

## Fitoremediasi Fosfat dari Detergen Sintetis dengan Menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*

### *Phytoremediation of Phosphate from Synthetic Detergent Using Lemna minor and Azolla microphylla*

Lailatus Silviana\*, Fida Rachmadiarti

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: [lailatussilviana.19023@mhs.unesa.ac.id](mailto:lailatussilviana.19023@mhs.unesa.ac.id)

**Abstrak.** Limbah detergen merupakan salah satu penyebab pencemaran perairan. Salah satu bahan pembentuk detergen adalah fosfat. Fosfat yang berlebihan di perairan menyebabkan eutrofikasi dan membahayakan biota air. Fitoremediasi merupakan salah satu solusi untuk menurunkan kadar fosfat di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis tumbuhan dan konsentrasi detergen terhadap kadar fosfat pada media tanam. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan, yaitu jenis tumbuhan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* dan konsentrasi detergen 10 ppm dan 20 ppm. Parameter yang diuji meliputi kadar fosfat, suhu, pH, DO, BOD, dan kadar klorofil. Analisis data dilakukan menggunakan ANOVA dua arah dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf 5% untuk mengetahui beda nyata paling tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat tertinggi terjadi pada tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm sebesar 79,54% dan penurunan terendah terjadi pada tumbuhan *Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm dengan penurunan 55%. Kadar klorofil terendah pada fitoremediasi tumbuhan *Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm yaitu 5,74 mg/L sedangkan kadar klorofil tertinggi pada fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm yaitu 11,77 mg/L. Fitoremediasi menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* mampu menurunkan kadar fosfat sesuai standar baku mutu.

**Kata kunci :** kualitas air; limbah domestik; pencemaran air; pengolahan limbah; tumbuhan hiperakumulasi

**Abstract.** Detergent waste can causes eutrophication and endanger aquatic biota because detergents contain phosphate. Phytoremediation is one of solution to reduce phosphate levels in waters . This study aims to analyze the effect of plant species and detergent concentration on phosphate levels. This study used a Randomized Block Design (RBD) with two treatment factors, it is the species *Lemna minor* and *Azolla microphylla* and detergent concentrations of 10 ppm and 20 ppm. Parameters tested included phosphate levels, temperature, pH, DO, BOD and chlorophyll content. Data analysis was carried out using two-way ANOVA followed by Duncan's test to determine the relationship between plant species and concentration on the decrease in phosphate levels. The results showed that the highest decrease in phosphate levels occurred in *Azolla microphylla* at 20 ppm concentration with 79.54% and the lowest is in *Lemna minor* at 20 ppm concentration with 55% reduction. The lowest chlorophyll content was in *Lemna minor* at a concentration of 10 ppm which was 5.74 mg/L while the highest chlorophyll content was in *Azolla microphylla* at a concentration of 20 ppm which was 11.77 mg/L. Phytoremediation using *Lemna minor* and *Azolla microphylla* was able to reduce phosphate levels according to quality standards.  
**Keywords:** water quality; domestic waste; water pollution; waste treatment; hyperaccumulating plant

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global dan percepatan industrialisasi telah mengakibatkan pencemaran perairan oleh limbah. Salah satu industri yang mengakibatkan pencemaran perairan adalah industri pencucian pakaian yang menghasilkan limbah detergen. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah air limbah laundry yang mengandung banyak bahan berbahaya yang akan dibuang dari industri pencucian pakaian, dan jumlah air limbah yang dilepaskan ke badan air semakin meningkat (Hu *et al.*, 2017). Industri penyedia jasa laundry merupakan salah satu penghasil limbah domestik yang menjadi penyebab utama pencemaran air. Pencemaran perairan akan semakin parah dan polutan juga secara pasif memengaruhi kualitas tanah, air tanah, dan

udara, bahkan mengancam kesehatan masyarakat.

Pencemaran perairan oleh limbah *laundry* diakibatkan oleh kandungan di dalam limbah *laundry* yang terdiri atas tiga komponen utama di antaranya senyawa fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), surfaktan dan bahan aditif (pemutih dan pewangi) (Purnamasari, 2017). Ketiga komponen tersebut memiliki tingkat toksisitas yang berbeda. Kandungan senyawa fosfat dalam limbah *laundry* bisa menyebabkan eutrofikasi yang dapat mengurangi oksigen terlarut pada perairan sehingga kualitas air menurun (Budiawan *et al.*, 2009). Keberadaan fosfat di perairan yang berlebihan dapat mengakibatkan eksitasi ledakan pertumbuhan alga di perairan jika disertai dengan keberadaan nitrogen. Ledakan alga yang berlebihan dapat membentuk lapisan pada permukaan air, lapisan ini dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga merugikan bagi ekosistem perairan. Karena tingginya kadar fosfat di perairan dapat membahayakan ekosistem, maka diperlukan upaya penanggulangan pencemaran yang ditimbulkan oleh air limbah *laundry* dengan mengolah air limbah.

