



EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN TANAMAN GENJER (*Limnocharis flava*)

Yanika Cahya Utami^{1*}, Tien Amiatun¹

¹Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

*E-mail: yanikacahya.2018@student.uny.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai fitoremediator limbah cair industri batik dilihat dari parameter BOD, COD, TSS dan pH, dan mengetahui performa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai fitoremediator limbah cair industri batik dilihat dari morfologinya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan teknik *composite sample*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoremediasi limbah cair batik dinyatakan efektif dalam menurunkan nilai BOD, COD pada perlakuan pengenceran 75% dengan efiseiensi penurunan sebesar 98.71% dan 96.45%. Penurunan nilai TSS paling efektif pada pengenceran 25% dengan efisiensi penurunan sebesar 92,27%. Nilai pH setelah perlakuan mengalami perubahan menjadi netral dan performa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) menunjukkan adanya perubahan baik pada warna dan pertumbuhannya. Gejala yang timbul yaitu daun dan batang semakin lama menguning, muncul klorosis, hingga menunjukkan keadaan nekrosis. Walaupun beberapa tanaman mengalami kematian tetapi tanaman genjer masih dapat hidup dengan membentuk tunas tanaman baru.

Kata kunci: efektifitas, fitoremediasi, klorosis, limbah cair industri batik, *Lymnocharis flava*.

FITOREMEDIATION EFFECTIVENESS OF LIQUID WASTE BATIK INDUSTRY WITH GINGER PLANT (*Limnocharis flava*)

Abstract. This study aims to 1) determine the effectiveness of the ginger plant (*Limnocharis flava*) as a phytoremediator of batik industrial wastewater seen from the parameters of BOD, COD, TSS, and pH, and 2) determine the performance of the ginger plant (*Limnocharis flava*) as a phytoremediator of batik industrial wastewater. seen from the morphology. This research is an experimental study with a composite sample technique. The results showed that 1) phytoremediation of batik liquid waste was found to be effective in reducing the value of BOD, and COD in the 75% dilution treatment with a reduction efficiency of 98.71% and 96.45%, respectively. The most effective decrease in TSS value was at 25% dilution with a reduction efficiency of 92.27%. The pH value after treatment changed to neutral, and 2) the performance of ginger (*Limnocharis flava*) showed a change in both color and growth. Symptoms that arise are leaves and stems turn yellow, and chlorosis appears, to indicate a state of necrosis. Although some plants die, general plants can still live by forming new plant shoots.

Keywords: effectiveness, phytoremediation, chlorosis, batik industry liquid waste, *Lymnocharis flava*.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan menjadi salah satu masalah yang sangat kritis bagi negara maju maupun negara berkembang. Pencemaran tersebut berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Salah satu contohnya yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh sektor industri yaitu pembuatan batik.

Batik merupakan produk dari industri kerajinan yang cukup banyak ditemukan di Yogyakarta. Batik yang dulunya dikenal sebagai produksi budaya sekarang menjadi produksi industri. Dikarenakan banyaknya produksi batik baik dalam skala kecil sampai skala yang besar dikhawatirkan akan mempengaruhi lingkungan bila sisa buangan dari produksi tersebut tidak diolah secara baik dan benar. Limbah cair batik berasal dari kegiatan proses pembuatan batik. Limbah cair batik memiliki karakteristik suhu, keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia dan zat warna dalam proses produksi batik (Rohasliney & Subki, 2011).

Bahan-bahan untuk pembuatan batik tidak lepas dari bahan pewarnaannya. Pewarna yang digunakan biasanya berupa pewarna sintesis, penggunaan pewarna sintesis tersebut dikarenakan lebih cepat dan tahan lama. Pewarna sintesis berasal dari bahan atau zat-zat kimia yang sulit terurai di alam. Karena sulit terurai biasanya bahan atau zat-zat perwarna tersebut akan mengendap di dasar sungai sehingga warna sungai berubah menjadi kehitam-hitaman serta dapat menimbulkan bau yang menyengat.

Beberapa metode remediasi pencemaran logam berat umumnya biayanya cukup mahal dan masih menimbulkan dampak berbahaya bagi lingkungan. Terdapat metode lain yang lebih murah dan aman untuk meremediasi pencemaran logam berat yaitu metode biologi (bioremediasi) dengan menggunakan organisme hidup seperti mikroba dan tanaman. Metode remediasi yang melibatkan peran tanaman disebut dengan fitoremediasi. Adapun proses-proses dalam fitoremediasi meliputi *rhizofiltration*, *phytostabilization*, *phytoextraction*, *phytovolatilization*, dan *phytotransformation* (Maramis, dkk, 2023).

