

Efektivitas Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) dalam Fitoremediasi untuk Penurunan Kadar COD dan Surfaktan Pada Limbah Laundry

Nara Naomi Aprilia Putri, Raden Kokoh Haryo Putro*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: radenkokoh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 15 November 2024

Disetujui: 19 November 2024

Abstract

In general, laundry businesses use detergent rather than soap to wash clothes because detergent contains surfactants that are more effective at removing dirt. This washing process produces waste that is usually disposed of directly into the environment. The indiscriminate disposal of laundry waste can cause environmental pollution because it contains pollutants, such as chemical oxygen demand (COD) and surfactants, that exceed established quality standards. The purpose of this research was to test the effectiveness of water bamboo plants in reducing COD and MBAS levels in laundry waste. This phytoremediation method utilizes microorganisms (rhizosphere microbes) living in the root system and planting media. These microorganisms decompose organic and inorganic materials in wastewater into simpler compounds, which are then used as nutrients by the plants. The most effective configuration for reducing COD and surfactant levels in laundry waste is 15 water bamboo plants with a residence time of three days. However, COD levels are still above the quality standard while surfactant levels are below it.

Keywords: laundry waste, bamboo water, phytoremediation, COD (Chemical Oxygen Demand), surfactant, microorganisms

Abstrak

Pada umumnya usaha laundry menggunakan detergen dibandingkan sabun biasa dalam proses pencucian karena detergen mengandung surfaktan yang lebih efektif dalam mengangkat kotoran pada pakaian. Proses pencucian ini menghasilkan limbah yang biasanya akan dibuang secara langsung ke lingkungan. Pembuangan limbah laundry yang sembarangan berpotensi mencemari lingkungan, karena limbah laundry mengandung bahan pencemar seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan surfaktan dengan kadar yang melebihi baku mutu. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas tanaman bambu air dalam menurunkan parameter COD dan surfaktan (MBAS) pada limbah laundry. Prinsip dari metode fitoremediasi ini adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme (mikroba *rhizofera*) yang hidup pada sistem perakaran dan media tanamnya. Mikroorganisme yang hidup pada akar dan media akan berfungsi sebagai pengurai bahan organik dan anorganik dalam air limbah sehingga menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan senyawa tersebut akan digunakan sebagai nutrient bagi tanaman. Dari penelitian yang telah dilaksanakan, memberikan hasil bahwa tanaman bambu air dengan jumlah tanaman 15 tanaman dan waktu tinggal 3 hari merupakan kondisi paling optimum dalam menurunkan kadar COD dan surfaktan pada limbah laundry. Namun hasil penurunan pada kadar COD masih di atas baku mutu dan pada kadar surfaktan telah dibawah baku mutu.

Kata Kunci: limbah laundry, bambu air, fitoremediasi, COD (Chemical Oxygen Demand), surfaktan, mikroorganisme

1. Pendahuluan

Pada saat ini, salah satu usaha rumahan yang sering dijumpai merupakan di sekitar pemukiman adalah usaha laundry. Dengan berkembangnya jasa laundry ini, tentu diperlukannya pengertian bahwa pada proses pencucian menghasilkan air bekas pencucian (limbah laundry) yang tidak boleh dibuang secara langsung pada badan air. Akan tetapi, secara umum usaha laundry akan membuang limbahnya langsung ke badan air tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Dampak buruk dari pembuangan limbah laundry secara langsung adalah badan air atau air sungai akan menjadi keruh dan berbusa, terhambatnya proses fotosintesis dalam air [7] dan dapat mengganggu ekosistem biota dalam perairan maupun sekitarnya [13]. Pembuangan limbah laundry pada badan air harus memenuhi standar mutu dalam "Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013"

agar tidak membahayakan lingkungan. Salah satu parameter yang diatur dalam peraturan tersebut yaitu parameter COD dan surfaktan.

