

Potensi Tumbuhan *Lemna minor* L. sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Cair Pewarna Jumputan

*(Potential of the *Lemna minor* L. Plant as a Phytoremediation Agent for Jumputan Dye Liquid Waste)*

Erin Damayanti Hutabarat, Susy Amizera*, Didi Jaya Santri

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas
Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862

*Email korespondensi: susyamizera@fkip.unsri.ac.id

ABSTRAK

Kain jumputan merupakan jenis kain khas yang berasal dari Kota Palembang, dalam proses pembuatannya menggunakan banyak zat warna sehingga akan menghasilkan limbah buangan yang berupa limbah cair pewarna. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi tanaman *Lemna minor* L. dalam menurunkan kadar warna dan meningkatkan kualitas air buangan limbah pewarna jumputan. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 perlakuan dan 5 ulangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, uji sidik ragam, dan uji duncan. Hasil penelitian didapatkan bahwa tanaman *Lemna minor* mampu menurunkan kadar warna sebanyak 51%, serta mampu memperbaiki parameter-parameter kualitas air, yaitu dengan perubahan pH menjadi 5,72 dengan persentase 18%, DO menjadi 6,9 mg/l dengan persentase 53%, suhu menjadi 27,9°C dengan persentase 11%, TDS menjadi 118,2 mg/l dengan persentase 44%, TSS menjadi 8 mg/l dengan persentase 95%, dan logam Pb menjadi 0,9 dengan persentase 42%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tanaman *Lemna minor* L. efektif digunakan sebagai fitoremediator limbah cair pewarna jumputan.

Kata kunci: Fitoremediasi; Limbah Cair; Kain Jumputan; *Lemna minor*

ABSTRACT

Jumputan cloth is a type of typical cloth originating from the city of Palembang. In the manufacturing process it uses a lot of dyes so that it produces waste in the form of liquid dye waste. This research aims to determine the potential of the *Lemna minor* L. plant in reducing color levels and improving the quality of jumputan dye waste water. This research is a quantitative research with experimental methods using a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 5 replications. Data analysis was carried out using the normality test, homogeneity test, variance test, and Duncan test. The research results showed that the *Lemna minor* plant was able to reduce color levels by 51%, and was able to improve water quality parameters, namely by changing the pH to 5.72 with a percentage of 18%, DO to 6.9 mg/l with a percentage of 53%, the temperature becomes 27.9°C with a percentage of 11%, TDS becomes 118.2 mg/l with a percentage of 44%, TSS becomes 8 mg/l with a percentage of 95%, and Pb metal becomes 0.9 with a percentage of 42%. Based on the research results, it can be concluded that the *Lemna minor* L. plant is effectively used as a phytoremediator for jumputan dye liquid waste.

Keywords: Phytoremediation; Liquid waste; Jumputan cloth; *Lemna minor* L.

PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering dijumpai pada lingkungan sekitar. Terjadinya pencemaran air dapat disebabkan oleh kegiatan domestik maupun kegiatan industri khususnya industri kain. Salah satu jenis kain yang dalam proses pembuatannya menggunakan banyak pewarna adalah kain jumputan. Kain jumputan merupakan kain khas yang berasal dari Kota Palembang yang dibuat dengan cara mengikat bagian-bagian tertentu pada kain yang kemudian akan dicelupkan ke bahan pewarna sebelum akhirnya direbus (Nurhayati, 2016). Air yang telah digunakan dalam proses pembuatan kain akan memiliki warna yang pekat, karena air tersebut telah terkontaminasi oleh logam

berat. Menurut Komarawidjaja (2017), jenis logam berat yang terkandung didalam limbah pewarna tekstil diantaranya logam berat As, Cd, Cr, Pb, Cu, dan Zn.

Pada umumnya, limbah cair pewarna harus diproses terlebih dahulu melalui IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sebelum akhirnya dibuang, apabila limbah cair pewarna dibuang begitu saja ke lingkungan hal ini akan berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi pencemaran air akibat limbah cair pewarna adalah metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah upaya ramah lingkungan yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran dengan menggunakan tanaman dengan cara menyerap, mengurangi toksisitas, menstabilkan, dan mendegradasi zat polutan yang kemudian akan dilepaskan ke lingkungan dari berbagai sumber (Kafle *et al.*, 2022). Salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi adalah *Lemna minor* L.

