

Efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai Fitoremediator LAS pada Deterjen Limbah Domestik

Effectiveness of Hydrilla verticillata and Lemna minor as Phytoremediator LAS in Domestic Waste Detergent

Rizma Nur Fatikasari* dan Tarzan Purnomo

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

*rizma.18018@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Permasalahan lingkungan perairan terjadi saat ini adalah pencemaran limbah domestik akibat meningkatnya penggunaan deterjen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai fitoremediator dalam penurunan kadar LAS deterjen limbah domestik dan mendeskripsikan morfologi tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai fitoremediator pada berbagai kadar LAS deterjen limbah domestik. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor perlakuan yaitu kadar LAS deterjen (0 mg/l, 5mg/l, 10 mg/l, dan 15 mg/l) dan jenis tumbuhan (*Hydrilla verticillata*, *Lemna minor*). Dalam penelitian dilakukan 3 kali pengulangan sehingga diperoleh 36 unit perlakuan. Parameter yang diukur meliputi kadar LAS deterjen air, kadar BOD, biomassa basah, morfologi tumbuhan serta faktor lingkungan yaitu pH dan suhu air. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *two way* ANOVA dilanjutkan Uji Duncan taraf ketelitian 0,05. Data pendukung berupa pH dan suhu air dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan *Lemna minor* lebih efektif 97,48% dibandingkan *Hydrilla verticillata* 96% dalam menurunkan kadar LAS deterjen. Morfologi tumbuhan *Hydrilla verticillata* pada kadar LAS deterjen yang tinggi menunjukkan perubahan warna pada bagian akar, batang dan daun serta perubahan bentuk daun sedangkan morfologi *Lemna minor* pada kadar LAS deterjen yang tinggi menunjukkan perubahan warna pada akar dan daun.

Kata kunci: LAS deterjen; *Hydrilla verticillata*; *Lemna minor*

Abstract. The current problem of the aquatic environment is the present domestic waste with the increasing use of detergents. The research aimed to describe the morphology and evaluate the effectiveness of *Hydrilla verticillata* and *Lemna minor* as phytoremediators to reduce LAS detergent concentration in domestic waste. This experiment was conducted by Complete Randomized Design with two factors is the concentration of LAS detergent (0 mg/l, 5 mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l) and plant type (*Hydrilla verticillata* and *Lemna minor*). Parameter measured are water LAS detergent concentration, BOD concentration, wet biomass, and plant morphology and environmental factor is pH and temperature. This research carried out 3 repetitions, 36 treatment units were obtained. The data obtained were analyzed using a two-way ANOVA continued the Duncan test with an accuracy of 0,05. Supporting data were pH and temperature analyzed descriptively. Results showed that *Lemna minor* was more effective 97.48% compared to *Hydrilla verticillata* (96%) in reducing LAS detergent concentration. Morphology of *Hydrilla verticillata* on high LAS detergent concentration showed discoloration part of the root, stem and leaf as well as change of shape leaf compared with *Lemna minor* morphology on high LAS detergent concentration showed discoloration part of root and leaf.

Keywords: LAS detergent; *Hydrilla verticillata*; *Lemna minor*

PENDAHULUAN

Permasalahan pada masa kini yang sering terjadi di lingkungan adalah terjadinya pencemaran yang diakibatkan adanya kegiatan industri dan rumah tangga sehingga limbah, khususnya limbah cair. Pengelolaan limbah cair yang tidak tepat akan menjadi permasalahan serius bagi perairan (Ni'am *et al.*, 2021). Pencemaran air merupakan suatu kondisi dimana terjadi perubahan lingkungan air yang lebih buruk dari sebelumnya oleh karena itu harus ditangani. Target penyerapan polutan pada lingkungan

air terjadi secara langsung maupun tidak langsung (Palar, 2012). Salah satu kegiatan yang dapat memicu terjadinya pencemaran air adalah penggunaan deterjen yang sering digunakan untuk aktivitas hidup masyarakat seperti mencuci dan mandi, sehingga sisa deterjen yang dihasilkan akan menyebabkan pencemaran air. Dampak yang ditimbulkan antara lain dapat menurunkan kualitas air dan memengaruhi kehidupan organisme akuatik (Imtiyaz dan Rachmadiarti, 2019).

Konsumsi deterjen di Indonesia sebesar 18 kg/kapita per tahun dan akan terus meningkat tiap tahun (Harsono, 2016). Deterjen merupakan campuran dari berbagai bahan yang digunakan untuk proses pembersihan seperti mencuci, membersihkan perabot, maupun mandi. Deterjen mengandung lebih dari satu surfaktan dan terbuat dari turunan minyak bumi dan bahan kimia lain. Konstituen pada deterjen adalah mengandung surfaktan dengan menurunkan tegangan permukaan air dan antar muka fasa air sehingga mempermudah pemerataan (Harfadli *et al.*, 2021). Maka dari itu penggunaan deterjen meningkat tiap tahun akibat memiliki banyak kegunaan. Berdasarkan sifat degradasi zat aktif, deterjen dibagi menjadi dua yaitu deterjen keras yaitu deterjen yang sulit untuk diurai oleh mikroorganisme karena pada atom karbon terdapat rantai bercabang yang sifatnya tidak mudah terdegradasi sehingga masih dapat mencemari lingkungan, seperti *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS). Kedua, deterjen lunak yaitu deterjen yang mudah terurai oleh mikroorganisme karena rantai karbon tidak bercabang, seperti *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS).

Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) merupakan senyawa dari surfaktan anionik yang cara kerjanya yaitu menurunkan tegangan permukaan dan menjaga kotoran agar teremulsi dalam pelarut air (Herlambang dan Hendriyanto, 2015). Pada kondisi aerob *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dapat terurai sebesar 50% selama 9 hari, sedangkan pada kondisi anaerob LAS tidak dapat terurai, sehingga senyawa tersebut tidak dapat terurai dengan kondisi badan air yang keruh. Hal tersebut disebabkan adanya rantai alifatik tidak dapat direduksi lebih lanjut (Purnamasari, 2014). Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kandungan LAS deterjen bagi organisme akuatik, terutama ikan adalah dapat menyebabkan organ hati ikan bekerja secara berlebihan sehingga mengakibatkan pembengkakan dan peradangan, serta menurunkan kesuburan gonad karena rendahnya energi yang teralokasi untuk dapat bereproduksi (Yuliani *et al.*, 2015). Selain itu Surfaktan yang terdapat pada deterjen akan menyebabkan permukaan kulit kasar, dan dapat meningkatkan permeabilitas permukaan luar. Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kulit manusia dapat mentoleransi reaksi langsung dengan bahan kimia yaitu kandungan LAS deterjen hanya 1% apabila lebih dari itu akan mengakibatkan kulit mengalami iritasi yang sedang (Dewi, 2010).