Penanggulangan dan pengendalian pencemaran perairan telah dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Penanggulangan dan pengendalian pencemaran air adalah upaya untuk mencegah, menanggulangi serta memperbaiki kualitas air sehingga menjamin mutu perairan agar memenuhi standar baku mutu air. Pengelolaan air limbah terkait dengan fungsi air bagi manusia yang memiliki peranan sangat besar bukan hanya untuk kebutuhan bertahan hidup, manusia juga memerlukan air untuk memasak, minum, mencuci, dan mengairi tanaman (Sulistiyorini *et al.*, 2016).

Upaya untuk menanggulangi pencemaran air akibat limbah cair *laundry* dapat dilakukan dengan mengurangi kadar fosfat di dalam perairan menggunakan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah teknologi hijau berbiaya rendah dan telah terbukti efektif dalam menurunkan atau menetralkan kontaminan pada tanah atau perairan menggunakan tanaman (Irharni, *et al.*, 2018). Beberapa tumbuhan air secara umum mempunyai kemampuan yang sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair, tumbuhan air dapat digunakan untuk menurunkan komponen-komponen zat tertentu di dalam perairan (Lestari, 2013). Tumbuhan tertentu yang dikenal sebagai hiperakumulator mampu menyerap kontaminan dalam perairan yang akan masuk dalam proses metabolisme tumbuhan. Tumbuhan hiperakumulasi yang memiliki kapasitas untuk menyerap kontaminan adalah kandidat yang cocok untuk fitoremediasi yang efisien. Dalam hiperakumulasi, polutan diserap oleh akar tanaman dan terkonsentrasi di jaringan tanaman atau terdekomposisi menjadi bentuk yang kurang berbahaya. Tanaman yang dapat menyerap dan mentoleransi kontaminan tingkat tinggi dianggap sebagai kandidat kuat untuk fitoremediasi.

Menurut Praveen and Pandey (2020) salah satu tumbuhan yang bisa digunakan sebagai fitoremediator berasal dari kelompok Pteridophyta karena mampu mengalami hiperakumulasi logam berat. *Lemna minor* merupakan Pteridophyta yang memiliki bunga kecil dengan akar yang memiliki ukuran kurang lebih 2-20 mm, *Lemna minor* dapat hidup bebas mengapung di permukaan air (Alahmady *et al.*, 2013). *Lemna minor* dapat digunakan sebagai fitoremediator karena mempunyai kemampuan untuk mengolah limbah, *Lemna minor* mampu menyerap senyawa organik maupun anorganik dalam limbah (Ilyas *et al.*, 2014).

*Lemna minor* yang digunakan sebagai fitoremediator air limbah domestik masih mampu bertahan hidup dengan baik hingga 10 hari (Puspitasari & Irawanto, 2016). Pada penelitian Fitriana & Kuntjoro (2020) pada lingkungan yang tercemar limbah detergen, *Lemna minor* memiliki kemampuan adaptasi yang cukup baik dimana terjadi peningkatan pertumbuhan *Lemna minor* pada biomassa basah dan masih mampu bertahan hidup. Menurut Moreno *et al.*, (2023) *Lemna minor* dikategorikan sebagai hiperakumulator karena mampu menyerap Nikel (II) dalam larutan sintetik  $\text{NiSO}_4$  lebih dari 68%. Penelitian Sudiro & Agnes (2013) menunjukkan bahwa aplikasi *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* pada air limbah industri tahu berhasil mereduksi *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 97,62%. Berdasarkan penelitian Irawanto and Munandar (2017), *Lemna minor* dapat mereduksi kandungan logam berat Pb hingga 75,5%.

*Azolla microphylla* termasuk makrofit akuatik (*aquatic macrophytes*) terapung atau yang didefinisikan sebagai tanaman yang mengapung di permukaan air dengan akar terendam, sedangkan sebagian batang lainnya juga daun dan bunganya berada di permukaan air. *Azolla microphylla* dapat tumbuh pada kondisi yang kurang ideal atau dapat mentoleransi kondisi lingkungan yang tercemar. *Azolla microphylla* dapat bertambah kembali dan berkembang dua kali

lipat dari berat asalnya dalam 2-4 hari. Perkembangbiakan yang cepat dan kontak langsung makrofit air dengan lingkungan yang terkontaminasi memfasilitasi proses pemurnian dan memastikan sanitasi badan air yang tercemar. Peningkatan biomassa *Azolla microphylla* yang cepat dalam waktu yang singkat ideal untuk digunakan sebagai fitoremediator (Sari *et al.*, 2017).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis tumbuhan dan konsentrasi detergen terhadap kadar fosfat pada media tanam.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua arah yaitu pengaruh jenis *Azolla microphylla*, *Lemna minor* dan kombinasi keduanya terhadap penurunan kadar fosfat dan pengaruh konsentrasi detergen sintetis dalam menurunkan kadar fosfat. Setiap perlakuan diberikan kontrol dengan tanpa perlakuan kemudian dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga Desember 2022 di Green House Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Analisis parameter kualitas air dan kadar klorofil dilakukan di Laboratorium ekologi Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Analisis penurunan kadar fosfat dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara asam askorbat.