COD merupakan parameter yang menunjukkan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air secara kimiawi. Zat organik yang terdapat pada COD adalah zat organik yang tidak mengalami penguraian biologi. Oleh karena itu, kadar COD pada suatu limbah akan lebih tinggi daripada kadar BOD (biological Oxygen Demand) [9]. Menurut peraturan, baku mutu untuk kadar COD maksimal dari limbah laundry adalah 250 mg/L. Apabila kadar COD pada limbah laundry melampaui standar baku mutu dan dibuang ke badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, hal ini berpotensi untuk menyebabkan peningkatan kadar nutrient dalam air limbah yang berpotensi menyebabkan eutrofikasi. Salah satu dampak dari eutrofikasi adalah pertumbuhan tumbuhan air yang tidak terkendali dan meningkatnya bahan organic yang menyebabkan bakteri pengurai akan berkembang lebih cepat karena banyaknya sumber makanan. Akibatnya, oksigen dalam air akan cepat berkurang yang dapat memicu munculnya bakteri anaerob. Kemunculan bakteri anaerob akan menyebabkan air menjadi berbau busuk karena bakteri ini akan menghasilkan gas metana serta hydrogen sulfida [9]. Selain itu, eutrofikasi dikhawatirkan dapat meningkatkan kandungan ammonia yang bersifat toksik bagi biota air [2].

Pada proses pencucian tentu memerlukan detergen sebagai bahan pencuci untuk mengangkat kotoran pada pakaian. Surfaktan merupakan salah satu komposisi yang paling penting pada detergen. Surfaktan dikelompokkan menjadi 4 jenis, yaitu surfaktan amfoter, surfaktan nonionik, surfaktan anionik, dan surfaktan kationik. Surfaktan anionik merupakan jenis surfaktan yang paling digunakan daripada ke 4 jenis surfaktan yang lain, karena proses pembuatan lebih mudah dan murah. Pada surfaktan anionik dibedakan menjadi 2, yaitu *Alkyl Benzene Sulfonates* (ABS) dan *Alkyl Benzene Sulfonates* (LAS) [4]. Pada saat ini, surfaktan (LAS) lebih sering digunakan sebagai bahan pembuatan detergen karena LAS lebih mudah terdegradasi dalam air dan tidak menimbulkan gumpalan busa sebanyak ABS [1]. Kadar surfaktan dapat diuji menggunakan metode *Methylen Blue Active Substance* (MBAS) [12].

Salah satu cara pengolahan yang dapat mengurangi kadar COD dan surfaktan adalah metode fitoremediasi. Metode fitoremediasi adalah pengolahan biologi menggunakan tanaman yang dapat menurunkan atau memecah bahan pencemar dengan bantuan mikroorganisme yang hidup pada akar tanaman [10]. Fitoremediasi berasal dari Bahasa Yunan Kuno dan Latin yaitu “*Fyto*” yang berartikan tanaman dan ‘*remedium*’ yang berarti pemulihan lingkungan dengan memanfaatkan tanaman [3]. Metode fitoremediasi ini sering digunakan untuk pengolahan limbah dikarenakan memiliki metode yang sederhana, biaya yang relatif rendah, tumbuhan yang digunakan mudah untuk dikontrol, dan ramah lingkungan [10]. Terdapat beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan pada metode fitoremediasi, yaitu tanaman mengambang atau mengapung, tanaman di dalam air, dan tanaman amfibius atau tanaman yang hidup di dalam air dan darat [14].

Tanaman bambu air yang memiliki nama latin (*Equisetum hyemale*) merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk metode fitoremediasi. Tanaman bambu air memiliki ciri-ciri antara lain memiliki ukuran diameter batang yang kurang dari 3 cm dan memiliki tinggi rata-rata sekitar 25-100 cm, namun terdapat beberapa jenis tanaman bambu air (*equisetum giganteum* dan *equisetum myriochaetum*) yang dapat tinggi tanaman 6-8 meter di daerah tropis, seperti di amerika dan california [16]. Batang atau tangkai tanaman bambu air berwarna hijau, beruas-ruas, dapat bercabang, berlubang dibagian tengahnya dan pada ujungnya berbentuk seperti kerucut [11]. Tanaman bambu air dipilih pada penelitian ini karena terdapat sejumlah studi yang menunjukkan bahwa tanaman tersebut dapat menurunkan bahan pencemar pada jenis limbah lain atau pada jumlah tanaman lain atau waktu tinggal lain.

Dengan begitu, pada penelitian ini akan menggunakan tanaman bambu air dengan jumlah 15 tanaman yang akan ditanam pada lahan basah buatan (*Constructred Wetland*) dan menggunakan batu plit koral untuk media tanamnya. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis efektivitas tanaman bambu air dalam menurunkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan surfaktan (MBAS) pada limbah laundry.

2. Metode Penelitian

Tahap Aklimatisasi

Salah satu tahap yang perlu dilakukan sebelum uji fitoremediasi adalah tahap aklimatisasi. Aklimatisasi adalah proses adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan tanaman (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010). Pada penelitian ini, tahap aklimatisasi akan dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum tahap RFT dan setelah tahap RFT. Proses aklimatisasi sebelum tahap RFT akan dilakukan selama 2-4 hari dengan air PDAM biasa, sedangkan pada aklimatisasi setelah tahap RFT akan dilakukan selama 10 hari dengan air limbah laundry dengan konsentrasi sesuai dengan tahap RFT.