Tanaman genjer merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar limbah sebagai tanaman fitoremediator. Penelitian yang telah dilakukan oleh Thuraidah (2016) menunjukkan bahwa tanaman genjer dapat bekerja secara efektif untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS, DO, Sulfat dan Fosfat di perairan yang tercemar oleh limbah. Hal tersebut juga diperkuat dari penelitian Haryati, dkk (2012) yang memberikan perlakuan

biomassa tanaman genjer dan waktu pemaparan terhadap kemampuan tanaman genjer untuk menyerap logam Pb limbah cair kertas. Hasilnya menunjukkan bahwa biomassa tanaman genjer 150 gram adalah massa yang optimal dalam menurunkan kadar Pb dengan lama pemaparan 21 hari yaitu sebesar 0,4688 mg/l (80,09%). Selain itu, tanaman genjer mampu mengakumulasi Pb pada akar tertinggi yaitu 1,1546 mg/l (26,1%) dan pada daun sebesar 0,1120 mg/l (21,9%) dengan perlakuan biomassa tanaman genjer 150 gram dan waktu pemaparan 21 hari. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penting dilakukan penelitian terkait efektivitas fitoremediasi limbah cair industri batik dengan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dilihat dari parameter BOD, COD, TSS dan pH serta performa tanaman fitoremediator.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret-April 2022 di *Greenhouse* Laboratorium Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Perlakuan fitoremediasi dilakukan selama 2 minggu dengan pengamatan untuk performa tanaman genjer dilakukan pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14. Untuk pengukuran BOD, COD, dan TSS dilakukan pada minggu pertama dan terakhir penelitian.

Objek Penelitian

Populasi penelitian ini adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang berada di daerah persawahan di Desa Borobudur, Dusun Bumisegara, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang. Sampel penelitian ini adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang diambil di daerah persawahan di Desa Borobudur, Dusun Bumisegara, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang sebanyak ± 840 gram.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Tanaman Genjer (Limnocharis flava)

Tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang diambil di daerah persawahan di Desa Borobudur, Dusun Bumisegara, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang. Umur tanaman genjer yang digunakan yaitu ± 2 bulan. Kriteria tanaman ini diambil yaitu seluruh organ tubuhnya meliputi akar, batang dan daun.

Aklimatisasi Tanaman Genjer (Limnocharis flava)

Untuk proses aklimatisasi, tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang telah diambil kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimatisasi sebelum penelitian. Kemudian aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman ke air dan tanah pada ember selama 1 minggu dan dijaga kelembabannya.

Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Batik Giriloyo

Pengambilan sampel limbah cair industri batik Giriloyo di Karang Kulon, Wukirsari, Kec. Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan 4 jerigen dengan ukuran 25-liter dan 20 liter. Pengambilan sampel limbah cair industri batik berupa inlet dan outlet.

Pengujian Sampel Inlet dan Outlet Limbah Cair Industri Batik

Pengujian sampel inlet dan outlet dari limbah cair industri batik dilakukan di Laboratorium BBTKL-PP Yogyakarta. Masing-masing sampel inlet dan outlet tersebut dimasukkan kedalam jerigen bervolume ± 1 liter. Metode yang digunakan yaitu SNI 6989.2-2019, SNI 6989.72, *In House Method*, dan SNI 06-6989.11-2019.

*Uji Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)*

Sebanyak 12 ember berukuran 16-liter yang berisi limbah cair industri batik dengan konsentrasi 75%, 50% dan 25% dipersiapkan. Dari limbah cair 16-liter tersebut diambil sebanyak 5 liter untuk perlakuan. Selanjutnya, ember tersebut ditempatkan pada area terbuka yang cukup terlindung dari matahari dan perubahan cuaca. Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang telah diaklimatisasi dimasukkan ke dalam masing-masing ember (berat tanaman genjer tidak diperhitungkan oleh banyaknya jumlah daun).

Pengambilan Data Penelitian

Pengujian sampel untuk parameter BOD, COD, TSS dan pH yaitu setiap pengenceran (75%, 50% dan 25%) dalam 3 ulangan dicampurkan menjadi satu. Dengan setiap pengenceran diambil sebanyak 300 ml (misalnya: 25% A + 25% B + 25% C), limbah total campuran ketiga ulangan tersebut sebanyak 900 ml, kemudian diujikan ke Laboratorium BTKLPP Yogyakarta. Untuk pengamatan performa tanaman genjer dilakukan pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14 meliputi pengecekan kondisi tanaman baik warna, bunga dan layu tanaman.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Analisis ini digunakan untuk mengetahui efektivitas fitoremediasi limbah cair batik oleh tanaman genjer untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan pH dan juga untuk mengetahui performa tanaman genjer setelah dilakukan proses fitoremediasi.