Penelitian dilakukan dengan membuat larutan media tanam dengan konsentrasi detergen sintetis 10 ppm dan 20 ppm, kemudian dimasukkan air limbah pada tiap aquarium yaitu 3 liter. Bahan tumbuhan yaitu *Azolla microphylla*, *Lemna minor*, dan kombinasi keduanya ditimbang sebanyak 100 g kemudian dimasukkan pada media tanam. Parameter penelitian yang diamati adalah kadar fosfat yang tersisa pada limbah detergen dan kadar klorofil pada daun tumbuhan setelah proses perlakuan. Juga dilakukan analisis parameter pendukung untuk memperkuat hasil eksperimen yaitu parameter DO, BOD, pH, suhu air limbah.

Data penurunan fosfat media tanam dan kadar klorofil daun tumbuhan dianalisis menggunakan Anova dua arah (*two way anova*) yakni pengaruh jenis tumbuhan terhadap penurunan kadar fosfat dan pengaruh konsentrasi detergen terhadap penurunan kadar fosfat. Hal ini berlaku juga pada kadar klorofil, yakni pengaruh jenis tumbuhan terhadap kadar klorofil dan pengaruh konsentrasi detergen terhadap kadar klorofil serta pengaruh jenis tumbuhan dan konsentrasi detergen terhadap penurunan kadar fosfat dan kadar klorofil. Kemudian dilanjutkan uji Duncan dengan taraf 5% untuk mengetahui beda nyata paling tinggi. Data kualitas air limbah cair *laundry* yang meliputi suhu, pH, DO dan BOD dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

## HASIL

Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap penurunan kadar fosfat pada tahap eksperimen menunjukkan terdapat pengaruh signifikan pada perlakuan jenis tumbuhan dengan sig < 0,05 (0,00 < 0,05) dan konsentrasi dengan sig < 0,05 (0,00 < 0,05) sehingga dapat dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 0,05. Uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan jenis tumbuhan berbeda nyata terhadap kadar fosfat dalam air dengan tumbuhan *Azolla microphylla* dan tidak berbeda nyata pada tumbuhan *Lemna minor* dan kombinasi (*Lemna minor* dan *Azolla microphylla*). Sedangkan perlakuan konsentrasi detergen berbeda nyata pada konsentrasi 10 ppm dan 20 ppm (Tabel 1).

**Tabel 1.** Penurunan kadar fosfat pada media tanam dengan konsentrasi 10 ppm dan 20 ppm.

Tumbuhan	Presentase Penurunan Fosfat (%)*	
	10 ppm	20 ppm
<i>Azolla microphylla</i>	65,17 ± 0,15 <sup>Aa</sup>	79,54 ± 0,05 <sup>Ab</sup>
<i>Lemna minor</i>	62,92 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	55,46 ± 0,47 <sup>Bb</sup>
<i>Lemna minor</i> + <i>Azolla microphylla</i>	63,83 ± 0,08 <sup>Ca</sup>	57,63 ± 0,53 <sup>Cb</sup>
Kontrol (Tanpa Tanaman)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0

Keterangan: \*)Notasi berbeda menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji Duncan dengan taraf uji 0,05. (A,B,C) menunjukkan jenis tumbuhan dan (a,b) menunjukkan konsentrasi detergen.

Nilai persentase penurunan kadar fosfat tertinggi terjadi pada tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm sebesar 79,54% dan penurunan terendah terjadi pada tumbuhan *Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm dengan penurunan 55% (Tabel 1). Fitoremediasi oleh tumbuhan *Azolla microphylla*, *Lemna minor* dan kombinasi (*Lemna minor* dan *Azolla microphylla*) dengan konsentrasi

detergen yang berbeda menunjukkan penurunan yang signifikan dibawah standar baku mutu Peraturan Pemerintah no. 82 Tahun 2001 bahwa kandungan fosfat maksimal diperairan adalah 5 ppm.

Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap kadar klorofil pada tahap eksperimen menunjukkan terdapat pengaruh signifikan pada perlakuan jenis tumbuhan terhadap kadar klorofil dengan sig < 0,05 (0,00 < 0,05) dan konsentrasi dengan sig < 0,05 (0,00<0,05) sehingga dapat dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 0,05. Uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan jenis tumbuhan berbeda nyata terhadap kadar klorofil dalam daun tumbuhan *Azolla microphylla* dan *Lemna minor*, serta perlakuan konsentrasi detergen terhadap kadar klorofil daun berbeda nyata pada konsentrasi 10 ppm dan 20 ppm.

