fitoremediasi eceng gondok (*eichhornia crassipes*) ada limbah Domestik dan timbal di hilir sungai bengawan solo gresik sebagai solusi ketersediaan air bersih sekarang dan masa depan. *JCAE, Journal of Chemistry And Education*, 4(2), 73-83
- Zulius, A. (2017). Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *JUSIKOM*, 2(1), 37-43.