Pada proses pengurangan produksi limbah cair perlu dilakukan pengelolaan yang bertujuan untuk menurunkan volume limbah yang terbuang di lingkungan dengan menghilangkan ataupun meminimalkan kadar limbah yang terdapat di perairan (Filliazati, 2013). Salah satu teknik pengelolaan limbah ramah lingkungan yang dapat dilakukan yaitu fitoremediasi. Menurut Putri (2018) fitoremediasi adalah pengolahan limbah atau bahan pencemar dengan menggunakan tumbuhan dengan tujuan untuk memindahkan, menghancurkan, menghilangkan, dan menstabilkan limbah yang bersifat sebagai senyawa organik dan senyawa anorganik. Kriteria tumbuhan yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi adalah memiliki pertumbuhan yang relatif cepat, biomassa, dan memiliki toleransi hidup yang tinggi terhadap lingkungan tercemar (Nur, 2013). Keuntungan yang diperoleh dari fitoremediasi adalah mampu mendapatkan sifat toksik yang lebih rendah akibat hasil dari buangan sekunder, ramah lingkungan serta biayanya terjangkau (Sinulingga *et al.*, 2015). Kelemahan dari fitoremediasi yaitu jangka waktu yang digunakan cukup lama, menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomassa tumbuhan, ditentukan oleh iklim, dan dapat mengganggu keseimbangan rantai makanan (Caroline *et al.*, 2015). Faktor yang dapat mempengaruhi fitoremediasi adalah sifat fisiologi tumbuhan, kemampuan akumulasi tumbuhan, serta jumlah dan kadar bahan pencemar (Putri, 2018).

Mekanisme biodegradasi LAS oleh tumbuhan yaitu ujung akar tumbuhan akan menyerap bahan pencemar melalui jaringan meristem. Akar tumbuhan akan mengabsorpsi ion esensial, non esensial dan senyawa organik. Ion Na terserap masuk ke dalam akar dengan cara radial, kemudian ion Na akan menembus ke jaringan korteks. Zat yang telah terserap oleh akar akan menuju batang melalui pembuluh xylem kemudian diteruskan ke daun (Lakitan, 2008).

Hydrilla verticillata merupakan tumbuhan *submerged* (melayang dalam air) sehingga efektif untuk penurunan limbah atau bahan pencemar karena seluruh bagian tumbuhan terendam air (Artiyani, 2011). Kemampuan *Hydrilla verticillata* dalam menurunkan bahan pencemar terjadi secara langsung yaitu dengan mengabsorpsi polutan sebagai nutrisi, sedangkan secara tidak langsung yaitu dengan menyediakan kondisi yang sesuai sebagai tempat tumbuh mikroorganisme untuk dapat

mengurai bahan pencemar (Basiru, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Tati (2017) diketahui bahwa *Hydrilla verticillata* dapat mengurangi TSS pada air limbah industri tahu sebesar 80,63%.

Lemna minor merupakan tumbuhan *floating*, dimana sebagian organ tumbuhan muncul di permukaan air dan sebagian terendam di dalam air. *Lemna minor* merupakan tumbuhan yang adaptif karena mampu tumbuh sepanjang tahun meskipun terdapat perbedaan cuaca dan musim (Langkap, 2019). Berdasarkan hasil penelitian Fitriana dan Kuntjoro (2020) *Lemna minor* mampu menurunkan kadar LAS deterjen sebesar 83,2% pada kadar LAS 30 ppm dalam kurun waktu 10 hari. Berdasarkan hasil penelitian Sudiro dan Agnes (2013) *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* mampu mereduksi Chemical Oxygen Demand (COD) pada air limbah industri tahu sebesar 97,62%.

Berdasarkan potensi yang dimiliki oleh *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dalam mengabsorpsi berbagai macam logam berat, perlu dilakukan penelitian mengenai potensi *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dalam menurunkan kadar LAS deterjen pada limbah domestik. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai fitoremediator dalam menurunkan kadar LAS deterjen pada limbah domestik serta mendeskripsikan morfologi tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai fitoremediator pada berbagai kadar LAS deterjen limbah domestik.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian dilakukan di *green house* Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya pada bulan Maret 2021– Januari 2022. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 2 faktor perlakuan, yaitu berbagai kadar LAS deterjen dan jenis tumbuhan. Penentuan kadar LAS deterjen berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 yaitu dengan batas baku mutu deterjen yaitu 10 mg/l sehingga kadar LAS deterjen yang digunakan adalah 0 mg/l (<baku mutu), 5 mg/l (< baku mutu), 10 mg/l (sesuai baku mutu), dan 15 mg/l (> baku mutu). Jenis tumbuhan yang digunakan dalam penelitian yaitu *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor*. Setiap perlakuan pada penelitian diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 36 unit eksperimen. Tumbuhan *Hydrilla verticillata* yang digunakan untuk penelitian diperoleh dari Tambak ikan di Desa Gumeno, Gresik sedangkan tumbuhan *Lemna minor* yang digunakan untuk diperoleh dari Tambak Ikan di Perumahan TNI AL Wonosari, Surabaya.

Tabel 1. Rancangan penelitian

Jenis Tumbuhan	Kadar LAS deterjen (mg/l)			
	1	2	3	4
Kontrol	K1	K2	K3	K4
<i>Hydrilla verticillata</i>	H1	H2	H3	H4
<i>Lemna minor</i>	L1	L2	L3	L4

Keterangan : 1= Kadar LAS deterjen 0 ppm, 2= Kadar LAS deterjen 5 ppm, 3=Kadar LAS deterjen 10 ppm, 4= Kadar LAS deterjen 15 ppm.