Tahap RFT (Range Finding Test)

Pada umumnya, RFT adalah proses untuk menentukan batas kritis sebuah tumbuhan dapat bertahan jika dicampur oleh kontaminan (Suryo Purnomo & Wijayanti, 2021). Namun pada penelitian ini RFT lebih digunakan sebagai proses pengadaptasi tanaman secara perlahan dengan limbah atau kontaminan, sehingga pada proses ini limbah akan dimasukkan dari 0% sampai 100%. Proses pergantian tiap konsentrasi limbahnya akan dilakukan paling cepat 1 hari dan yang terlama selama 3 hari. Penentuan waktu pergantian tiap konsentrasi limbahnya bergantung dari kondisi tanaman dan kondisi lapangan pada saat itu.

Tabel 1. Range Finding Test (RFT)

No.	Waktu	Konsentrasi	Air Limbah (ml)	Air PDAM (ml)
1.	2 Hari	0%	0	5000
2.	3 Hari	10%	500	4500
3.	1 Hari	20%	1000	4000
4.	1 Hari	30%	1500	3500
5.	1 Hari	40%	2000	3000
6.	1 Hari	50%	2500	2500
7.	3 Hari	60%	3000	2000
8.	2 Hari	70%	3500	1500
9.	1 Hari	80%	4000	1000
10.	1 Hari	90%	4500	500
11.	1 Hari	100%	5000	0

Sumber : Hasil Penelitian. 2024

Setelah \pm 2 minggu, air limbah dengan konsentrasi 100% tidak membuat tanaman mati. Sehingga air limbah dengan konsentrasi 100% akan digunakan untuk tahap selanjutnya, yaitu tahap aklimatisasi setelah RFT dan tahap uji fitoremediasi.

Uji Fitoremediasi

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan dengan tanaman bambu air dengan jumlah 15 tanaman yang ditanam dengan media split koral dengan ketinggian 10 cm dan variasi waktu tinggal 12 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Penelitian ini akan dilakukan dengan sistem *batch* dan tanaman akan dimasukkan pada wadah galon le-mineral yang sudah dipotong dengan ketinggian 25 cm dan berdiameter 24 cm.

3. Hasil dan Pembahasan

Limbah laundry yang digunakan berasal dari daerah Waru, Sidoarjo yang kemudian akan dimasukkan ke reaktor sebanyak 5 liter. Dalam penelitian ini diperlukannya pengamatan terhadap tanaman. Jika terjadi perubahan warna pada ujung daun atau tangkai bambu air, maka bagian tersebut perlu dipotong agar perubahan warna tidak menyebar ke tangkai lainnya dan tidak mengganggu proses pertumbuhan tanaman. Sebelum limbah laundry digunakan untuk pengujian fitoremediasi, diperlukannya uji awal pada limbah laundry. Hal tersebut bertujuan agar hasil sebelum dan sesudah pengujian menggunakan metode fitoremediasi dapat dibandingkan.

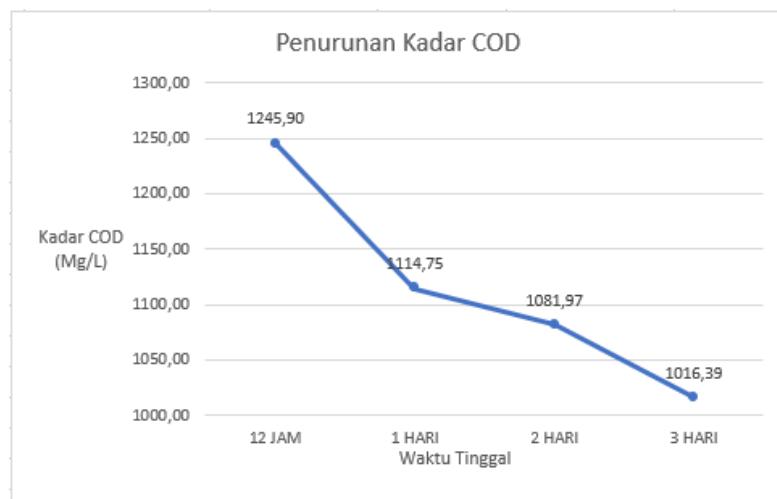
Tabel 2. Hasil Penurunan Kadar COD dan Surfaktan (MBAS)