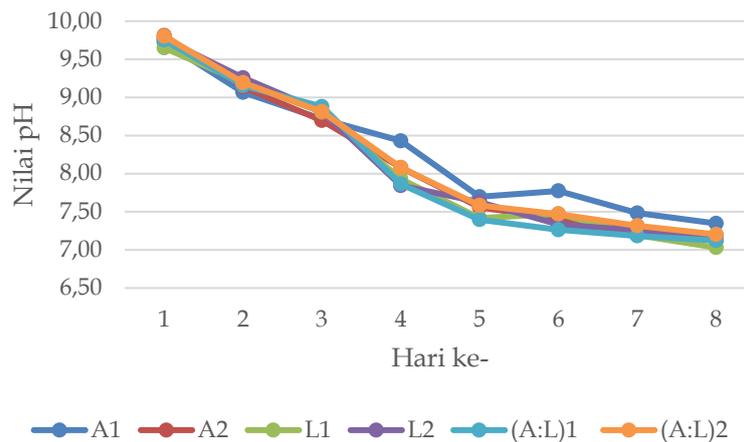
Kadar klorofil terendah terjadi pada fitoremediasi tumbuhan *Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm yaitu 5,74 mg/L dan kadar klorofil tertinggi terjadi pada fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm yaitu 11,77 mg/L (Tabel 2)

**Tabel 2 .** Kadar Klorofil pada tumbuhan *Azolla microphylla* dan *Lemna minor* dengan konsentrasi 10 ppm dan 20 ppm.

Tumbuhan	Kadar Klorofil mg/L	
	10 ppm	20 ppm
<i>Azolla microphylla</i>	11,77 ± 0,45 <sup>Aa</sup>	9,39 ± 0,14 <sup>Ab</sup>
<i>Lemna minor</i>	6,78 ± 0,15 <sup>Ba</sup>	5,74 ± 0,04 <sup>Bb</sup>

Keterangan: Notasi berbeda menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji Duncan dengan taraf uji 0,05. (A,B,C) menunjukkan jenis tumbuhan dan (a,b) menunjukkan konsentrasi detergen.

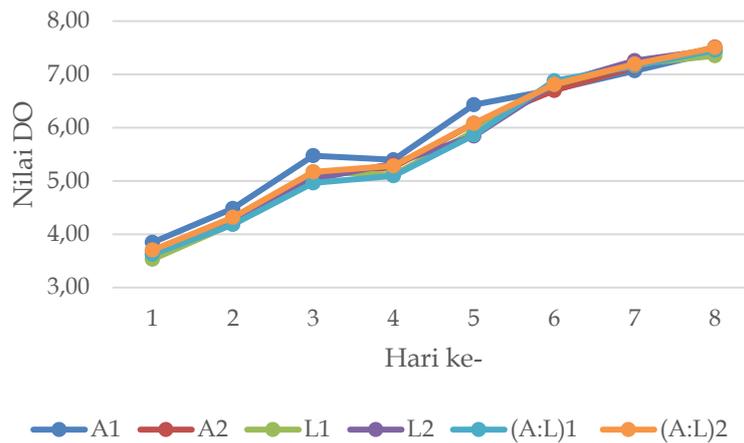
Nilai pH pada media tanam dengan fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla*, *Lemna minor* maupun kombinasi keduanya selama 7 hari perlakuan disajikan dalam grafik pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil pengukuran pH selama perlakuan; Keterangan: A1 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 10 ppm); A2 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm); L1 (*Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); L2 (*Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm); (A:L)1 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); (A:L)2 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm)

pH dari hari ke-0 hingga hari ke-7 mengalami penurunan menuju ke netral. Kadar pH terendah terjadi pada fitoremediasi tumbuhan *Lemna minor* dengan konsentrasi detergen 4 ppm setelah 7 hari adalah 7,03 sedangkan kadar pH tertinggi terjadi pada fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla* dengan konsentrasi detergen 4 ppm setelah 7 hari adalah 7,35 (Gambar 1). Hasil ini sesuai dengan standar baku mutu pH di perairan yang baik yaitu 6-9.

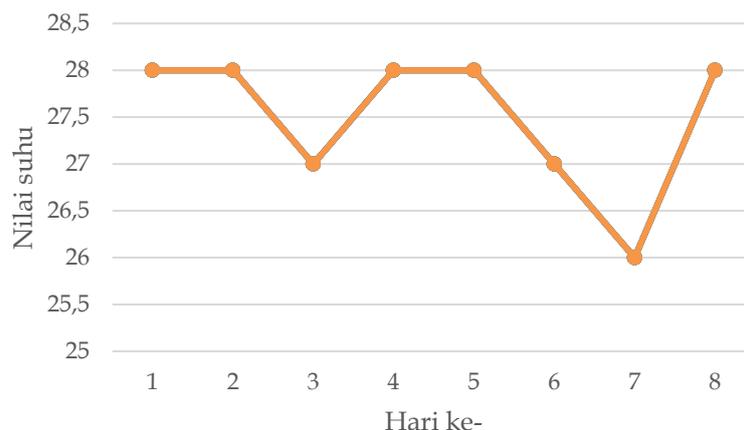
Nilai DO pada media tanam dengan fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla*, *Lemna minor* maupun kombinasi keduanya selama 7 hari perlakuan disajikan dalam grafik pada gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil pengukuran DO selama perlakuan. Keterangan: A1 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 10 ppm); A2 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm); L1 (*Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); L2 (*Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm); (A:L)1 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); (A:L)2 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm)

Kadar DO dari hari ke-0 hingga hari ke-7 terus mengalami kenaikan. Kenaikan tertinggi terjadi pada tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 8 ppm yaitu 7,51mg/L dan kenaikan terendah terjadi pada tumbuhan *Lemna minor* pada konsentrasi 4 ppm yaitu 7,35 mg/L (Gambar 2). Hasil ini sesuai dengan standar baku mutu DO di perairan yang baik yaitu 6 mg/L.