Lemna minor L. atau yang biasa disebut sebagai mata lele adalah salah satu jenis spesies Duckweed (Famili *Lemnaceae*) merupakan tanaman air dengan ukuran kecil yang hidup dengan cara mengapung diatas permukaan air dan berpotensi sebagai sumber hijauan karena memiliki tingkat penyebaran yang luas Prihantoro *et al.* (2015). Hasil penelitian Imron *et al.* (2019) didapatkan hasil bahwa *Lemna minor* L. mampu menurunkan kadar warna zat methylene blue sebesar $80,06 \pm 0,44\%$. Penelitian Irawanto & Munandar (2017) yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* L. untuk mereduksi kandungan logam berat Pb berhasil menurunkan kadar logam jenis Pb sebesar 75,5%. Namun demikian, penelitian mengenai penggunaan tanaman *Lemna minor* L sebagai fitoremediator limbah cair pewarna kain belum banyak dilakukan. Hal ini dikarenakan limbah cair pewarna kain berpotensi menghasilkan zat warna dan logam berat yang membutuhkan pengelolaan sebelum dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, Penelitian ini dilakukan untuk menghitung seberapa besar potensi *Lemna minor* L. sebagai fitoremediator limbah cair pewarna kain.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi Universitas Sriwijaya pada bulan Agustus 2023 sampai Desember 2023, pengambilan sampel limbah kain diambil di sentra industri kain jumputan Kota Palembang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan sehingga didapatkan 25 sampel eksperimen (**Tabel 1**). Tumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Lemna minor* L. yang telah diaklimatisasi selama 7 hari sebelum dilakukan proses pengamatan.

Tabel 1. Rancangan penelitian

Perlakuan	Ulangan ke-				
	1	2	3	4	5
P0	P0U1	P0U2	P0U3	P0U4	P0U5
P1	P1U1	P1U2	P1U3	P1U4	P1U5
P2	P2U1	P2U2	P2U3	P2U4	P2U5
P3	P3U1	P3U2	P3U3	P3U4	P3U5
P4	P4U1	P4U2	P4U3	P4U4	P4U5

Keterangan: P0= Kontrol, P1= 10 gr tanaman uji, P2=15 gr tanaman uji, P3= 20 gr tanaman uji, P4= 25 gr tanaman uji, U= Ulangan

Tahapan penelitian dilakukan dengan cara memasukkan tanaman uji kedalam gelas uji yang sudah diisi dengan air limbah sebanyak 500ml dengan konsentrasi sebesar 80%, dengan waktu pendedahan tanaman uji selama 6 hari. Parameter yang diamati selama proses penelitian adalah pH, suhu, DO, TDS, TSS, kadar warna, dan logam berat Pb.

Data yang telah didapatkan dari hasil pengamatan akan dianalisis menggunakan uji homogenitas, uji normalitas, uji ANOVA, dan uji Duncan setelah itu data akan dibandingkan dengan PERMEN LHK No.16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil.

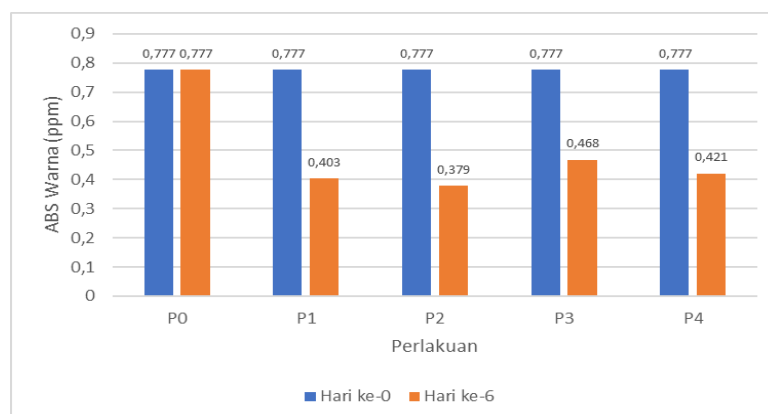
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses fitoremediasi selama 6 hari menggunakan *Lemna minor* L. didapatkan hasil bahwa terdapat penurunan kadar warna pada limbah cair kain jumptuan sehingga menyebabkan meningkatnya parameter-parameter kualitas air. Perubahan nilai parameter-parameter air dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perubahan parameter kualitas air