Eksperimen dilakukan di *greenhouse* Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya. Langkah awal yang dilakukan yaitu proses aklimatisasi tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* yang dilakukan selama 7 hari dengan memilih tumbuhan yang kondisinya sehat. Tumbuhan ditempatkan pada akuarium lalu diberikan air sebanyak 5l menggunakan bantuan selang air. Setelah proses aklimatisasi dilanjutkan dengan pembuatan media tanam, yaitu dilakukan dengan menimbang serbuk LAS deterjen sesuai dengan kadar yang telah ditentukan yaitu 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm dengan bantuan timbangan analitik disertai wadah kecil, pada setiap akuarium diberi label kode perlakuan. Selanjutnya, serbuk LAS deterjen yang telah ditimbang dan diketahui kadar LAS deterjen dimasukkan ke dalam masing-masing akuarium dan diisi air sebanyak 5 liter setiap akuarium. Melakukan penimbangan biomassa awal tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dengan timbangan analitik sebanyak 100 gr pada tiap perlakuan, lalu dimasukkan ke dalam akuarium yang telah berisi air sebanyak 5 liter dan berbagai kadar LAS deterjen. Kemudian melakukan pengukuran pH air dengan alat alat pH meter senz pH pro dan pengukuran suhu air menggunakan termometer. Pengukuran BOD dengan menggunakan bantuan alat DO meter Milwaukee Mi 605, dan untuk membudahkan pengukuran digunakan bantuan *beaker glass* 250 ml dengan hasil yang didapatkan dari pengukuran DO 0 hari dan DO 5 hari (DO_i-DO₅). Pengukuran dilakukan setiap hari dilakukan secara pengulangan dari perlakuan hari ke-0 hingga hari ke-7. Pengamatan morfologi tumbuhan dilakukan pada awal perlakuan dan setelah fitoremediasi. Pengukuran atau penimbangan biomassa basah akhir

Hydrilla verticillata dan *Lemna minor* dan pengujian kadar LAS dilakukan setelah perlakuan selama 7 hari menggunakan timbangan analitik disertai dengan wadah kecil kemudian sampel air yang mengandung LAS deterjen diletakkan pada botol sampel untuk dilakukan tahap analisis. Selanjutnya dilakukan analisis kadar LAS sesuai dengan regulasi SNI 06-6989.51-2005 menggunakan spektrofotometer Uv-Vis metode MBAS.

Tahap analisis LAS deterjen mengacu pada regulasi SNI 06-6989.51-2005 (BSNI, 2005). yaitu sampel uji yang telah diambil sebanyak 100 ml kemudian dimasukkan ke dalam corong pemisah 250 ml. Diberikan 3-5 tetes indikator fenolftalin lalu menambahkan NaOH 1N kedalam corong pemisah hingga menunjukkan perubahan warna menjadi merah muda, lalu wran tersebut dihangkan dengan memberi beberapa tetes H₂SO₄ 1N. Ditambahkan larutan *methylene blue* sebanyak 25 ml dan kloroform sebanyak 10 ml kemudian mengocoknya hingga kuat selama 30 detik dengan membuka tutup corong sesekali untuk mengeluarkan gas, kemudian sampel didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa. Pada tahap ini, corong pemisah digoyang-goyangkan secara perlahan, apabila terbentuk emulsi dapat menambahkan sedikit alkohol hingga emulsinya hilang.

Tahap selanjutnya yaitu pemisahan fasa kloroform lalu ditampung dalam corong pemisah yang lain. Fasa air yang terdapat dalam corong pemisah diekstraksi kembali dengan menambahkan 10 ml kloroform lalu menggoyangkan corong pemisah sebanyak 2 kali pengulangan lalu menyatukan dengan fasa kloroform. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Mengambil larutan pencuci sebanyak 50 ml kemudian menambahkan ke dalam fasa kloroform gabungan dan menggoyangkan dengan kuat selama 30 detik. Sampel didiamkan hingga terjadi pemisahan senyawa kemudian menggoyangkan corong pemisah secara perlahan. Lapisan bawah pada kloroform dikeluarkan melalui *glass wool* kemudian ditampung pada labu ukur. Fasa air yang sebelumnya ditambahkan 10 ml lalu dikocok dengan kuat selama 30 detik, kemudian didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa lalu menggoyangkan corong pemisah secara perlahan. Mengeluarkan fasa kloroform dan menampung didalam labu ukur setelah itu fasa air yang berada dalam corong pemisah diekstraksi dengan 100 ml larutan tiap kadar LAS yang diujikan dan larutan kerja LAS deterjen yaitu dengan kadar 0,4 mg/l, 0,8 mg/l, 1,2 mg/l dan 2 mg/l, lalu memasukkan masing- masing larutan uji dan larutan kerja LAS kedalam corong pemisah 250 ml. Menambahkan 25 ml larutan *methylene blue* dan 10 ml larutan kloroform kemudian mengocok hingga kuat selama 30 detik dengan membuka tutup corong sesekali untuk mengeluarkan gas hingga terjadi pemisahan senyawa lalu fasa kloroform disatukan dalam labu ukur. Mencuci *glass wool* menggunakan kloroform sebanyak 10 ml dengan menggabungkan fasa kloroform ke dalam labu ukur hingga tanda tera lalu mengukurnya. Menghitung serapan pada spektrofotometer Uv-Vis Shimadzu Uv-1800 pada panjang gelombang 652 nm.

Pengukuran kadar LAS dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$\text{Kadar LAS (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan :

C : Kadar yang didapat dari hasil pengukuran

fp : Faktor pengenceran.

Data parameter faktor fisik lingkungan yang diukur meliputi pH dan suhu dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Data hasil pengujian kadar LAS deterjen, kadar BOD, dan biomassa basah akhir tumbuhan dianalisis menggunakan *two way* ANOVA lalu dilanjutkan uji Duncan dengan taraf ketelitian 0,05.

HASIL

Pengukuran kadar LAS detrjen setelah dilakukan proses fitoremediasi selama 7 hari dengan perlakuan tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dan berbagai kadar LAS deterjen, didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan nyata penurunan kadar LAS deterjen (Tabel 2). Penurunan kadar LAS deterjen terbesar terjadi pada perlakuan *Lemna minor* dengan perlakuan awal 15 mg/l yaitu sebesar 0,38 ± 0,110 mg/l. Semakin besar kadar las deterjen maka semakin rendah kadar LAS deterjen pada media tanam. *Lemna minor* merupakan jenis tumbuhan yang mampu menurunkan kadar LAS deteterjen dengan nilai rata-rata tertinggi dibandingkan dengan *Hydrilla verticillata*.

Hasil pengukuran kadar BOD yang dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-5 dengan perlakuan tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dan kadar LAS deterjen, berdasarkan Uji Duncan didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan nyata kadar BOD (Tabel 3). Kadar BOD tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi tumbuhan *Hydrilla verticillata* dengan kadar LAS deterjen 5 mg/l yaitu rata-rata 0,65±0,010. Kadar BOD terendah terdapat pada perlakuan *Lemna minor* dengan kadar LAS deterjen

0 mg/l yaitu rata-rata $0,07 \pm 0,020$. *Lemna minor* merupakan jenis tumbuhan yang mampu menurunkan kadar BOD tertinggi dibanding dengan *Hydrilla verticillata*.