Nilai Suhu pada media tanam dengan fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla*, *Lemna minor* maupun kombinasi keduanya selama 7 hari perlakuan disajikan dalam grafik pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil pengukuran suhu selama perlakuan

Hasil pengukuran suhu relatif stabil, rata-rata suhu air setiap harinya yaitu 28°C, namun pada hari ke-2 dan ke-5 suhu air turun menjadi 27°C dan pada hari ke-6 turun menjadi 26°C (Gambar 3). Hasil ini sesuai dengan standar baku mutu suhu di perairan yang baik yaitu dibawah 38°C.

Kadar BOD dari hari ke-0 hingga hari ke-7 mengalami penurunan. Kadar BOD terendah terjadi pada fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 10 ppm yaitu 1,95 mg/L dan kadar BOD tertinggi terjadi pada fitoremediasi kombinasi tumbuhan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* pada konsentrasi 10 ppm yaitu 2,49 mg/L (Tabel 3). Hasil ini sesuai dengan standar baku mutu suhu di perairan yang baik yaitu 2-12 mg/L.

Nilai BOD pada media tanam dengan fitoremediasi tumbuhan *Azolla microphylla*, *Lemna minor* maupun kombinasi keduanya pada awal dan akhir perlakuan disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 6.** Hasil pengukuran BOD selama perlakuan

Perlakuan	Kadar BOD	
	Awal	Akhir
A1	2,87	1,95
A2	3,08	2,40
L1	3,28	2,18
L2	3,13	2,43
(A:L)1	3,26	2,49
(A:L)2	3,11	2,33

Keterangan : A1 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 10 ppm); A2 (*Azolla microphylla* pada konsentrasi 20 ppm); L1 (*Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); L2 (*Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm); (A:L)1 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 10 ppm); (A:L)2 (*Azolla microphylla* + *Lemna minor* pada konsentrasi 20 ppm)

## PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa fitoremediasi oleh tumbuhan dapat menurunkan kadar fosfat pada limbah laundry. Penurunan kadar fosfat oleh spesies tumbuhan berturut-turut dari tinggi ke rendah yaitu *Azolla microphylla*, kombinasi *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*, kemudian *L. minor*. Pada penelitian ini konsentrasi detergen juga mempengaruhi penurunan fosfat, pada konsentrasi 20 ppm *Azolla microphylla* mengalami penurunan lebih baik dari pada konsentrasi 10 ppm. Namun, *Lemna minor* dan kombinasi *Lemna minor* + *Azolla microphylla* mengalami penurunan lebih baik pada konsentrasi 10 ppm.

Tumbuhan *Azolla microphylla* merupakan tumbuhan yang paling banyak menyerap fosfat karena *Azolla microphylla* membentuk simbiosis hereditas permanen dengan cyanobacterium pembentuk nitrogen (Van, et al., 2012). Simbiosis azolla dengan *Anabaena azollae* adalah satu-satunya simbiosis mutualistik antara pteridofit dan prokariota diazotrofik (Van, et al., 2012). Simbiosis yang terjadi antara *Azolla* dan *Anabaena azollae* akan menghasilkan nutrisi untuk ganggang biru, sedangkan ganggang biru akan menambat nitrogen untuk *Azolla*. *Lemna minor* juga dapat menyerap unsur hara dalam lingkungan namun belum melampaui penyerapan *Azolla microphylla*. *Lemna minor* memiliki pertumbuhan dan pergantian yang cepat didorong oleh kemampuan untuk mengambil nutrisi dalam jumlah tinggi dari medianya serta toleransi yang relatif tinggi terhadap berbagai polutan (Ziegler et al., 2017).

Kombinasi *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* menunjukkan tingkat fitoremediasi yang lebih baik dibandingkan *Lemna minor* saja, namun masih belum melebihi tingkat fitoremediasi *Azolla microphylla*. Hasilnya, *Azolla microphylla* mampu melakukan fitoremediasi secara optimal, meskipun tidak bersama tumbuhan lain. Sedangkan *Lemna minor* lebih optimal dalam fitoremediasi jika bersama tumbuhan lain. Hal ini menunjukkan bahwa makhluk hidup dapat bekerja sama dengan makhluk hidup lain di lingkungannya sehingga membentuk suatu kesatuan ekosistem yang menguntungkan.