Parameter	Perlakuan				
	0	1	2	3	4
pH	4,85 ±0,00 ^a	5,72±0,03 ^d	5,69±0,05 ^c	5,18±0,04 ^b	4,92±0,02 ^b
Suhu	25,1±0,00 ^a	27,9±0,11 ^c	27±0,04 ^{bc}	27,9±0,08 ^b	27,8±0,07 ^{bc}
DO	3,24±0,00 ^a	6,9±0,15 ^c	6,58±0,22 ^c	4,66±0,01 ^b	4,68±0,03 ^b
TDS	212,8±0,00 ^a	118,2±1,80 ^b	122,2±2,47 ^b	123,6±2,34 ^b	135,2±3,13 ^b
TSS	180±0,00 ^a	8±0,01 ^b	16±0,01 ^b	32±0,09 ^b	28±0,01 ^b
Warna	0,777±0,00 ^c	0,403±0,01 ^b	0,379±0,01 ^a	0,468±0,08 ^b	0,421±0,02 ^a
Logam Pb	1,575±0,00 ^c	0,911±0,01 ^b	0,9±0,02 ^a	1,062±0,07 ^a	0,948±0,02 ^b

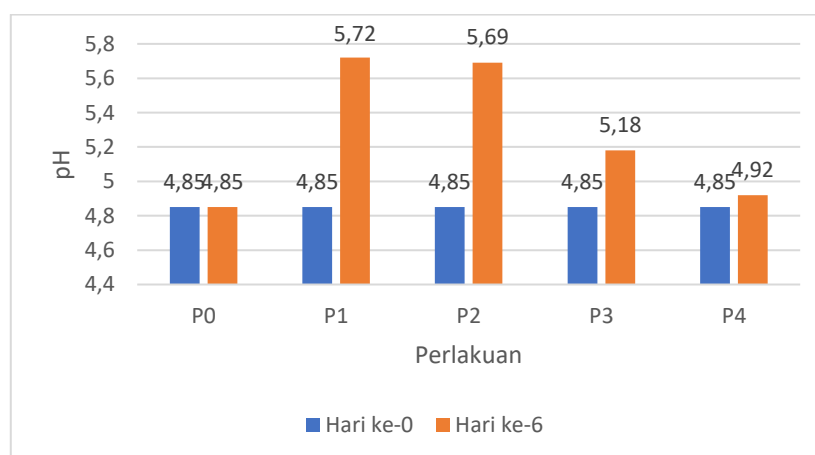
Keterangan: Angka yang diikuti notasi yang berbeda pada baris menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan uji duncan dengan taraf uji 0,05.



Gambar 1. Perbandingan kadar warna limbah cair jumptuan selama proses fitoremediasi

Penurunan kadar warna limbah cair kain jumptuan yang paling efektif dihasilkan pada P2 yang menggunakan 15 gr tanaman uji dengan tingkat dekoloriasi yang dihasilkan sebesar 51% dengan penurunan warna yang dihasilkan menjadi sebesar 0,379 ppm (**Gambar 1**). Kemampuan tanaman *Lemna minor* dalam menyerap zat warna disebabkan oleh kemampuan akar tanaman *Lemna minor* untuk menyerap polutan dalam air, sehingga dapat mengurangi kepekatan zat warna. Akar tumbuhan

ini menghasilkan eksudat yang merangsang pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme di rhizosfer, yang kemudian bekerja sama untuk mendegradasi zat warna tersebut (Imron *et al.*, 2021). Penyerapan bahan organik oleh tanaman juga dipengaruhi oleh mikroba rhizosfera yang terdapat pada akar tumbuhan air, yang mampu mendegradasi bahan organik dan anorganik. Selain itu, bahan organik yang telah dirombak melalui proses rhizodegradasi maupun fitodegradasi akan ditranslokasikan ke bagian daun. Zat warna dapat dikurangi dengan memecah rantai ikatannya menggunakan bantuan mikroorganisme pengurai. Mekanisme awal melibatkan degradasi senyawa berantai panjang menjadi rantai pendek, rantai pendek ini kemudian dapat digunakan oleh tumbuhan sebagai sumber energi untuk mensintesis komponen penyusun sel baru (Herrena & Titah, 2017). Tanaman *Lemna minor* L. efektif untuk digunakan sebagai agen fitoremediasi dalam menurunkan kadar warna jika dibandingkan dengan penelitian Nurani Indraswari & Abdullah (2023) yang menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) didapatkan hasil bahwa tanaman eceng gondok selama waktu dedah 6 hari mampu menurunkan kadar warna limbah cair batik sebesar 48,19%.