Tabel 2. Rata-rata penurunan kadar LAS deterjen (mg/l) dalam media tanam dengan fitoremediator tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor*

Jenis Tumbuhan	Kadar LAS deterjen (mg/l)			
	0	5	10	15
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,000 \pm 0,000 ^c	0,77 \pm 0,045 ^c	0,65 \pm 0,070 ^b	0,61 \pm 0,070 ^a
<i>Lemna minor</i>	0,000 \pm 0,000 ^c	0,64 \pm 0,080 ^c	0,52 \pm 0,090 ^b	0,38 \pm 0,0110 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti notasi yang berbeda pada baris menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan perbedaan kadar las deterjen.

Tabel 3. Rata-rata hasil pengukuran kadar BOD dalam media tanam dengan fitoremediator tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor*

Jenis Tumbuhan	Kadar BOD (mg/l)			
	0	5	10	15
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,61 \pm 0,208 ^b	0,65 \pm 0,010 ^b	0,18 \pm 0,035 ^a	0,39 \pm 0,000 ^c
<i>Lemna minor</i>	0,07 \pm 0,020 ^b	0,11 \pm 0,015 ^b	0,22 \pm 0,015 ^a	0,62 \pm 6,814 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti notasi yang berbeda pada baris menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan perbedaan kadar LAS deterjen

Hasil penimbangan biomassa basah akhir yang dilakukan setelah perlakuan menunjukkan adanya penurunan dari biomassa awal. Berdasarkan hasil uji Duncan terdapat perbedaan nyata biomassa basah akhir (Tabel 4). Penurunan biomassa basah akhir tertinggi terdapat pada perlakuan tumbuhan *Hydrilla verticillata* dengan perlakuan kadar LAS deterjen 15 mg/l yaitu $28 \pm 7,549$ gr. *Hydrilla verticillata* merupakan jenis tumbuhan yang mengalami penurunan biomassa basah tertinggi dibandingkan dengan *Lemna minor*.

Tabel 4. Rata-rata biomassa basah akhir dengan fitoremediator tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor*

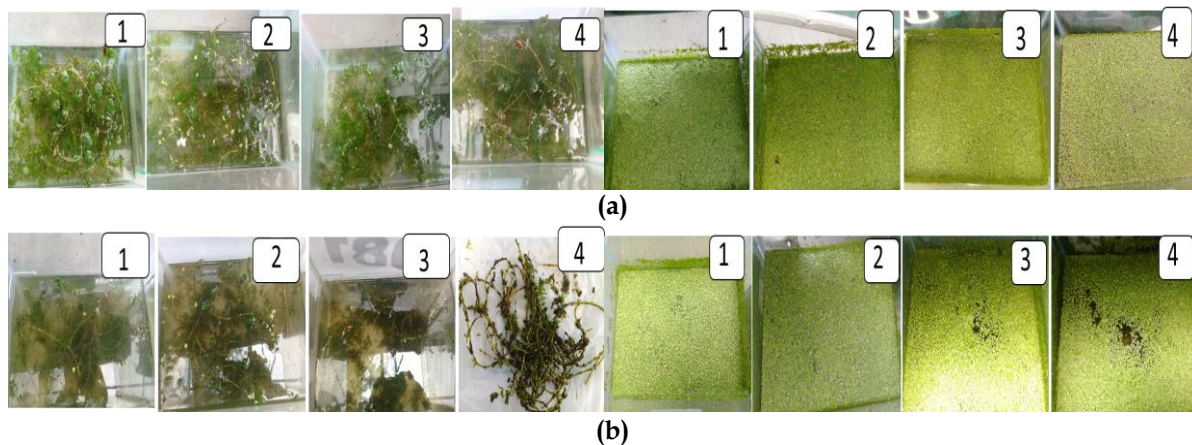
Jenis Tumbuhan	Biomassa basah akhir (gr)			
	0 mg/l	5 mg/l	10 mg/l	15 mg/l
<i>Hydrilla verticillata</i>	94 \pm 2,000 ^b	92,33 \pm 3,055 ^b	54 \pm 1,000 ^a	28 \pm 7,549 ^a
<i>Lemna minor</i>	89 \pm 4,725 ^b	86 \pm 1,000 ^b	73 \pm 7,000 ^a	72 \pm 8,000 ^a

Keterangan : Angka yang diikuti notasi yang berbeda pada baris menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan uji Duncan dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf kecil menunjukkan perbedaan kadar LAS deterjen.

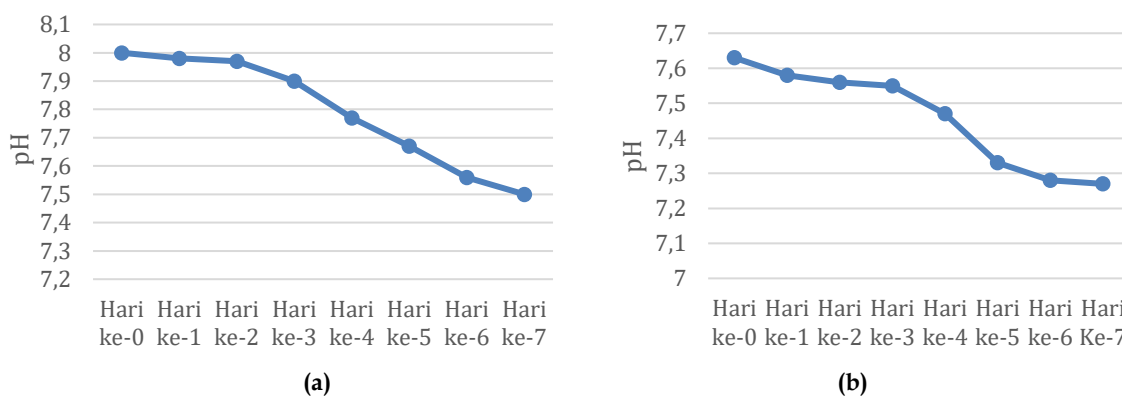
Pengamatan morfologi tumbuhan yang dilakukan sebelum perlakuan (hari ke-0) dan setelah perlakuan (hari ke-7) didapatkan hasil yang berbeda nyata pada setiap bagian tumbuhan dengan perlakuan berbagai kadar LAS deterjen (Gambar 1). Perubahan bentuk morfologi tumbuhan terjadi pada *Hydrilla verticillata* pada media dengan kadar LAS deterjen yang tinggi. Namun pada *Lemna minor* hanya sedikit menunjukkan perubahan morfologi di berbagai kadar LAS deterjen. Perubahan morfologi tumbuhan terjadi pada bagian akar, batang dan daun. Akar mengalami perubahan warna dan tidak mengalami pertumbuhan, batang tidak mengalami pertumbuhan dan sedikit menunjukkan perubahan warna dan pada daun menunjukkan perubahan warna dan bentuk morfologi daun.