*Azolla microphylla* sebagai agen fitoremediasi memiliki komponen pendukung dalam bioadsorpsi bahan organik maupun anorganik pada lingkungan. Akar *Azolla microphylla* memiliki mikroorganisme *Actinobacillus* sp yang dapat membantu penyerapan kontaminan dari lingkungan (Andriani dan Rachmadiarti, 2017). Akar memiliki peran dalam penyerapan zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Kemampuan *Azolla microphylla* dan *Lemna minor* dalam penyerapan tidak terlepas dari adanya organel sel yaitu vakuola. Mekanisme tumbuhan dalam menyerap bahan organik maupun anorganik adalah ketika bahan masuk ke dalam sel akan menyebabkan vakuola menggelembung, maka sitoplasma terdorong ke pinggir sel sehingga protoplasma akan berdekatan dengan membran sel. Oleh karena itu pertukaran atau penyerapan fosfat antar sel dengan sekelilingnya lebih efisien (Aneta, 2013).

Tumbuhan memiliki alat pengangkut yang berfungsi mengangkut air dan mengedarkan makanan ke seluruh tubuh tumbuhan yaitu xylem dan floem. Tumbuhan tidak memiliki kemampuan memilih makanan yang di serapnya, sehingga zat organik maupun anorganik yang terdapat pada air diserap secara langsung tanpa diseleksi. Oleh karena itu tumbuhan tidak dapat memilih unsur yang dibutuhkan dan merugikan baginya. Konsentrasi suatu unsur dalam perairan mempengaruhi kecepatan dalam menyerap unsur tersebut. Semakin tinggi konsentrasi unsur tersebut dalam sebuah perairan maka semakin tinggi pula penyerapan oleh tumbuhan.

Mekanisme tumbuhan dalam menyerap fosfat secara fisiologis pada limbah laundry

dilakukan dengan mengakumulasi fosfat pada akar. Fosfat yang naik ke bagian akar akan terakumulasi dan terimobilisasi. Kemudian terjadi proses fitoekstraksi yaitu proses penyerapan tanah dan air tercemar melalui akar tumbuhan dan terakumulasi di bagian daun atau batang tumbuhan sebagai biomassa oleh proses translokasi (Rafati *et al.*, 2011). Selanjutnya terjadi proses fitodegradasi di mana fosfat akan mendetoksifikasi kontaminan tersebut untuk digunakan pada proses metabolisme. Penimbunan fosfat dalam akar juga menghambat penyerapan logam berat di perairan. Fosfat di vakuola disimpan dalam bentuk polyfosfat dan inositol heksafosfat sebagai endapan. Tumbuhan yang mengalami kelebihan fosfat, akar mengganggu pertumbuhannya sehingga menjadi tumbuhan kerdil.

Interaksi jenis tumbuhan dan konsentrasi detergen mempengaruhi kadar fosfat pada media tanam dan klorofil daun. Hasil penelitian menunjukkan kadar klorofil daun hari ke-7 pada tumbuhan *Azolla microphylla* dan *Lemna minor* menurun seiring dengan konsentrasi detergen yang lebih besar dalam media tanam (Tabel 2). Kadar klorofil pada tumbuhan *Azolla microphylla* dan *Lemna minor* yang rendah merupakan efek fisiologis tumbuhan yang ditimbulkan oleh detergen. Fosfat menimbulkan efek toksik pada konsentrasi yang tinggi salah satunya yaitu merubah struktur klorofil seperti rusaknya fungsi dan struktur kloroplas sehingga akan mengganggu proses fotosintesis. Fosfat yang terdapat dalam tumbuhan akan disimpan dan digunakan untuk transfer energi dalam proses fotosintesis dan respirasi, fosfat juga digunakan untuk pertumbuhan normal, kematangan, dan pengembangan sistem perakaran, tetapi terlalu banyak kandungan fosfat dalam tumbuhan malah dapat mematikan (Kamarudin *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini menunjukkan pengaruh spesies tumbuhan dalam meningkatkan DO dalam air dari tinggi ke rendah yaitu *Azolla microphylla*, kombinasi *Azolla microphylla* dan *Lemna minor*, kemudian *Lemna minor*. Konsentrasi juga mempengaruhi fitoremediasi tumbuhan, pada penelitian ini fitoremediasi 20 ppm lebih baik dari fitoremediasi 10 ppm. Data yang diperoleh menunjukkan nilai DO masih berada pada kisaran yang memenuhi PP No.82 tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Oksigen yang larut dalam air akan dikonsumsi terus oleh tumbuhan dan biota dalam air untuk aktivitas respirasi. Sebuah perairan akan tergolong produktif jika kadar oksigen terlarut melebihi 7 mg/L. Jumlah oksigen terlarut dalam air meningkat seiring dengan menurunnya kadar fosfat dalam air sehingga organisme akuatik dapat memanfaatkan oksigen dalam air. Jumlah Oksigen yang cukup di perairan sangat mempengaruhi proses biogeokimia maupun kehidupan akuatik yang mana oksigen tersebut dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk respirasinya (Gadekar *et al.*, 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar BOD pada air menurun selaras dengan penurunan fosfat dalam air. Perolehan data menunjukkan kesesuaian pada persyaratan baku mutu kualitas air menurut PP No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Penurunan kadar BOD pada air dikarenakan tumbuhan menyerap zat organik pada limbah, oksigen terlarut pada air juga akan semakin meningkat dari hasil fotosintesis tumbuhan. Semakin banyak tumbuhan, maka kadar BOD akan semakin menurun, sehingga kualitas air juga akan meningkat. (Fachrurrozi *et al.*, 2010).