Untuk mengetahui presentase penurunan nilai BOD, COD, TSS dapat menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{\text{awal}} - P_{\text{akhir}}}{P_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Keterangan:

P awal = Konsentrasi awal sampel

P akhir = Konsentrasi akhir sampel

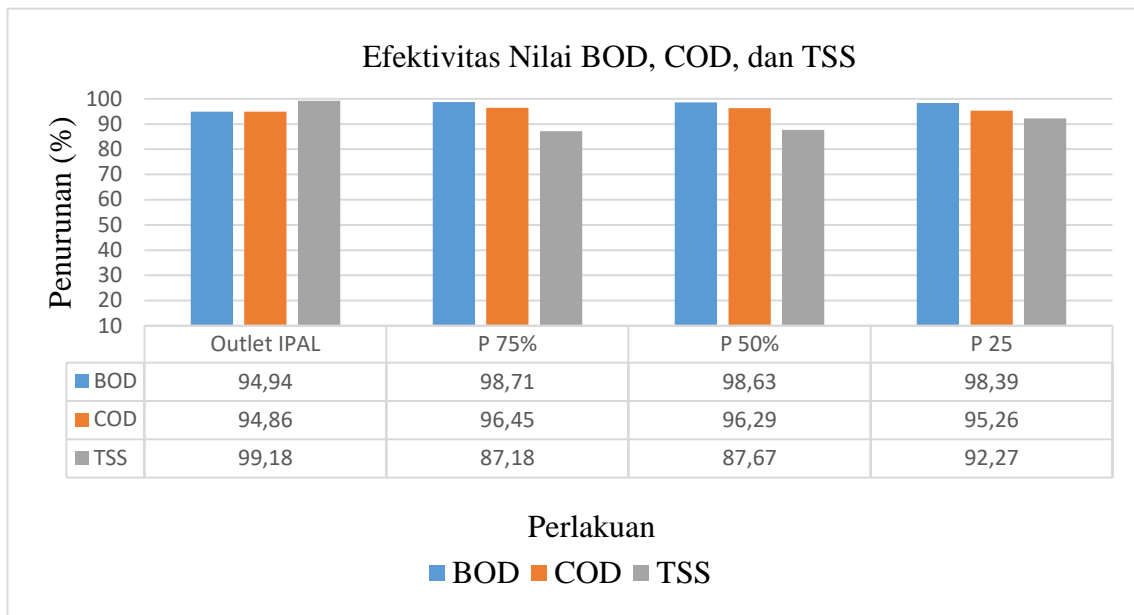
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian meliputi penurunan kadar BOD, COD, TSS dan pH, serta performa tanaman fitoremediator yang telah diujikan di Laboratorium BBTKL-PP Yogyakarta.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Batik Sebelum dan Sesudah Perlakuan Fitoremediasi

No	Parameter	Inlet (mg/L)	Pengenceran			Outlet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
			75% (mg/L)	50% (mg/L)	25% (mg/L)		
1.	BOD	1900,0	24,5	26,0	30,5	96,0	85
2.	COD	3134,5	110,0	116,0	148,5	161,0	250
3.	TSS	1850	237	228	143	15	60
4.	pH	5,5	7,6	7,6	7,6	7,9	6.0 – 9.0



Gambar 1. Diagram Efektivitas Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS pada Outlet dan Perlakuan Fitoremediasi

Adapun performa tanaman genjer yang teramati setelah perlakuan fitoremediasi pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Performa Tanaman Genjer setelah Perlakuan Fitoremediasi 0%, 75%, 50%, dan 25% pada Hari Ke-0, Hari Ke-7, dan Hari Ke-14. (Keterangan: Pada hari ke-0, daun dan batang tanaman berwarna hijau segar, terdapat pertumbuhan bunga, dan muncul tunas 5, 4, 4, dan 3 berturut-turut pada masing-masing perlakuan (Gambar A-D); pada hari ke-7, daun dan batang dominan berwarna hijau, beberapa ada yang mati dan melayang pada permukaan air, muncul bercak kuning kehitaman, terdapat

pertumbuhan bunga, serta muncul tunas 3, 3, 2, dan 2 berturut-turut pada masing-masing perlakuan (Gambar E-H); pada hari ke-14, daun dan batang berwarna hijau kekuningan, muncul bercak kuning kehitaman, beberapa daun muncul warna putih, tanaman dominan sudah banyak yang mengalami kematian, serta muncul tunas tanaman baru (Gambar I-L)).