Hasil pengukuran faktor kimia media tumbuh berupa pH air menunjukkan bahwa semakin lama tumbuhan kontak dengan LAS deterjen maka pH air akan menurun. Rata-rata pH air pada perlakuan *Hydrilla verticillata* mengalami penurunan selama proses fitoremediasi, pH tertinggi pada perlakuan ini adalah 8 sedangkan pH terendah yaitu 7,5 (Gambar 2 (a)). Rata-rata nilai pH air dengan perlakuan *Lemna minor* menunjukkan penurunan pada proses fitoremediasi, pH tertinggi pada perlakuan ini adalah 7,63 sedangkan pH terendah yaitu 7,27 (Gambar 2 (b)). Rata-rata pH tertinggi ditunjukkan pada perlakuan *Hydrilla verticillata* di hari ke-0, sedangkan nilai pH rata-rata terendah terjadi pada perlakuan *Lemna minor* di hari ke-7.

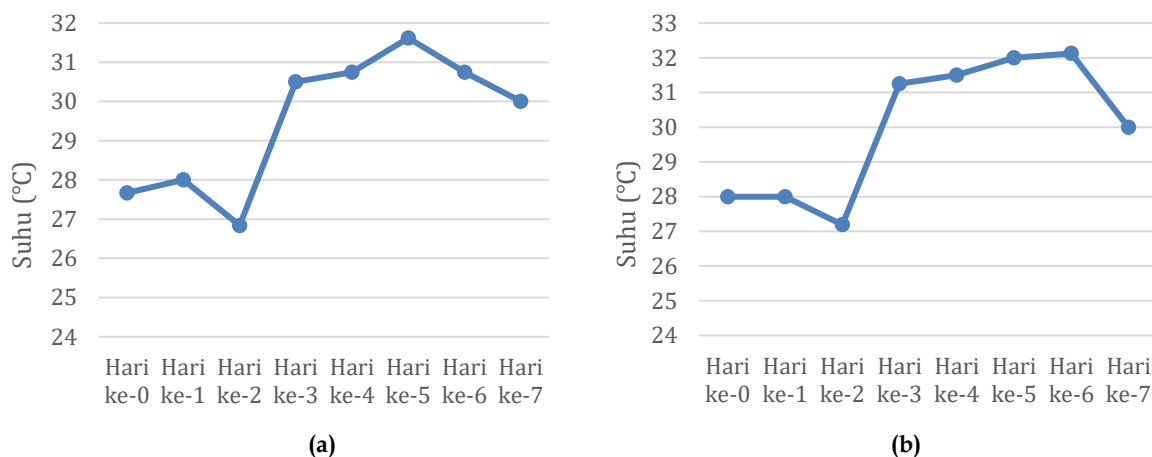
Hasil pengukuran faktor fisik berupa suhu media tanam mengalami perubahan setiap hari (Gambar 3). Rata-rata suhu air pada perlakuan *Hydrilla verticillata* mengalami perubahan setiap hari, suhu tertinggi pada perlakuan ini yaitu 31,62°C dan suhu terendah yaitu 26,84°C (Gambar 3(a)). Rata-rata suhu air dengan perlakuan *Lemna minor* mengalami perubahan setiap hari, suhu tertinggi yaitu 32,125°C dan suhu terendah yaitu 27,19°C (Gambar 3(b)). Rata-rata nilai suhu tertinggi pada penelitian terdapat pada perlakuan *Lemna minor* pada hari ke-6 sedangkan rata-rata nilai suhu terendah terdapat pada perlakuan *Hydrilla verticillata* pada hari ke-2.



Gambar 1. Morfologi *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* (a) sebelum perlakuan dan (b) setelah perlakuan; 1= perlakuan tumbuhan dengan kadar LAS Deterjen 0mg/l, 2= perlakuan tumbuhan dengan kadar LAS deterjen 5 mg/l, 3= perlakuan tumbuhan dengan kadar LAS deterjen 10 mg/l, 4= perlakuan tumbuhan dengan kadar LAS deterjen 15 mg/l



Gambar 2. Perubahan pH air (a) pH pada media tanam *Hydrilla verticillata* (b) pH pada media tanam *Lemna minor* selama proses fitoremediasi.



Gambar 3. Perubahan suhu air pada media tanam *Hydrilla verticillata* (a) dan *Lemna minor* (b) selama proses fitoremediasi.

PEMBAHASAN

Penggunaan fitoremediator *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* dalam proses fitoremediasi media tanam dengan berbagai kadar LAS deterjen menunjukkan terjadi penurunan kadar LAS deterjen selama perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian pada perlakuan dengan kadar LAS deterjen 15 mg/l dengan penurunan kadar LAS deterjen menjadi $0,38 \pm 0,0110$ mg/l menunjukkan penurunan kadar LAS deterjen tertinggi dibanding dengan kadar LAS deterjen 0 mg/l, 5 mg/l, dan 10 mg/l (Tabel 2). Penurunan kadar LAS deterjen disebabkan karena tingginya kadar LAS deterjen yang diserap oleh

tumbuhan. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi kadar LAS deterjen dalam media tanam maka akan semakin tinggi pula penurunan kadar LAS deterjen pada lingkungan yang terserap oleh tumbuhan fitoremediator. Kadar LAS deterjen pada media tanam akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya daya absorpsi fitoremediator. Hal tersebut menunjukkan bahwa besarnya penurunan kadar LAS deterjen memengaruhi penurunan kadar LAS deterjen di lingkungan (Rachmawati, 2018). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Imtiyaz dan Rachmadiarti (2019) bahwa tumbuhan *L. adscendens* yang ditumbuhkan pada media dengan kadar LAS deterjen 30 ppm dengan waktu kontak 10 hari mengalami penurunan lebih tinggi dibandingkan dengan kadar LAS deterjen 0 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm.