Penurunan pH paling tinggi terjadi pada fitoremediasi oleh tumbuhan *Azolla microphylla*, sedangkan konsentrasi paling tinggi dalam menurunkan pH adalah 20 ppm, hal ini menunjukkan bahwa proses fitoremediasi tumbuhan dapat mempengaruhi nilai pH pada media tanam menjadi turun mendekati arah normal. Tumbuhan memiliki kemampuan dalam menyerap senyawa kimia baik organik maupun anorganik melalui proses kimia oleh faktor lingkungan, hal ini menyebabkan nilai pH pada perairan menjadi baik (Prasetyo dan Hendriyanto, 2015). Pernyataan ini diperkuat dengan penelitian bahwa tanaman mampu menurunkan pH larutan LAS oleh Imtiyaz *et al.*, (2020) yang melakukan fitoremediasi menggunakan tanaman *L. adscendens* dan penelitian Rulitasari *et al.*, (2020) yang menggunakan *M. crenata* sebagai fitoremediator LAS.

Suhu pada tiap reaktor mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan setiap reaktor diletakkan pada satu lokasi yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Pada fitoremediasi hari ke-2, ke-5 dan ke-6 suhu mengalami penurunan, dikarenakan suhu pada lingkungan juga menurun. Pada fitoremediasi hari ke-3 dan ke-7 suhu lingkungan mengalami kenaikan dikarenakan peningkatan radiasi matahari sehingga suhu lingkungan juga meningkat, diikuti peningkatan suhu pada reaktor. Suhu akan mempengaruhi proses fotosintesis dan metabolisme tumbuhan, suhu pertumbuhan optimum bagi tumbuhan air yaitu antara 22- 30°C (Hartanti *et al.*, 2014). Suhu pada reaktor masih dalam kisaran optimum

fitoremediasi sehingga tidak mempengaruhi parameter lain secara signifikan.

Fitoremediasi oleh tumbuhan dengan jangka waktu yang lama akan mempengaruhi kualitas air yang ditandai dengan meningkat atau menurunnya parameter kualitas air limbah. Parameter-parameter kualitas air ini memiliki keterikatan satu sama lain. Kadar fosfat akan menurun selaras dengan menurunnya kadar BOD, pH, dan suhu, namun menaikkan kadar DO pada air. Oleh karena itu, penyerapan bahan organik oleh tumbuhan sebagai suplai nutrisi untuk fotosintesis mempengaruhi banyak parameter. Fotosintesis akan menghasilkan oksigen yang juga larut dalam air hal ini akan meningkatkan kadar DO pada air yang, namun DO yang tinggi akan menurunkan suhu dalam perairan. Tumbuhan akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu, peningkatan jumlah tumbuhan ini juga mempengaruhi menurunnya kadar BOD pada air. Parameter pH akan menurun seiring berkurangnya bahan organik dalam air.