Pembahasan

Efektivitas Fitoremediasi Limbah Cair Industri Batik dengan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dilihat dari Parameter BOD, COD, TSS, dan pH

Limbah cair batik dari Industri Batik Giriloyo ini menggunakan pewarna campuran naptol dan indigosol. Adapun karakteristik limbah cair batik sebelum dan sesudah dilakukannya perlakuan yaitu dapat dilihat pada Tabel 1.

BOD (Biological Oxygen Demand)

Berdasarkan Tabel 1, nilai inlet BOD limbah cair batik sebesar 1900,0 mg/L hal ini menunjukkan bahwa kandungan BOD pada limbah cair batik belum layak dibuang dikarenakan memiliki tingkat pencemar yang tinggi dan telah melebihi nilai dari baku mutu air limbah kegiatan industri batik menurut Perda Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016. Nilai BOD yang tinggi menandakan bahwa kandungan oksigen terlarut dalam air tersebut rendah sehingga dapat menyebabkan kematian pada ekosistem perairan. Limbah batik yang belum diolah ini berasal dari campuran proses pewarnaan, pencucian, pembilasan termasuk dari proses pelepasan malam.

Hasil pengamatan parameter BOD setelah diberi perlakuan fitoremediasi selama 14 hari menunjukkan bahwa nilai BOD pada setiap pengenceran (75%, 50% dan 25%) mengalami penurunan. Nilai BOD yang telah diberi perlakuan secara runtut dikontakkan oleh tanaman genjer memiliki nilai BOD sebesar 24.5 mg/L, 26.0 mg/L, dan 30.5 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perlakuan fitoremediasi dapat menurunkan nilai BOD hingga di bawah baku mutu. Pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa nilai BOD pada outlet IPAL belum sesuai dengan standar baku mutu sehingga belum layak dibuang ke lingkungan.

Penurunan kadar BOD dalam proses fitoremediasi dikarenakan adanya aktivitas tanaman dan mikroorganisme dalam menurunkan kadar bahan buangan dari limbah cair batik. Peran tanaman genjer sebagai tanaman fitoremediator ini yaitu sebagai penghasil oksigen ke dalam air, penghasil eksudat bagi mikroorganisme, penyimpanan dan pengambilan nutrient yang berasal dari dekomposisi bakteri. Oksigen yang dikeluarkan oleh akar tanaman genjer akan digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. Oksigen dan eksudat yang dikeluarkan akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme terutama bagi bakteri aerob.

Bakteri aerob tersebut akan mengubah eksudat menjadi nutrisi bagi pertumbuhan tanaman fitoremediasi. Keberadaan nutrisi yang mencukupi pada limbah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman khususnya bagian akar. Semakin besar pertumbuhan pada akar tanaman maka pertumbuhan bakteri pada akar juga akan meningkat (Vymazal, 2011).

Semakin banyak tanaman fitoremediasi, maka semakin banyak bahan organik yang diserap dan semakin sedikit bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme. Jika bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme sedikit maka kandungan oksigen di dalam air limbah semakin tinggi. Hal tersebut juga dapat menyebabkan oksigen terlarut dalam limbah juga semakin banyak karena adanya suplai oksigen dari hasil fotosintesis oleh tanaman fitoremediasi (Fachrurrozi, dkk, 2010).

COD (Chemical Oxygen Demand)

Berdasarkan Tabel 1, nilai inlet COD yang terkandung dalam limbah cair batik cukup tinggi yaitu 3134,5 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan COD pada limbah cair batik belum layak dibuang karena telah melebihi nilai dari baku mutu air limbah kegiatan industri batik menurut Perda Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016. *Chemical Oxygen Demand* (COD) menggambarkan jumlah total oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik baik yang mudah terurai maupun yang tidak mudah terurai secara kimiawi. Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahwa jumlah bahan organik yang tidak mengalami penguraian biologi secara cepat berdasarkan BOD₅, akan terakumulasi dalam jumlah yang besar sehingga membutuhkan lebih banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut melalui proses kimia (Hasanah, dkk, 2023).