Hydrilla verticillata merupakan salah satu tumbuhan fitoremediator yang dapat digunakan untuk menurunkan limbah perairan. Berdasarkan hasil penelitian rata-rata penurunan kadar LAS deterjen yaitu berkisar $0,00 \pm 0,00 - 0,77 \pm 0,045$ mg/l (Tabel 2). Hal tersebut sesuai dengan baku mutu yang dianjurkan oleh Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 yaitu baku mutu untuk deterjen yang aman untuk dibuang ke lingkungan adalah 10 mg/l. Penurunan kadar LAS deterjen dikarenakan adanya proses absorpsi oleh tumbuhan *Hydrilla verticillata*. Bahan pencemar akan masuk kedalam akar. Didalam akar akan membentuk zat kelat yang disebut fitosiderofor dan juga akan mengalami penurunan pH. Fitosiderofor yang ada akan mengikat LAS deterjen dan akan membawa menuju ke dalam sel akar dengan transport aktif. LAS deterjen yang telah terbawa masuk akan diangkut melalui xylem dan floem untuk ditranspor menuju batang dan daun. Detoksifikasi tumbuhan dilakukan dengan menimbun bahan pencemar dalam suatu organ tertentu dengan tujuan mencegah terjadinya keracunan sel pada tumbuhan (Syahputra, 2005). Proses absorpsi LAS deterjen pada akar juga dibantu oleh mikroorganisme yang sifatnya dapat mengabsorpsi bahan pencemar. Mikoriza merupakan mikroorganisme yang terdapat dalam akar *Hydrilla verticillata* mempunyai peran untuk menjaga ketersediaan unsur hara pada tumbuhan (Sumiyati *et al.*, 2009).

Lemna minor adalah tumbuhan yang dapat digunakan dalam perbaikan kualitas air. Sifat adaptif dan dapat hidup pada semua cuaca dan musim serta dapat tumbuh setiap tahun (Langkap, 2019) menjadikan tumbuhan ini dapat dimanfaatkan dalam proses fitoremediasi untuk menurunkan limbah perairan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan perlakuan tumbuhan *Lemna minor* dapat menurunkan kadar LAS deterjen dengan rata-rata $0,00 \pm 0,00 - 0,64 \pm 0,080$ mg/l (Tabel 2). *Lemna minor* dapat menurunkan kadar LAS deterjen tertinggi dibandingkan dengan *Hydrilla verticillata*. Proses absorpsi LAS deterjen oleh *Lemna minor* adalah melalui akar dengan mengabsorpsi Na^+ lewat membran plasma yang berada dalam sel-sel akar. Proses absorpsi Na^+ terjadi secara difusi sederhana untuk menuju dinding sel melalui proses simplas melalui antar sel dengan plasmodesmata dan juga proses apoplas dengan melewati dinding sel. Kemudian air yang telah bercampur dengan senyawa deterjen akan ditranspor melalui xylem dan pita kaspari, apabila air yang akan melalui sel endodermis dilakukan dengan cara dipompa. Setelah menembus endodermis maka akan mengikuti xylem dan floem menuju bagian tumbuhan yang lain (Fitriana dan Kuntjoro, 2020).

Mekanisme absorpsi LAS deterjen oleh tumbuhan adalah LAS deterjen haruslah berbentuk senyawa yang dapat terserap oleh tumbuhan, maka dari itu LAS deterjen melewati proses perombakan terlebih dahulu. Proses perombakan LAS deterjen adalah dengan tiga tahapan yaitu pendegradasian LAS deterjen untuk diubah menjadi alkohol yang lebih sederhana oleh mikroorganisme dibantu adanya O_2 dan energi, proses oksidasi dilakukan sampai rantai alkyl memiliki 4-5 atom karbon saja. Kedua adalah penghilangan gugus sulfonate yang dikatalis dengan sistem enzim kompleks, koenzim NAD(P)H dan O_2 dengan tujuan untuk membentuk hidroksi penolik pada cincin aromatic. Tahap selanjutnya yaitu pembukaan cincin benzene dengan menggunakan jalur orto atau meta (Suastuti *et al.*, 2015). Setelah perombakan LAS deterjen terdapat tahapan fitoremediasi yaitu terdapat 6 tahapan meliputi *phytoaccumulation* (proses menarik bahan pencemar untuk menuju akar), *rhizofiltration* (proses pengendapan untuk dapat menempel pada akar), *phytostabilization* (proses penstabilan zat dari bahan pencemar yang tidak terserap dalam akar), *rhizodegradation* (penguraian bahan pencemar yang terjadi pada akar dengan dibantu oleh mikroba), *phytodegradation* (proses penguraian bahan pencemar dengan cara mengubah rantai molekul kompleks menjadi rantai molekul sederhana), dan *phytovolatilization* (proses penguapan bahan pencemar yang akan dilepaskan ke atmosfer) (Dewi *et al.*, 2015).

Kadar BOD selama proses remediasi menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Nilai BOD pada perlakuan jenis tumbuhan dan berbagai kadar LAS deterjen dengan nilai rata-rata berkisar $0,07 \pm 0,020 - 0,86 \pm 0,010$ mg/l (Tabel 3). Rata-rata nilai BOD paling rendah ditunjukkan pada perlakuan *Lemna minor*. Penurunan kadar BOD terjadi disebabkan karena rendahnya aktivitas penguraian bahan organik, sehingga hal tersebut dapat menaikkan kadar oksigen terlarut dalam perairan (Rukmi dan

Rahayu, 2013) Penurunan BOD disebabkan karena aktivitas fotosintesis. Menurut Fachrurrozi (2010) aktivitas fotosintesis yang tinggi pada tumbuhan mengakibatkan semakin tinggi pula kadar oksigen yang akan dihasilkan yang akan memengaruhi kehidupan mikroorganisme di perairan sehingga akan menurunkan kadar BOD dalam perairan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Wimbaningrum *et al.* (2020) bahwa dengan perlakuan fitoremediasi tumbuhan *Typha angustifolia* pada air limbah industri menunjukkan penurunan sebesar 54% dari kadar BOD sebelum perlakuan.

Biomassa basah akhir *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* mengalami penurunan dibandingkan dari biomassa basah awal (Tabel 4). Penurunan biomassa basah terbesar terjadi pada tumbuhan *Hydrilla verticillata* yaitu hingga $28 \pm 7,549$ gr. *Hydrilla verticillata* merupakan tumbuhan dengan penurunan biomassa basah tertinggi dibandingkan dengan *Lemna minor* (Gambar 3). Penurunan biomassa terjadi disebabkan karena adanya toksisitas LAS deterjen yang menyebabkan tumbuhan kesulitan untuk mendapatkan pasokan air yang layak karena adanya pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, masalah osmotik pada tumbuhan disebabkan karena adanya ion-ion tertentu yang mencapai kadar larutan yang lebih tinggi. Tumbuhan yang tumbuh pada media dengan larutan potensial air yang lebih rendah dibandingkan dengan xylem akar akan mengakibatkan proses penyerapan air akan terhenti, karena tidak terdapat penyesuaian osmotik akibat potensial osmotik dari larutan lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya kompetisi antara ion-ion yang membuat tumbuhan akan lebih sulit memperoleh unsur hara, pengambilan air tidak memungkinkan, akar akan mengabsorpsi ion dari media kompleks yang mengandung satu atau bahkan lebih ion hara esensial, non esensial dan senyawa organik, kesulitan untuk mendapatkan CO₂, intensitas cahaya yang diterima. LAS deterjen akan mengganggu proses metabolisme tumbuhan dalam membantu pembentukan sel-sel tumbuhan dan jaringan meristem akar. Kadar LAS deterjen yang tinggi membuat pertumbuhan jaringan pada akar semakin lama akan menurun yang akan menyebabkan pertumbuhan pada bagian tajuk tumbuhan. Penurunan pertumbuhan bagian tajuk tumbuhan inilah yang menyebabkan penurunan biomassa tumbuhan (Haryati, 2012).