Waktu Tinggal	Cod (Mg/L)		Surfaktan (Mg/L)	
Awal	1836,07		11,61	
12 Jam	1245,90	32,14%	9,87	15,00%
24 jam	1114,75	39,29%	9,28	20,06%
48 jam	1081,97	41,07%	8,72	24,90%
72 jam	1016,39	44,64%	8,20	29,36%

Sumber : Hasil Penelitian. 2024

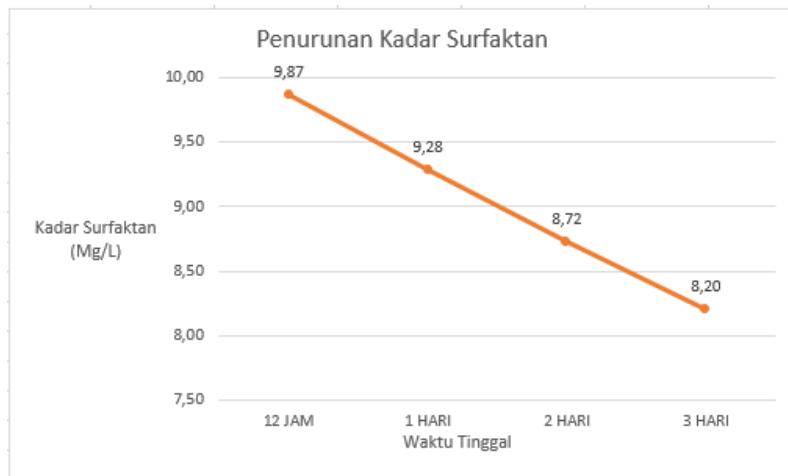
Berdasarkan **Tabel 2** menjelaskan bahwa terjadi penurunan kadar COD dan surfaktan setelah dilakukan pengujian dengan metode fitoremediasi. Persentase penyisihan pada kadar COD memiliki nilai yang lebih tinggi daripada persentase penyisihan pada kadar surfaktan. Nilai persentase penurunan kadar COD terkecil adalah 32,14% dan yang terbesar adalah 44,64%. Sedangkan pada persentase penurunan kadar surfaktan terkecil adalah 15% dan yang terbesar adalah 29,36%. Walaupun begitu, jika dilihat berdasarkan nilai kadarnya penurunan pada kadar COD masih diatas baku mutu yang telah ditentukan.

Sedangkan nilai penurunan pada kadar surfaktan memiliki nilai yang telah mencapai dibawah baku mutu yang telah ditentukan. Menurut "Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72/2013" limbah laundry tidak boleh melebihi nilai baku mutu kadar COD sebesar 250 Mg/L dan kadar surfaktan sebesar 10 Mg/L.



Gambar 1. Grafik Penurunan Kadar COD

Menurut **Gambar 1** terlihat bahwa penggunaan metode fitoremediasi dengan tanaman bambu air sejumlah 15 tanaman dapat mengurangi kadar COD pada limbah laundry yang awalnya sebesar 1836,07 Mg/L menjadi 1245,90 Mg/L setelah 12 jam; turun menjadi 1114,75 Mg/L setelah 24 jam; menjadi 1081,97 Mg/L setelah 48 jam; dan menjadi 1016,39 Mg/L setelah 72 jam. Hasil penurunan kadar COD yang tertinggi terdapat pada waktu tinggal 72 jam, karena semakin banyak kesempatan mikroorganisme pada akar tumbuhan untuk menguraikan bahan pencemar. Menurut [8], waktu tinggal yang lebih lama pada metode fitoremediasi akan memberikan hasil yang lebih baik, karena mikroorganisme memiliki lebih banyak waktu untuk menguraikan bahan pencemar. Serta dengan semakin lama waktu tinggal, semakin banyak pula mikroorganisme yang dapat hidup dengan baik pada akar [12].