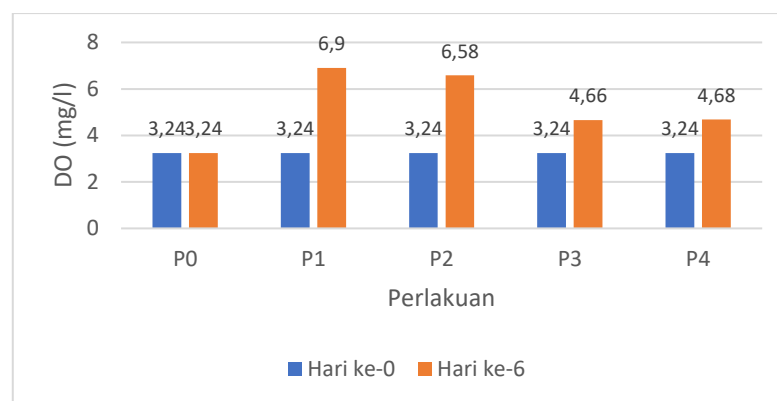


Gambar 2. Perbandingan nilai pH limbah cair jumputan selama proses fitoremediasi

Peningkatan kadar pH limbah cair kain jumputan yang paling efektif dihasilkan pada P1 yang menggunakan 10 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 18% dengan peningkatan nilai pH menjadi 5,72 (**Gambar 2**). Kenaikan nilai pH terjadi karena adanya aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman uji, karena selama proses fotosintesis tumbuhan akan mengubah CO_2 yang kemudian akan menghasilkan O_2 dan akan mengambil ion H^+ yang terdapat di dalam air limbah sehingga akan menyebabkan nilai pH menjadi meningkat. Saat akar tumbuhan menyerap ion positif, tumbuhan akan mengeluarkan ekskret berupa ion positif (H^+) ke lingkungan. Sebaliknya, jika yang diserap oleh akar tumbuhan adalah ion negatif, maka tumbuhan akan mengeluarkan ekskret berupa ion negatif (OH^-). Proses penyerapan nutrisi oleh tumbuhan akan berlangsung kontinyu. Maka dari itu, jika yang lebih banyak diserap adalah ion positif, nilai pH akan meningkat, dan juga sebaliknya (Fitriana *et al.*, 2020). Pada pH yang asam, kapasitas adsorpsi yang rendah terjadi diakibatkan oleh peristiwa protonasi yang menghalangi penyerapan molekul zat warna kationik ke permukaan sehingga akan menyebabkan tolakan elektrostatis antara air limbah dan spesies uji, selain itu kompetisi antara ion H^+

dalam larutan dengan muatan positif zat warna juga akan berkontribusi terhadap rendahnya kapasitas penyerapan penyerapan zat warna kationik (Dwi *et al.*, 2021).

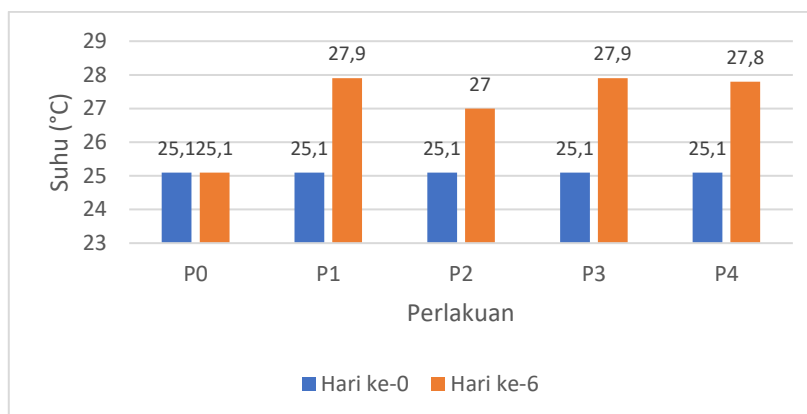
Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 nilai pH optimal untuk air limbah industri berada pada interval 6-9, namun setelah dilakukan fitoremediasi pH limbah cair masih belum memenuhi baku mutu.