## SIMPULAN

Perlakuan jenis tumbuhan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* berpengaruh terhadap kadar fosfat dalam air yaitu pada *Azolla microphylla* yang menurunkan kadar fosfat lebih besar dengan persentase penurunan 65,17% dan 79,54%. Sedangkan perlakuan berbagai konsentrasi tidak berpengaruh terhadap kadar fosfat dalam air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alahmady KK, Stevens K, and Atkinson S, 2013. Effects of Hydraulic Detention Time, Water Depth, and Duration of Operation on Nitrogen and Phosphorus Removal in a Flow-Through Duckweed Bioremediation System. *J Environ Eng*; 139: 160-166. DOI : [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000627](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000627)
- Andriani N and Rachmadiarti F, 2019. Keanekaragaman Rhizobakteri pada *Pistia stratiotes* dan *Azolla microphylla* yang Terpapar Logam Timbal (Pb). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 8(1): 73-79.
- Aneta F, 2013. Pengaruh Lama Waktu Kontak Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Penyerapan Logam Berat Merkuri (Hg). *Skripsi*. Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kesehatan dan Kesehatan, Universitas Negeri Gorontalo.
- Budiawan, Fatima Y and Khairani N, 2009. Optimasi Biodegradabilitas Dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzen Sulfonat (LAS) Sebagai Bahan Deterjen Pembersih. *Jurnal Makara Sains*; 2(13): 125-133. DOI : <https://doi.org/10.7454/mss.v13i2.410>
- Fachrurozi M, Utami LB, and Suryani D, 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* l. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, Dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal KES MAS UAD*; 4(1): 1-15.
- Fitriana N, and Kuntjoro S, 2020. Kemampuan *Lemna minor* dalam Menurunkan Kadar Linear Alkyl Benzene Sulphonate. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 9(2): 109-114.
- Gadekar MR, Gonte RN, Paithankar VK, Sangale YB, and Yeola NP, 2012. Riview on River Water Quality Designation. *IJETAE*; 2(9): 493-495.
- Hartanti PI, Haji ATS, and Wirosoedarmo R, 2014. Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Terhadap Penurunan Logam Chromium pada Limbah Cair Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*; 1(2): 31-37.
- Hu Y, Cheng H, and Tao S, 2017. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation. *Environment international*; 107: 111-130.
- Ilyas AP, Nirmala K, Harris E, and Widiyanto T, 2014 Pemanfaatan *Azolla pinnata* sebagai Pakan Kombinasi untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Resirkulasi. *Limnotek*; 21(2): 193-201
- Imtiyaz JD, and Rachmadiarti F, 2020. Kemampuan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 9(1): 51-57.
- Irawanto R and Munandar AA, 2017. Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* sebagai Fitoremediator Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal PROS SEM NAS MASY BIODIV INDOV*; 3(3): 446-452.
- Irhamni I, Pandia S, Purba E, and Hasan W, 2018. Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha Latifolia*, Enceng Gondok, Kiambang) Dalam Menyerap Logam Berat. *Jurnal Serambi Engineering*; 3(2): 344-351.
- Kamarudin MA, Yusoff MS, Aziz HA, and Basri NK, 2013. Removal of COD, ammoniacal nitrogen and colour from stabilized landfill leachate by anaerobic organism. *Applied Water Science*; 3(2):

359-366.

- Lestari W, 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* untuk fitoremediasi limbah rumah tangga. *Prosiding SEMIRATA 2013*; 1(1): 441-446.
- Moreno RN, Ortega VD, Marimon BW, Bustillo LC, and Tejada BLP, 2023. Potential of *Lemna minor* and *Eichhornia crassipes* for the phytoremediation of water contaminated with Nickel (II). *Environmental Monitoring and Assessment*; 195(1): 119.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Prasetyo H and Hendriyanto OC, 2015. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*; 7(2): 100-114.
- Praveen A, Pandey VC, 2020. Pteridophytes in phytoremediation. *Environ Geochem Health*; 42: 2399-2411. DOI : <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00425-0>
- Purnamasari EN, 2017. Karakteristik Kandungan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (LAS) Pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Media Teknik*; 11(1): 32-36.
- Puspitasari D and Irawanto R, 2016. Fitoremediasi Limbah Domestik dengan Tumbuhan Akuatik Mengapung di Kebung Raya Purwodadi. *Prosiding Seminar Nasional FTP UB Malang*.
- Rafati M, Khorasani N, Moattar F, Shirvany A, Moraghebi F, and Hosseinzadeh S, 2011. Phytoremediation potential of *Populus alba* and *Morus alba* for cadmium, chromium and nickel absorption from polluted soil. *Int. J. Environ. Res*; 5: 961- 970.
- Rulitasari D, and Rachmadiarti F, 2020. Semanggi Air (*Marsilea crenata*) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 9(2): 99-104.
- Sari NWM, Diara IW, and Trigunasih NM, 2017. Meningkatkan Kualitas Air Irigasi dengan Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Tanaman Azolla (*Azolla sp.*) di Subak Sembung, Peguyangan, Denpasar. *Jurnal Nasional*; 1(1): 82-90.
- Sudiro dan Agnes, 2013. Kajian Efektifitas Tanaman Air *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dalam Mereduksi BOD dan COD sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Spectra*, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Sulistyorini IS, Edwin M, Arung AS, 2016. Analisis kualitas air pada sumber mata air di kecamatan Karang dan Kaliorang kabupaten Kutai Timur. *Jurnal hutan tropis*; 4(1): 64-76.
- Van HC, and Lejeune A, 2012. The Azolla: anabaena symbiosis. *In Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*; 102(1): 23-26.
- Ziegler P, Sree KS, and Appenroth KJ, 2017. The uses of duckweed in relation to water remediation. *Desalination Water Treat*; 63: 327-342.

#### Article History:

Received: 23 Januari 2023

Revised: 25 Mei 2023

Available online: 11 Juni 2023

Published: 30 September 2023

#### Authors:

Lailatus Silviana, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: [lailatussilviana.19023@mhs.unesa.ac.id](mailto:lailatussilviana.19023@mhs.unesa.ac.id)

Fida Rachmadiarti, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: [fidarachmadiarti@unesa.ac.id](mailto:fidarachmadiarti@unesa.ac.id)

#### How to cite this article:

Silviana L, Rachmadiarti F, 2023. Fitoremediasi Fosfat dari Detergen Sintetis dengan Menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*. *LenteraBio*; 12(3): 281-289.