Hasil pengamatan parameter COD setelah diberi perlakuan fitoremediasi selama 14 hari menunjukkan bahwa kadar COD pada setiap pengenceran (75%, 50% dan 25%) mengalami penurunan. Nilai COD yang telah diberi perlakuan secara runtut dikontakkan oleh tanaman genjer memiliki nilai COD sebesar 110.0 mg/L, 116.0 mg/L, dan 148.5 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perlakuan fitoremediasi dapat menurunkan nilai COD hingga di bawah baku mutu. Pada Tabel 1, juga menunjukkan bahwa nilai COD pada outlet IPAL sudah sesuai dengan standar baku mutu sehingga layak dibuang ke lingkungan.

Penurunan nilai COD menggunakan tanaman genjer sebagai fitoremediasi dapat dikatakan efektif, karena nilai COD akhir hasil fitoremediasi sudah di bawah baku mutu sehingga limbah tersebut layak dibuang ke lingkungan. Penurunan nilai COD ini dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan dan jumlah tanaman fitoremediasi, hal tersebut dapat

menyebabkan peningkatan suplai oksigen ke dalam media tanam. Menurut Ningrum, dkk (2020) perlakuan aerasi dapat menurunkan nilai COD, BOD, TSS, dan TDS karena masuknya oksigen ke dalam air limbah akan memenuhi kebutuhan oksigen dari mikroorganisme pengurai untuk mengoksidasi bahan-bahan kimia yang ada di dalam air limbah. Semakin banyak suplai udara ke dalam air limbah maka populasi organisme pengurai yang ada di air limbah juga semakin berkecukupan akan oksigen sehingga laju penguraiannya akan meningkat.

TSS (Total Solid Suspended)

Berdasarkan Tabel 1, nilai awal TSS yang terkandung dalam limbah cair batik cukup tinggi yaitu 1850 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan TSS pada limbah cair batik belum layak dibuang dan telah melebihi nilai dari baku mutu air limbah kegiatan industri batik menurut Perda Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016. Penurunan nilai TSS dapat dilihat setelah diberi perlakuan fitoremediasi selama 14 hari dimana pada masing-masing pengenceran limbah cair batik dapat diturunkan nilai TSSnya. Nilai TSS awal sebesar 1850 mg/L, dan nilai TSS yang telah diberi perlakuan secara runtut dikontakkan oleh tanaman genjer memiliki nilai TSS sebesar 237 mg/L, 228 mg/L, dan 143 mg/L. Penurunan nilai TSS tersebut masih belum mencapai batas baku mutunya, sedangkan untuk nilai TSS pada outlet IPAL sudah sesuai dengan standar baku mutu sehingga layak dibuang ke lingkungan.

Perlakuan fitoremediasi terhadap TSS pada ketiga perlakuan mengalami penurunan, faktor yang dapat menyebabkan penurunan kandungan TSS dalam limbah cair batik dapat dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi. Pada parameter TSS terdapat faktor fisik seperti gravitasi dan pergerakan air yang berbeda yang mempengaruhi proses pengendapan. Selain itu, menurut Fachrurozi, dkk (2010) penurunan kadar TSS terjadi disebabkan oleh partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan partikel yang cukup ringan akan melayang dan akhirnya menempel pada akar-akar tanaman. Dikarenakan akar tanaman genjer tergolong akar serabut maka akar tersebut digunakan oleh koloid-koloid yang melayang di air untuk menempel. Semakin banyak akar serabut dari tanaman fitoremediator, maka semakin banyak koloid yang menempel. Penurunan nilai TSS tertinggi yaitu pada pengenceran 25% menghasilkan penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan pengenceran 75% dan 25%. Faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi yaitu adanya pengadukan.

Tingkat Keasaman (pH)

Berdasarkan Tabel 2, nilai inlet pH limbah cair batik sebelum dikontakkan dengan tanaman genjer yaitu 5.5, yang artinya bersifat asam dan belum sesuai dengan standar baku

mutu. Hasil perlakuan fitoremediasi limbah cair batik dengan waktu pemaparan selama 14 hari mengalami perubahan yaitu pH air limbah menjadi 7.6. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi efektif dalam mengubah nilai pH. Pengolahan limbah cair batik melalui pengenceran dapat memperbaiki pH dari asam menjadi netral sehingga limbah cair batik tersebut sesuai baku mutu limbah cair industri batik. Hal ini dikarenakan pengolahan dengan pengenceran menggunakan air dapat mengurangi konsentrasi masing-masing polutan dalam air limbah dan untuk menetralkan pH pada limbah.