Gambar 3. Perbandingan nilai DO limbah cair jumputan selama proses fitoremediasi

Peningkatan kadar DO limbah cair kain jumputan yang paling efektif dihasilkan pada P1 yang menggunakan 10 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 53% dengan peningkatan nilai DO menjadi 6,9 mg/l (**Gambar 3**). Perubahan nilai DO yang terjadi selama proses fitoremediasi diakibatkan karena tanaman air mampu menghasilkan oksigen dari hasil fotosintesis yang kemudian dilepaskan ke dalam air. Bagian tumbuhan *Lemna minor* L. tidak sepenuhnya tenggelam di dalam air karena daunnya mengapung diatas permukaan air. Hal ini menyebabkan sebagian oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis dilepaskan ke air dan sebagian lagi dilepaskan ke udara (Puspitaningrum *et al.*, 2012). Tanaman *Lemna minor* L. memiliki talus kecil dengan stomata yang berfungsi untuk menyerap oksigen dan karbon dioksida dari udara. Akar tanaman yang tenggelam di dalam air mengandung kloroplas yang aktif dalam proses fotosintesis, sehingga meningkatkan suplai oksigen di dalam air.

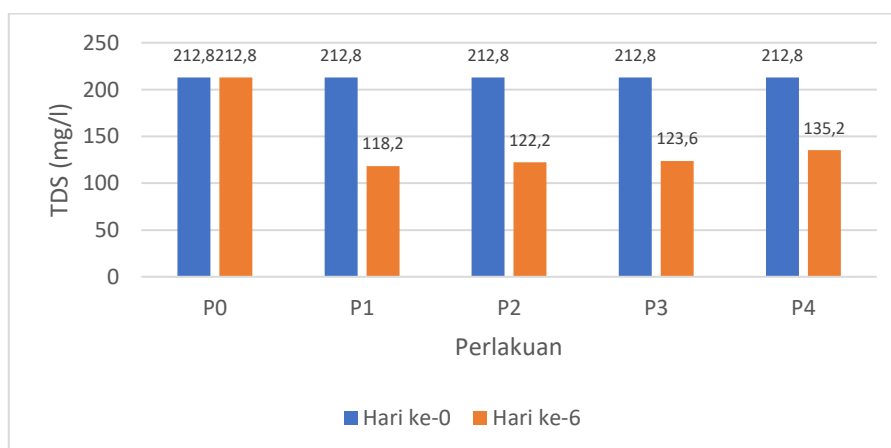
Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 standar baku mutu DO pada air limbah adalah sebesar 4 mg/l, dan setelah dilakukan fitoremediasi air limbah kain jumputan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 4. Perbandingan suhu limbah cair jampukan selama proses fitoremediasi

Perubahan nilai suhu limbah cair kain jampukan yang paling efektif dihasilkan pada P1 yang menggunakan 10 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 11% dengan perubahan nilai suhu menjadi 27,9°C (**Gambar 4**). Perubahan suhu yang terjadi selama proses perlakuan dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan intensitas cahaya yang berubah-ubah. Suhu lingkungan secara tidak langsung akan mempengaruhi laju penguapan air dalam gelas uji. Namun perubahan volume yang terjadi dalam penelitian ini tidak mencapai selisih yang signifikan, volume air limbah pada gelas uji hanya berkurang sekitar ± 10 ml selama proses penelitian berlangsung. Perubahan suhu akan berbanding lurus dengan tingkat penguapan, semakin tinggi nilai suhu maka akan semakin tinggi pula laju penguapan. Peningkatan suhu akan mempengaruhi tingkat penyerapan, karena suhu berkaitan dengan proses metabolisme dan proses fotosintesis pada tumbuhan (Moore *et al.*, 2021). Selain mempengaruhi laju transpirasi, suhu juga dapat mempengaruhi kadar oksigen dalam air, karena penyerapan tidak sepenuhnya dilakukan oleh tanaman namun dapat berpindah dari air melalui proses evaporasi dan evapotranspirasi.