Gambar 2. Grafik Penurunan Surfaktan (MBAS)

Berdasarkan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa pada metode fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air dengan jumlah 15 tanaman dapat menurunkan kadar surfaktan (MBAS) pada limbah laundry yang awalnya sebesar 11,61 Mg/L menjadi 9,87 Mg/L setelah 12 jam; menjadi 9,28 Mg/L setelah 24 jam; menjadi 8,72 Mg/L setelah 48 jam; dan menjadi 8,20 Mg/L setelah 72 jam. Bentuk grafik pada penurunan kadar surfaktan memiliki bentuk lebih stabil menurun, daripada bentuk grafik pada penurunan kadar COD. Sama halnya dengan kadar COD, pada penurunan kadar surfaktan yang paling tinggi terdapat pada waktu tinggal 72 jam, karena semakin banyak kesempatan mikroorganisme pada akar tumbuhan untuk menguraikan bahan pencemar. Menurut [8], waktu tinggal yang lebih lama pada metode fitoremediasi akan memberikan hasil yang lebih baik, karena mikroorganisme memiliki lebih banyak waktu untuk menguraikan bahan pencemar. Serta dengan semakin lama waktu tinggal, semakin banyak pula mikroorganisme yang dapat hidup dengan baik pada akar [12].

Penurunan kadar COD dan surfaktan dapat terjadi dikarenakan terjadinya pertumbuhan mikroorganisme pada akar dan media yang ditandai dengan adanya lumut. Pertumbuhan lumut ini menunjukkan perubahan warna pada akar dan media menjadi warna hijau dan terdapat slime atau biofilm yang berwarna hijau pada daerah tersebut [6]. Pada metode fitoremediasi, mikroorganisme yang hidup pada akar merupakan hal yang sangat penting karena mikroorganisme tersebut akan berfungsi sebagai pengurai bahan organik dan anorganik pada limbah laundry menjadi senyawa yang lebih sederhana, yang selanjutnya akan digunakan sebagai nutrient bagi tanaman [12]. Mikroorganisme yang menempel pada akar dan media akan menyerap oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman, sehingga mereka dapat bekerja secara optimal [15].

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada **Tabel 2**, data tersebut selanjutnya akan dianalisis melalui uji statistik regresi linier berganda. Pengujian statistik tersebut dilakukan untuk mengkaji pengaruh antara 2 variabel independent terhadap variabel dependen. Dengan kata lain, analisis menggunakan regresi linier berganda dapat menentukan seberapa besar dampak tiap-tiap variabel independen terhadap variabel dependen serta memahami keterkaitan di antara variabel-variabel tersebut. Berikut ini adalah hasil dari pengujian menggunakan metode statistic regresi linier berganda.

Regression Equation

$$\text{waktu} = -30,1 + 0,1455 \text{ cod} - 14,15 \text{ surfaktan}$$

Gambar 3. Model Hubungan Waktu Terhadap COD dan Surfaktan

Berdasarkan **Gambar 3**, dapat dijelaskan bahwa persamaan yang diperoleh memiliki nilai parameter konstanta (*intercept*) sebesar -30,1 per hari. Selanjutnya untuk kadar COD mempunyai nilai parameter koefisien regresi sebesar + 0,1455 yang menandakan adanya hubungan positif antara variabel waktu dengan penurunan kadar COD. Hubungan positif ini berarti mempunyai hubungan pengaruh antar variabel yang berbanding lurus. Dengan kata lain seiring bertambahnya waktu tinggal yang diberikan, maka semakin tinggi pula penurunan kadar COD yang terjadi. Sementara itu, untuk kadar surfaktan memiliki nilai parameter regresi sebesar -14,15 yang menandakan adanya hubungan negatif antara variabel waktu dengan penurunan kadar surfaktan. Hubungan negatif ini berarti mempunyai hubungan pengaruh antar variabel yang berbanding terbalik. Dengan kata lain bahwa semakin lama waktu tinggal, maka semakin rendah penurunan kadar surfaktan.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,37394	92,68%	78,04%	0,00%

Gambar 4. Koefisien Detergminasi (R-Square) Waktu Terhadap COD dan Surfaktan

Berdasarkan **Gambar 4** menjelaskan bahwa hubungan pengaruh waktu terhadap kadar COD dan surfaktan memiliki nilai koefisien determinan (*R-Square*) atau R^2 sebesar 92,68%. Nilai ini mengindikasikan adanya hubungan positif yang cukup kuat antara waktu dengan kadar COD dan surfaktan. Nilai *R-Square* dapat dinyatakan semakin kuat jika nilai persentase pada *R-Square* mendekati 100%. Dengan kata lain, perubahan waktu sangat berperan signifikan dalam mempengaruhi kadar COD dan surfaktan pada metode fitoremediasi.