Efektivitas Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS

Berdasarkan diagram pada Gambar 1, perlakuan fitoremediasi dengan pengenceran 75% adalah perlakuan yang paling efektif untuk menurunkan nilai BOD dan COD dibandingkan pengenceran 50%, 25%, dan outlet IPAL. Pengenceran 75% mampu menurunkan nilai BOD dengan efisiensi penurunan sebesar 98,71% dan nilai COD sebesar 96,45%. Hal tersebut terjadi karena menurut Hukum Ostwald, derajat disosiasi berbanding lurus dengan akar pangkat dua pengenceran, artinya semakin tinggi tingkat pengencerannya maka tingkat pemecahan molekul dan ion, akan menghasilkan molekul dan ion yang lebih sederhana. Pengenceran yang tinggi juga menyebabkan molekul kompleks dan ion tersebut mudah diserap dan tanaman mudah untuk bermetabolisme. Faktor lainnya dapat terjadi karena adanya hubungan simbiosis antara akar tanaman dengan mikroorganisme, hal tersebut akan menurunkan jumlah bahan pencemar (Indriyatie, dkk, 2008). Bila dibandingkan dengan perlakuan fitoremediasi, pengolahan limbah menggunakan IPAL sedikit kurang efektif, hal tersebut dapat dilihat pada outlet hasil IPAL dimana dapat menurunkan nilai BOD dan COD dengan efisiensi penurunan sebesar 94.94% dan 94.86%. Meskipun demikian, hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan IPAL juga dapat menurunkan kadar pencemar walaupun untuk kadar BOD masih melebihi baku mutu.

Nilai TSS pada perlakuan fitoremediasi dengan pengenceran 25% adalah perlakuan yang paling efektif untuk menurunkan nilai TSS dibandingkan pengenceran 75% dan 50% dengan efisiensi penurunan sebesar 92,27%, sedangkan nilai TSS pada outlet IPAL mengalami efisiensi penurunan sebesar 99.18% hal tersebut bila dibandingkan dengan perlakuan fitoremediasi yaitu lebih efektif. Berdasarkan baku mutu limbah, penurunan nilai TSS pada Outlet IPAL sudah sesuai atau dapat dinyatakan layak untuk dibuang ke lingkungan. Terjadinya efisiensi penurunan terendah nilai TSS pada pengenceran 25% disebabkan oleh faktor pengadukan. Perlakuan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang digunakan oleh

Industri Batik Giriloyo merupakan IPAL dengan skala mandiri. Limbah batik hasil produksi ditampung terlebih dahulu di penampungan beton. Pada penampungan beton ini, limbah disaring menggunakan sistem filtrasi menggunakan pasir, koral/kerikil, dan ijuk/arang. Menurut Isradaningtyas, dkk (2018) pasir merupakan butiran bebas yang memiliki karakteristik *porous*, berdegradasi, dan *uniformity*. Selain itu, pasir merupakan media penyaring yang baik disebabkan adanya pori-pori dan celah yang mampu menyerap dan menahan partikel dalam air. Limbah yang berwujud cair akan melewati media sehingga padatan tersuspensi halus dapat dipindahkan. Adanya proses filtrasi dengan menggunakan susunan media yang bervariasi akan mempengaruhi nilai TSS. Hal tersebut sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Sami (2012) yang melakukan pengolahan limbah menggunakan bahan berupa pasir, batu apung, arang kayu, dan batu kerikil dengan alat berupa pipa PVC berbentuk U dan perangkat reaktor COD meter. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan TSS setelah mengalami proses pengolahan. Pada kondisi operasi diameter unggun 0,278 mm dan tinggi unggun 50 cm terjadi penyisihan TSS sebesar 70% sedangkan pada diameter unggun 0,278 mm dan tinggi unggun 70 cm terjadi penyisihan TSS sebesar 76%. Penyisihan TSS dalam air limbah tersebut dapat terjadi karena adanya penahanan oleh media filter baik dari segi porositasnya maupun dari segi ketebalan susunan media yang dilewati oleh aliran air limbah di dalam kolom proses. Oleh karena itu, hasil nilai TSS pada outlet IPAL memiliki kadar yang rendah hingga di bawah baku mutu yang disebabkan oleh adanya proses filtrasi pada IPAL tersebut.

Performa Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) Sebelum dan Sesudah Perlakuan Fitoremediasi Ditinjau dari Kondisi Fisik Tanaman

Performa tanaman genjer mengalami perubahan berdasarkan lamanya waktu pemaparan limbah industri batik. Pada hari ke-0, performa tanaman genjer kebanyakan masih segar dan berwarna hijau, setelah dilakukan proses fitoremediasi, kondisi performa tanaman mulai terjadi perubahan dari aspek warna, kesuburan dan pertumbuhannya seiring dengan lama waktu pemaparan oleh limbah industri batik tersebut.