Morfologi tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* terdapat perubahan pada bagian meliputi akar, batang dan daun (Gambar 1). Perubahan pada akar meliputi perubahan warna, pada batang mengalami perubahan warna, sedangkan pada daun meliputi perubahan warna dan sebagian mengalami kerusakan. Perubahan morfologi pada tumbuhan menunjukkan kemampuan adaptasi suatu tumbuhan untuk dapat menghadapi bahan pencemar seperti LAS deterjen (Tangahu *et al.*, 2011). Pada penelitian ini menunjukkan beberapa tumbuhan mengalami kerusakan pada bagian daun. Kerusakan morfologi tumbuhan disebabkan adanya LAS deterjen menyebabkan terjadinya nekrosis atau pembusukan pada organ tumbuhan yang terjadi lebih cepat pada bagian ujung dan sisi daun dan juga menyebabkan klorosis pada tumbuhan yang ditunjukkan dengan perubahan warna daun yaitu menjadi kuning dan pucat dikarenakan bahan pencemar menyebabkan penurunan kadar klorofil. Semakin tinggi kadar LAS deterjen maka semakin tinggi pula tingkat klorosis pada daun akan terjadi (Haryati, 2012). Selain terjadinya klorosis pada daun kadar LAS deterjen yang tinggi mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis pada tumbuhan

Faktor kimia yaitu pH pada semua perlakuan semakin menurun pada rentang waktu yang lama dengan nilai pH berkisar antara 7,27-8 (Gambar 2). Penurunan pH tiap perlakuan membuktikan bahwa semakin lama kontak tumbuhan dengan LAS deterjen maka akan membuat pH yang pada awalnya bersifat basa dapat menjadi netral. Menurut Caroline dan Moa (2015) penurunan pH yang terjadi disebabkan karena adanya pelepasan gugus sulfonate dari LAS deterjen yang selanjutnya akan teroksidasi menjadi sulfat dan pengubahan pH yang bersifat basa menjadi asam disebabkan adanya mekanisme dari LAS deterjen yang bereaksi dengan OH⁻. Hal tersebut dapat menjadi indikasi bahwa tumbuhan sebagai agen fitoremediasi dapat mempengaruhi turunnya keasaman pada air. Penurunan pH terjadi akibat adanya aktivitas respirasi dan fotosintesis pada tumbuhan. Pada proses fotosintesis membutuhkan CO₂ yang akan diubah menjadi monosakarida, sehingga akhirnya kadar CO₂ akan berkurang sehingga pH akan menjadi naik karena membutuhkan ion CO₂. Sedangkan jika kadar CO₂ tinggi akan dengan mudah menurunkan pH dikarenakan CO₂ akan dilepaskan dan akan bereaksi dengan air kemudian membentuk asam karbonat (lalu direduksi menjadi bikarbonat dan karbonat) yang nantinya akan membuat pH menjadi lebih turun (Julinda dan Hikmah, 2016).

Pengukuran suhu yang dilakukan pada penelitian menunjukkan perubahan setiap hari. Hasil yang didapatkan yaitu suhu media rata-rata berkisar 26,84-33°C (Gambar 3). Perubahan pada suhu air meliputi kenaikan dan penurunan. Kenaikan suhu air disebabkan karena adanya bahan pencemar berupa LAS deterjen yang memengaruhi peningkatan metabolisme biota perairan yang akan membuat

toksitas bahan pencemar menjadi meningkat pula sehingga kadar oksigen dalam air akan menurun. Tanda air yang memiliki kandungan limbah yaitu suhu pada air yang akan lebih tinggi, hal tersebut dikarenakan air akan mengalami biodegradasi yang akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia (Mukarromah *et al.*, 2016). Perubahan suhu yang terjadi pada media tanam akan berpengaruh terhadap proses metabolisme dan fotosintesis *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor*. Apabila suhu air meningkat dapat meningkatkan kecepatan difusi ion ke akar tumbuhan sehingga proses absorpsi LAS deterjen oleh *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* akan menjadi tinggi pula (Oktavia *et al.*, 2016).