4. Kesimpulan

Efisiensi pengurangan kadar COD dan surfaktan dalam limbah laundry menggunakan tanaman bambu air dengan jumlah tanaman sebanyak 15 tanaman yang paling tinggi dicapai pada waktu tinggal 3 hari. Persentase penurunan kadar COD yang diperoleh berturut-turut adalah 32,14%; 39,29%; 41,07%; dan 44,64%. Untuk hasil penurunan pada kadar surfaktan berturut-turut adalah 15%; 20,06%; 24,90%; dan 29,36%. Namun, pada penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tercapai masih diatas baku mutu, sedangkan hasil pada penurunan kadar surfaktan yang tercapai telah berada dibawah baku mutu. Hasil analisis statistik regresi linier berganda mengenai pengaruh waktu terhadap kadar COD dan surfaktan

menunjukkan bahwa nilai koefisien determinan (*R-Square*) mencapai 92,68%. Hal ini menjelaskan bahwa adanya hubungan positif yang cukup kuat antara waktu dengan penurunan kadar COD dan surfaktan pada limbah laundry.

5. Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu disarankan untuk melakukan penelitian dengan variasi jumlah tanaman dan media tanaman yang berbeda guna untuk melihat pengaruh terhadap hasil yang didapatkan, untuk melakukan penelitian dengan mengkombinasikan penggunaan tanaman dengan jenis tanaman yang lain, serta diperlukannya penelitian yang lebih mendalam terkait mikroorganisme yang hidup pada akar dan media.

6. Daftar Pustaka

- [1] Aji, A. W. (2020). Analisis Surfaktan Anionik Dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Metilen Biru Pada Sampel Limbah Inlet Dan Outlet Di Laboratorium Kesehatan Daerah Dki Jakarta. *Laporan Tugas Akhir*, 79.
- [2] Alfionita, A. N. A., Patang, P., & Kaseng, E. S. (2019). Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air Di Sungai Jeneberang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8190>
- [3] Ansori, A. S. (2022). *Uji Potensi Tumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes Solm.) Sebagai Fitoremediator Logam Berat Komium (Cr) Pada Limbah Cair Dari Pabrik Kulit Di Magetan Jawa Timur*. 8.5.2017. www.aging-us.com
- [4] Apriyani, N. (2017). Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.33084/mitl.v2i1.132>
- [5] Gubernur Jawa Timur. (2013). Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya. *Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya*, 9(August), 40.
- [6] Hermawanto, I., & Sugito. (2018). *Reduksi Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Katering Menggunakan Biofilter Aerobik*. 16, 68–77.
- [7] Jubaidi, J., Maulana, I., & Ihwan Saputra, A. (2022). Fitoremediasi COD Dan TSS Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Dan Kiambang (Salvinia Molesta) Pada Limbah Laundry. *Jurnal Sanitasi Profesional Indonesia*, 3(2), 63–71.
- [8] Kholisah, A. N., Pramitasari, N., & Kartini, A. M. (2022). Efisiensi Penyisihan Kadar BOD Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Bambu Air Dengan Sistem Sub Surface Flow Constructed Wetland. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 14(1), 66–73.
- [9] Kristanto, P. (2013). *Ekologi Industri* (kedua). Penerbit ANDI.
- [10] Oktaviani, L. (2020). *Fitoremediasi Logam Berat Seng (Zn) Dengan Memanfaatkan tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) Menggunakan Sistem Batch*.
- [11] Picauly, M. J. (2022). Fitoremediasi dengan Constructed Wetland Menggunakan Eichhornia crassipes (Mart) Solms, Pistia stratiotes L., dan Equisetum hyemale L., untuk Mengolah Limbah Cair Domestik BTN serta Pengaruhnya pada Pertumbuhan Caisim (Brassica juncea L.). *Skripsi, July*, 1–23
- [12] Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes). [Http://Repository.Its.Ac.Id/Id/Eprint/42976](http://Repository.Its.Ac.Id/Id/Eprint/42976), 1–153. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/42976>
- [13] Silmi, A., Sapta Dewi, Y., & Ardiansah, M. G. (2023). Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Pada Variasi Parameter Fosfat Pada Limbah Laundry. *Jurnal Techlink*, 7(01), 22–30. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v7i01.318>
- [14] Suriawiria, U. (2003). *Mikrobiologi air*. P.T Alumni.
- [15] Suryo Purnomo, Y., & Wijayanti, F. D. (2021). Pengolahan Limbah Cair Bengkel Dengan Menggunakan Grease Trap Dan Fitoremediasi. *EnviroUS*, 2(1), 114–122. <https://doi.org/10.33005/envirous.v2i1.87>
- [16] Yosep, E. A. (2019). *Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode Fitoremediasi* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Kupang).