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa kondisi tanaman genjer pada hari ke-0 baik pada perlakuan kontrol (0%) dan perlakuan I (pengenceran 75%), II (pengenceran 50%) dan III (pengenceran 25%), masing-masing memiliki daun dan batang yang berwarna hijau segar, muncul beberapa tanaman baru dan terdapat pertumbuhan bunga tanaman baru. Kondisi tersebut juga terjadi pada ulangan B dan C pada masing-masing perlakuan.

Hasil pengamatan secara visual terhadap tanaman genjer pada hari ke-7 menunjukkan adanya perubahan dari aspek warna dan pertumbuhan seiring dengan lama waktu pemaparan oleh limbah industri batik tersebut. Pada perlakuan kontrol, daun dan batang tanaman genjer masih dominan berwarna hijau, sedangkan perlakuan I, II dan III dimana pada setiap peningkatan pengenceran, daun dan batang semakin banyak yang berubah warna menjadi kekuningan dan mulai muncul bercak berwarna kuning-kehitaman, beberapa tanaman mati kemudian melayang pada permukaan air limbah batik. Walaupun dalam kondisi tersebut, pada masing-masing perlakuan tanaman genjer masih terbentuk tunas dan bunga. Kondisi tanaman genjer tersebut juga terjadi pada ulangan B dan C.

Hasil pengamatan secara visual terhadap tanaman genjer pada hari ke-14 menunjukkan adanya perubahan yang dominan dari aspek warna dan pertumbuhan seiring dengan lama waktu pemaparan oleh limbah industri batik tersebut. Pada perlakuan kontrol, daun dan batang dominan berwarna hijau, terdapat bercak kuning dan beberapa tanaman ada yang mati tetapi masih terlihat pertumbuhan tunas tanaman baru. Kondisi tanaman genjer dimana pada setiap peningkatan pengenceran baik pada perlakuan I, II, dan III dominan mengalami perubahan warna menjadi hijau kekuningan disertai bercak kuning kehitaman. Tanaman juga dominan banyak yang mengalami kematian. Dari ketiga perlakuan, perlakuan III memiliki kondisi tanaman dengan daun yang dominan berubah warna menjadi kuning, memiliki bercak kuning kehitaman dan dominan banyak tanaman yang mati. Walaupun beberapa tanaman sudah mati tetapi masih terus terdapat pertumbuhan tunas tanaman baru pada setiap pengenceran. Kondisi tersebut juga dialami oleh tanaman genjer pada ulangan B dan C.

Perubahan kondisi fisik pada tanaman genjer merupakan respon tanaman tersebut terhadap senyawa-senyawa yang terkandung di dalam limbah batik untuk menunjukkan kemampuan adaptasi tanaman tersebut. Selama perlakuan fitoremediasi tanaman pada pengenceran yang berbeda ditemukan adanya peristiwa tumbuh tunas baru dan mekarnya bunga. Hal tersebut menandakan bahwa tanaman genjer mampu menyesuaikan hidupnya pada lingkungan yang tercemar walaupun tetap dalam kadar tertentu (Anam, dkk, 2013).

Perubahan warna pada daun dan batang pada tanaman genjer menunjukkan adanya gejala klorosis yang disebabkan adanya kelainan pada metabolisme internal yaitu berkurangnya mineral yang dibutuhkan tanaman genjer untuk memproduksi klorofil. Mineral yang dibutuhkan yaitu berupa Fe, Mg dan N, sedangkan cekaman eksternal terjadi akibat adanya unsur lain yang dalam jumlah banyak tidak dibutuhkan oleh tanaman genjer tersebut (Rosidah, dkk, 2014). Menurut Darmono (1995) klorosis adalah degenerasi klorofil (tidak