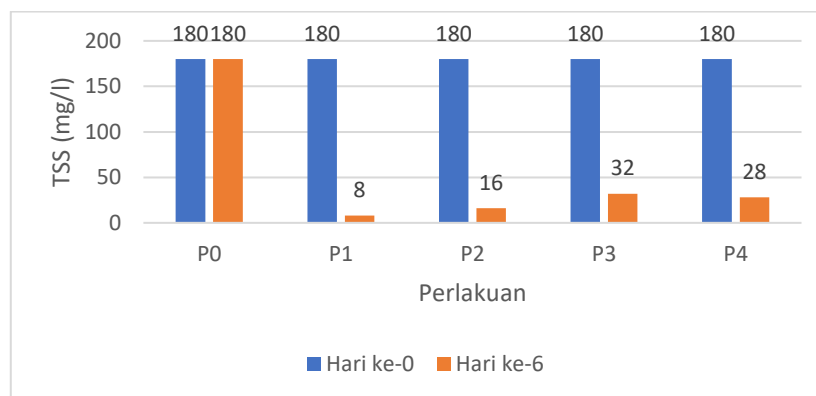
Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 standar baku mutu air limbah industri tekstil berada pada kisaran 25-30°C, suhu limbah sebelum dan sesudah perlakuan sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 5. Perbandingan nilai TDS limbah cair jampukan selama proses fitoremediasi

Penurunan nilai TDS limbah cair kain jumptan yang paling efektif dihasilkan pada P1 yang menggunakan 10 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 44% dengan penurunan nilai TDS menjadi 118,2 mg/l (**Gambar 5**). Penyerapan TDS terjadi karena akar tanaman *Lemna minor* mampu menyerap zat-zat organik yang ada di dalam air. Lamanya waktu dedah tanaman pada air limbah menjadi faktor yang mempengaruhi banyaknya penyerapan TDS oleh tanaman (Safitri & Rima Setyawati, 2019). Menurut Daud *et al.* (2018) penurunan nilai TDS juga disebabkan oleh kapasitas tanaman dalam melakukan penyerapan terhadap ion-ion organik dan anorganik. Melalui sistem perakaran yang berada di dalam air, tanaman *Lemna minor* dapat menyerap kandungan senyawa organik dan anorganik, kemudian mengakumulasi di dalam daun dan batang tanaman.

Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 standar baku mutu air limbah industri tekstil pada parameter TDS yaitu 500 mg/l, dan setelah dilakukan fitoremediasi air limbah kain jumptan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