SIMPULAN

Hydrilla verticillata dan *Lemna minor* merupakan fitoremediator yang efektif dalam mengabsorpsi LAS deterjen dengan memecahnya menjadi senyawa lebih sederhana lalu dapat mengabsorpsi menggunakan akar. Penurunan kadar LAS deterjen tertinggi terjadi pada fitoremediator *Lemna minor*, dengan rata-rata penurunan hingga 97,48%, sedangkan pada *Hydrilla verticillata* yaitu 96%. Morfologi tumbuhan *Hydrilla verticillata* pada kadar LAS deterjen yang tinggi menunjukkan perubahan meliputi perubahan warna pada akar, batang dan daun serta perubahan bentuk daun. Sedangkan morfologi tumbuhan *Lemna minor* juga menunjukkan perubahan pada kadar LAS deterjen yang tinggi yaitu perubahan warna pada akar, batang, dan daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani A, 2011. Penurunan kadar N-total dan P-total pada limbah cairan tahu dengan metode fitoremediasi aliran batch dan kontinyu menggunakan tanaman *Hydrilla verticillata*. *J. Spectra*; 9(18): 9-14.
- Badan Standarisasi Nasional, 2005. *SNI 06.6989.51-2005: Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer secara biru metilen*. Jakarta: BSNI.
- Basiru MP, 2015. Efektivitas Tumbuhan Ganggang (*Hydrilla verticillata*) dalam Menurunkan Kadar Fosfat (PO₄) pada Air Limbah Laundry X. *Skripsi*. Diakses melalui <https://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/23241/150407038.pdf?sequence=1&isAllowed=y> pada tanggal 25 Agustus 2021.
- Caroline J dan Moa GA, 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) menggunakan Tumbuhan Melati (*Echinodorus palaeifolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III. *Jurnal ITATS*; 733-744.
- Dewi DC, 2010. *Diktat Praktikum Pemisahan Kimia*. Malang: Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Dewi F, Faisal M, dan Mariana. 2015. Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic forsk*) dan Jeringau (*Acorus calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*; 4(1): 7-10.
- Filliazati M, 2013. Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob menggunakan Media Bioball dan Tumbuhan Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*; 1.
- Fachrurrozi, 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. terhadap Penurunan Kadar Bod, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu. *Skripsi*. Dipublikasikan. Yogyakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan.
- Fitriana N dan Kuntjoro S, 2020. Kemampuan *Lemna minor* dalam Menurunkan Kadar *Linear Alkylbenzene Sulphonate*. *LenteraBio*; 9(2): 109-114.
- Gubernur Jawa Timur, 2013. Baku Mutu Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72.
- Harfadli MMA, Jordan NA, dan Ulimaz M, 2021. Pelatihan dan Sosialisasi Pembuatan Deterjen Cair Ramah Lingkungan Pengganti Deterjen Sintetik. *Abdimas, Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*; 6(1): 10-17.
- Harsono, NH. 2016. Analisis Residu Detergen Anionik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) di Perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Skripsi*. Dipublikasikan. Sulawesi Tenggara: Universitas Halu Oleo.
- Haryati M, 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limncharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang berbeda. *LenteraBio*; 1(3): 131-138.
- Herlambang P dan Hendriyanto O, 2015. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limncharis flava* L.). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*; 1(2): 31-37.
- Imtiyaz JD dan Rachmadiarti F, 2019. Kemampuan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen. *LenteraBio*; 9(1): 51-57.
- Julinda dan S. Hikmah, 2011. *Chemical Oceanography: pH and Alkalinity*. Malang: FPIK Universitas Brawijaya.
- Lakitan B, 2008. *Dasar- Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Langkap K, 2019. Pengaruh *Lemna* sp. sebagai Agen Fitoremediasi dalam Meningkatkan Kualitas Air (DO, TSS, pH, dan Kekeruhan). *Skripsi*. Diakses melalui https://repository.usd.ac.id/33812/2/141434068_full.pdf pada tanggal 23 Agustus 2021.

- Mukarromah AH, Kadja GTM, Mukti RR, Pratama IR, Zulfikar MA, dan Buchari B, 2016. The Surface-to-Volume Ratio of the Synthesis Reactor Vessel Governing the Low Temperature Crystallization of ZSM-5. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*; 48(3): 241-251.
- Ni'am MK, Noerhayati R, dan Suprpto B, 2021. Pengelolaan Limbah Cair Domestik untuk Pemenuhan Air Bersih dengan Metode Filtrasi serta Penetralkan dengan Enceng Gondok. *Jurnal Rekayasa Sipil*; 9(1): 78-86.
- Nur F, 2013. Fitoremediasi Logam Berat Cadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*; 1(1): 74-83.
- Palar H, 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Oktavia Z, Budiyo B, dan Dewanti NAY, 2016. Pengaruh variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap Kadar Cadmium (Cd) pada Limbah Cair Home Industry Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*; 4(5): 238-245.
- Purnamasari EN, 2014. Karakteristik Kandungan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Media Teknik*; 11(1): 32-36.
- Putri AS, 2018. Studi Penyerapan Logam Berat Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) dengan Menggunakan Metode Fitoremediasi pada Tumbuhan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*). *Skripsi*. Dipublikasikan. Diakses melalui <https://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/9238/140407038.pdf?sequence=1&isAllowed=y> pada tanggal 23 Agustus 2021.
- Rachmawati A, 2018. Uji Efektivitas Duckweed (*Lemna* sp.) sebagai Agen Fitoremediasi Larutan Mengandung Surfaktan. *Skripsi*. Diakses melalui http://digilib.uinsuka.ac.id/34482/2/14640011_BAB_II_sampai_SEBELUM_BAB_TERAKHIR.pdf pada tanggal 9 Januari 2022.
- Rukmi DP dan SP Rahayu, 2013. Efektivitas Enceng Gondok (*Echhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. Universitas Jember.
- Sinulingga N, Nurtjahja K, dan Karim A, 2015. Fitoremediasi Logam Merkuri (Hg) pada Media Air oleh Kangkung Air (*Ipomoea Aquatic* Forsk). *BioLink*; 2(1): 75-81.
- Suastuti DAN, Suarsa I, dan Kurnia PRD, 2015. Pengolahan Larutan Deterjen dengan Biofilter Tanaman Kangkung (*Ipomoea Crassicaulis*) dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*; 9(1): 98-104.
- Sudiro dan Agnes TA, 2013. Kajian Efektivitas Tumbuhan Air *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dalam mereduksi BOD dan COD sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Spectra*.
- Sumiyati S, Handayani DS, dan Hartanto W. 2009. Pemanfaatan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) untuk Menurunkan Logam Tembaga (Cu) dalam Limbah Elektroplating Studi Kasus: Industri Kerajinan Perak Kelurahan Citran, Kotagede. *Jurnal Persipitasi*; 6(2): 23-26.
- Syahputra R, 2005. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms). *Logika*; 2(2).
- Tangahu BV, Siti RSA, Hassan B, Mushrifah I, Nurinan A, dan M. Muhammad. 2011. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) Uptake by plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*: 2011.
- Tati R, 2017. *Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Hydrilla verticillata*. Bandung: Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan KEMENKES Bandung.
- Wimbaningrum R, Arianti I, dan Sulistiyowati H, 2020. Efektivitas Tanaman Lembang (*Typha agustifolia* L.) di Lahan Basah Buatan dalam Penurunan Kadar TSS, BOD dan Fosfat pada Air Limbah Industri Laundry. *Berkala Sainstek*; 8(1): 25-28.
- Yuliani RL, Purwanti E, dan Pantiwati Y, 2015. Pengaruh Limbah Detergen Industri Laundry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi*: 822-828.

Article History:

Received: 24 Januari 2022

Revised: 2 Februari 2022

Available online: 4 Februari 2022

Published: 31 Mei 2022

Authors:

Rizma Nur Fatikasari, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: rizma.18018@mhs.unesa.ac.id

Tarzan Purnomo, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: tarzanpurnomo@unesa.ac.id

How to cite this article:

Fatikasari RN, Purnomo T, 2022. Efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai Fitoremediator LAS pada Deterjen Limbah Domestik. *LenteraBio*; 11(2): 263-272.