terbentuk/kurang berkembangnya klorofil sehingga menyebabkan daun menguning) atau juga terdapat bercak pada tanaman yang berwarna hijau, kuning, dan hitam. Klorosis dapat terjadi karena dihentikannya sistem kerja enzim yang berguna untuk mengkatalis sintesis klorofil yang disebabkan oleh senyawa logam berat. Tanaman yang menunjukkan adanya gejala klorosis yaitu memiliki ciri-ciri fisik berupa daun berubah warna yang semula hijau menjadi kuning hingga layu kecoklatan. Gejala lain yang teramati selain klorosis adalah nekrosis. Nekrosis yang terjadi pada tanaman genjer merupakan gejala kematian sel yang biasa ditemukan pada tanaman. Hal tersebut menurut Bhatla & Lal (2018) jaringan tanaman yang terkena nekrosis biasanya berubah warna menjadi coklat sampai hitam. Hal tersebut disebabkan oleh kematian sel tumbuhan. Gejala nekrotik dapat muncul pada bagian tanaman manapun, seperti pada organ penyimpanan, jaringan hijau, atau jaringan berkayu.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan bahwa fitoremediasi limbah cair batik oleh tanaman genjer dinyatakan efektif dalam menurunkan nilai BOD dan COD pada perlakuan fitoremediasi dengan pengenceran 75% dengan efisiensi penurunan sebesar 98.71% dan 96.45%. Penurunan nilai TSS paling efektif pada pengenceran 25% dengan efisiensi penurunan sebesar 92,27%. Nilai pH setelah perlakuan yang semula asam mengalami perubahan menjadi netral. Performa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai tanaman fitoremediator dilihat dari kondisi morfologinya menunjukkan bahwa semakin lama pemaparan dan peningkatan pengenceran menyebabkan perubahan baik pada warna dan pertumbuhannya. Gejala yang timbul yaitu daun dan batang semakin lama menguning, muncul klorosis, hingga menunjukkan keadaan nekrosis. Walaupun beberapa tanaman mengalami kematian tetapi tanaman genjer masih dapat hidup dengan membentuk tunas tanaman baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M.M., Kurniati, E., & Suharto, B. (2013). Penurunan kandungan logam Pb dan Cr leachate melalui fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) dan zeolit. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), 43-59.
- Bhatla, S.C., & Lal, M.A. (2018). *Plant physiology, development, and metabolism*. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Darmono. (1995). *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Fachrurozi, M., Utami, L.B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh variasi biomassa *Pistia stratiotes* L. terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Kes Mas*, 4(1), 1-15. doi: 10.12928/kesmas.v4i1.1100.

- Haryati, M., Purnomo, T., & Kuntjoro, S. (2012). Kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) menyerap logam berat timbal (Pb) limbah cair kertas pada biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda. *LenteraBio*, 1(3), 131-138.
- Hasanah, U., Hayati, N., Zahro', T., Hasanah, R., & Inayah, N. (2023). Analisis kandungan COD dan BOD di tiga titik lokasi sungai Patrean Manding Sumenep. *Evolusi: Journal of Mathematics and Sciences*, 7(1), 32-38. doi: 10.51673/evolusi.v7i1.1675.
- Indriyatie, E.R., Handayanto, E., & Utomo, W.H. (2008). Pengaruh umur dan sistim penanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*. L) dalam perbaikan kualitas limbah cair pabrik tapioka. *Buana Sains*, 8(2), 105-116. doi: 10.33366/bs.v8i2.267.
- Isradaningtyas, D.K., Bagyono, T., & Santjoko, H. (2018). Perbedaan penggunaan jenis media filtrasi pasir dengan karbon aktif terhadap penurunan Fe (Besi) air sumur gali di Dusun Sidomulyo, Trimulyo, Sleman. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 32-36. doi: 10.29238/sanitasi.v10i1.780.
- Maramis, A.A., Palapa, T.M., & Ogi, N.L.I.M. (2023). *Bioremediasi pencemaran logam berat limbah tambang emas tradisional*. Yogyakarta: Deepublish Digital.
- 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. doi: 10.14710/marj.v9i2.27765.
- Rohasliney, H., & Subki, N.S. (2011, Desember). *A Preliminary study on batik effluent in Kelantan state: A Water quality perspective*. Paper presented at the International Conference on Chemical, Biological, and Environment Science in Bangkok, Thailand.
- Rosidah, S., Anggraito, Y.U., & Pukan, K.K. (2014). Uji toleransi tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) terhadap cekaman kadmium (Cd), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) pada kultur cair. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 37(1), 7-15. doi: 10.15294/ijmns.v37i1.3140.
- Sami, M. (2012). Penyisihan COD, TSS, dan pH dalam limbah cair domestik dengan metode *fixed-bed column up flow*. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 10(21), 1-11.
- Thuraidah, A., Puspita, E. I., & Oktiyani, N. (2016). Pengaruh genjer (*Limnocharis flava*) terhadap penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah industri karet. *Medical Laboratory Technology Journal*, 2(1), 6-10.
- Vymazal, J. (2011). Plants used in constructed wetland with horizontal subsurface flow: A review. *Hydrobiologia*, 674, 133-156.