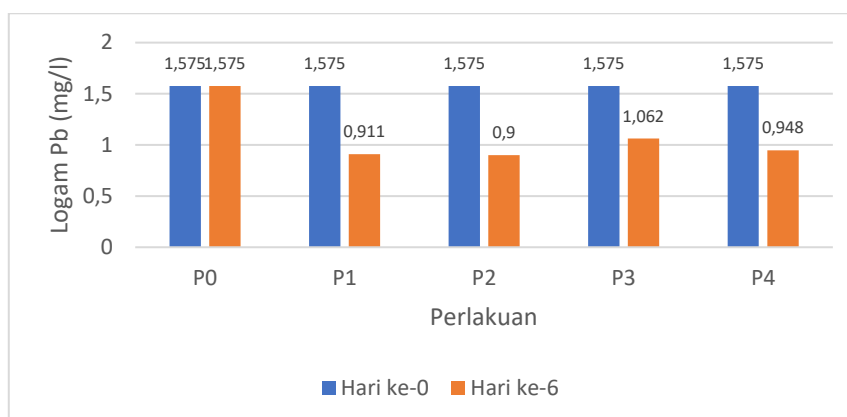


Gambar 6 Perbandingan nilai TSS limbah cair jumptan selama proses fitoremediasi

Penurunan nilai TSS limbah cair kain jumptan yang paling efektif dihasilkan pada P1 yang menggunakan 10 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 95% dengan penueunan nilai TSS menjadi sebesar 8 mg/l (**Gambar 6**). Tanaman air seperti *Lemna minor* tidak hanya menjadi tanaman estetika saja, tetapi mampu berperan sebagai agen fitoremediasi yang efektif, *Lemna minor* mampu menurunkan zat polutan secara langsung dengan melakukan penyerapan terhadap unsur-unsur pencemar untuk dijadikan sebagai sumber nutrisi, serta secara tidak langsung yaitu dengan cara menyediakan lingkungan yang ideal bagi kehidupan mikroba rhizosfera yang berperan sebagai pengurai dalam membantu dalam proses penguraian zat pencemar. Tanaman akan melakukan proses bioremediasi dan pengendapan, proses ini akan dibantu oleh mikroba rhizosfera yang terletak pada akar tanaman (Srilestari & Munawwaroh, 2021).

Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 standar baku mutu air limbah industri tekstil pada parameter TSS yaitu sebesar 50 mg/l, dan setelah dilakukan

fitoremediasi air limbah kain jumptan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 7. Perbandingan kadar logam Pb limbah cair jumptan selama proses fitoremediasi

Penurunan kadar logam Pb limbah cair kain jumptan yang paling efektif dihasilkan pada P2 yang menggunakan 15 gr tanaman uji, persentase yang dihasilkan sebesar 42% dengan penurunan kadar logam menjadi 0,9 mg/l (**Gambar 7**). Kemampuan *Lemna minor* dalam menyerap kandungan logam berat disebabkan oleh sifatnya sebagai tumbuhan hiperakumulator, yang mampu menyerap logam melalui akarnya (Ali *et al.*, 2016). Akar *Lemna minor* tidak hanya berperan dalam menyerap zat warna, namun juga memiliki kemampuan untuk memproduksi senyawa organik tertentu seperti zat kelat. Zat kelat akan berinteraksi dengan ion-ion ligan kemudian akan memfasilitasi masuknya logam-logam berat ke dalam epidermis akar. Proses ini disebut sebagai proses rhizofiltrasi, yaitu tanaman akan mengeluarkan suatu enzim dan senyawa organik melalui akar yang disebut sebagai eksudat akar, kemudian menciptakan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan mikroba di sekitar akarnya (Irawanto *et al.*, 2015). Setelah logam seperti Pb diserap oleh akar, logam tersebut diangkut melalui xilem dan floem menuju bagian lain dari tumbuhan. Kemudian, logam tersebut diikat oleh senyawa kelat yang disebut fotosiderofor (Irhamni *et al.*, 2017). Fotosiderofor membawa logam dan disebarkan oleh jaringan pengangkut ke seluruh tubuh tanaman, sehingga menyebabkan turunnya kadar logam dalam air.

Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan mengenai Nilai Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 standar baku mutu air limbah industri tekstil pada parameter logam Pb yaitu sebesar 0,1 mg/l, namun penurunan logam Pb yang dihasilkan masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa tanaman *Lemna minor* L. berpotensi dalam memperbaiki kualitas air, khususnya mampu menjadi agen fitoremediasi dalam menurunkan kadar warna limbah cair kain jumptan. Perlakuan 2 yang menggunakan 15 gram *Lemna minor* L. mampu menurunkan kadar warna hingga 51% dengan penurunan menjadi 0,379 ppm dan menurunkan kadar logam Pb hingga 42% dengan penurunan menjadi 0,9 mg/l.

Perlakuan 1 yang menggunakan 10 gram *Lemna minor* L. mampu memperbaiki parameter kualitas air, dengan peningkatan nilai pH hingga 18% dengan perubahan menjadi 5,72, peningkatan DO hingga 53% dengan perubahan menjadi 6,9 mg/l, peningkatan suhu hingga 11% dengan perubahan menjadi 27,9%, penurunan TDS hingga 44% dengan perubahan menjadi 118,2 mg/l, dan penurunan TSS hingga 95% dengan perubahan menjadi 8 mg/l. Hal ini disebabkan karena *Lemna minor* L. merupakan tanaman hiperakumulator dan pada akarnya terdapat bakteri rhizosfera yang berperan dalam mendegradasi senyawa-senyawa polutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pengrajin kain jumputan yang telah bersedia membantu dalam proses pengambilan sampel limbah kain jumputan. Terimakasih juga kepada semua yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Z., Waheed, H., Kazi, A. G., Hayat, A., & Ahmad, M. (2016). Duckweed: An Efficient Hyperaccumulator of Heavy Metals in Water Bodies. *Plant Metal Interaction: Emerging Remediation Techniques*, 411–429.
- Daud, M. K., Ali, S., Abbas, Z., Zaheer, I. E., Riaz, M. A., Malik, A., Hussain, A., Rizwan, M., Zia-Ur-Rehman, M., & Zhu, S. J. (2018). Potential of Duckweed (*Lemna minor*) for the Phytoremediation of Landfill Leachate. *Journal of Chemistry*, 1-19.
- Dwi R. H., L., Nasra, E., Azhar, M., & Benti Etika, S. (2021). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Chemistry Journal*, 10(2), 8–13.
- Fitriana, N., Kuntjoro, S., Biologi, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2020). Kemampuan *Lemna minor* dalam Menurunkan Kadar Linear Alkyl Benzene Sulphonate. *Lentera Bio*, 9(2), 109–114.
- Herrena, A., & Titah, H. S. (2017). Fito Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air *Eichhornia crassipes*. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 479–482.
- Imron, M. F., Ananta, A. R., Ramadhani, I. S., Kurniawan, S. B., & Abdullah, S. R. S. (2021). Potential of *Lemna minor* for removal of methylene blue in aqueous solution: Kinetics, adsorption mechanism, and degradation pathway. *Environmental Technology and Innovation*, 24, 1-15.
- Imron, M. F., Kurniawan, S. B., Soegianto, A., & Wahyudianto, F. E. (2019). Phytoremediation of methylene blue using duckweed (*Lemna minor*). *Heliyon*, 5(8), 1-16.
- Irawanto, R., Hendrian, R., & Mangkoedihardjo, S. (2015). Konsentrasi Logam Berat (Pb & Cd) Pada Tumbuhan Akuatik *Acanthus ilicifolius* Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Acanthus ilicifolius* (Jeruju). *Prosiding KPSDA*, 1(1), 146-155.
- Irawanto, R., & Munandar, A. A. (2017). Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* Sebagai Fitoremediator Logam Berat (Pb). *Pros Semnas Masy Biodiv Indon*, 3(3), 446–452.

- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Mekkah*, 1(2), 75-84.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., & Aryal, N. (2022). Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. In *Environmental Advances* (Vol. 8). Elsevier
- Komarawidjaja, W. (2017). Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 173-181.
- Moore, C. E., Meacham-Hensold, K., Lemonnier, P., Slaterry, R. A., Benjamin, C., Bernacchi, C. J., Lawson, T., & Cavanagh, A. P. (2021). The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: From enzymes to ecosystems. *Journal of Experimental Botany*, 72(8), 2822–2844.
- Nurani Indraswari, M., & Abdullah, S. (2023). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Remediator Dalam Menurunkan Kadar Warna Pada Limbah Batik Di Desa Sokaraja Kulon Kecamatan Sokaraja. *Buletin Keslingmas*, 42(4), 179–185.
- Nurhayati. (2016). Melestarikan Budaya Seni Kain Jumputan Palembang. *Jurnal Kalpataru*, 2(1), 10-15.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 16 Tahun 2019 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil.
- Prihantoro, I., Risnawati, A., Dewi M. H. K., & Agus Setiana, M. (2015). Potensi dan Karakteristik Produksi Lemna Minor pada Berbagai Media Tanam. *Jurnal Pastura*, 4(2), 70-77.
- Puspitaningrum, M., Izzati, M., & Haryanti, S. (2012). Produksi Dan Konsumsi Oksigen Terlarut oleh Beberapa Tumbuhan Air. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 20(1), 47-55.
- Safitri, M., & Rima Setyawati, T. (2019). Pemanfaatan Lemna minor L. dan Hydrilla verticillata (L.f.) Royle untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Laundry. *Jurnal Protobiont*, 8(1), 39-46.
- Srilestari, E., & Munawwaroh, A. (2021). Effectiveness of Subsurface Flow-Wetlands to Reducing TSS Levels and Stabilizing pH in Tofu Liquid Waste. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(1), 15–21.