

Efek Kombinasi *Linear Alkybenzene Sulfonates* (LAS) Dan Tembaga (Cu) Pada Kapasitas Fitoremediasi Tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*)

Eva Agustina¹, Salsa Nabila¹, Risa Purnamasari¹ dan Rony Irawanto²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No. 177, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

²Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Raya Surabaya-Malang, Km. 65, Purwodadi, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

eva_agustina@uinsby.ac.id (1) nabilaasalsaa28@gmail.com (2) risa_purnamasari@uinsby.ac.id (3)
biory96@yahoo.com (4)

ABSTRAK

Salah satu masalah lingkungan yang serius saat ini adalah pencemaran air yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan organisme lainnya. Salah satu penyebab pencemaran air adalah adanya detergen dan logam berat yang terdapat di lingkungan. Karena dampaknya yang merugikan, perlu dicari solusi untuk menangani masalah ini. Salah satu solusinya adalah menggunakan teknik fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) yang terbukti mampu menyerap berbagai polutan dari lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas fitoremediasi tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) dalam menangani kontaminasi detergen LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonates*) dan logam berat tembaga (Cu) pada air. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan berbeda konsentrasi LAS + Cu, yaitu 0 mg/L, 10 mg/L + 3 mg/L, 30 mg/L + 3 mg/L, dan 50 mg/L + 3 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan daya penyisihan LAS tertinggi sebesar 96% pada variasi konsentrasi LAS 10 mg/L + Cu 3 mg/L, dan daya penyisihan Cu tertinggi sebesar 72% pada variasi konsentrasi LAS 50 mg/L + Cu 3 mg/L. lebih lanjut, nilai efektifitas penyerapan logam Cu tertinggi sebesar 59% pada variasi konsentrasi LAS 50 mg/L + Cu 3 mg/L. Hasil penelitian juga menunjukkan semakin tinggi LAS yang diberikan maka semakin tinggi pula penyerapan logam berat Cu oleh tanaman. Berdasarkan hasil tersebut, terbukti bahwa tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) efektif untuk menyerap LAS dan logam berat Cu di lingkungan.

Kata Kunci : Fitoremediasi; *Linear Alkylbenzene Sulfonates*; Tembaga (Cu); *Sagittaria lancifolia*.

ABSTRACT

One of the most important environmental problems nowadays is water pollution, which could endanger the health of humans and other organisms. One of the sources of water pollution is the detergent and heavy metals contained in the environment. Due to its negative impact, it is necessary to find a solution to overcome this problem. One of the solutions is to use phytoremediation techniques by lanceleaf arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) which are proven to be able to absorb various pollutants from the environment. Therefore, this study aims to evaluate the effectiveness of phytoremediation of lanceleaf arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) in handling LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonates*) contamination and heavy metal copper (Cu) in water. This study used an experimental method with a completely randomized design (CRD) with four different treatments of LAS + Cu concentrations, namely 0 mg/L, 10 mg/L + 3 mg/L, 30 mg/L + 3 mg/L, and 50 mg/L + 3 mg/L. The results showed the highest LAS removal power of 96% in the LAS concentration variation of 10 mg/L + Cu 3 mg/L, and the highest Cu removal power of 72% in the LAS concentration variation of 50 mg/L + Cu 3 mg/L. Furthermore, the highest Cu metal absorption effectiveness value was 59% in the LAS concentration variation of 50 mg/L + Cu 3 mg/L. The results also showed that the higher the LAS given, the higher the absorption of heavy metal Cu by plants. Based on these results, it is proved that the lanceleaf arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) is effective to absorb LAS and Cu heavy metals in the environment.

Keywords : Phytoremediation; *Linear Alkylbenzene Sulfonates*; Copper (Cu); *Sagittaria lancifolia*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pencemaran air merupakan masalah lingkungan yang serius yang mengancam kesehatan manusia dan lingkungan di seluruh dunia. Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti industri, pertanian, perkotaan, dan aktivitas manusia lainnya. Pencemaran air ini dapat menyebabkan berbagai dampak buruk seperti kesehatan yang buruk, kerusakan ekosistem, dan berkurangnya sumber daya air bersih (Rosihan, 2017; Sekarwati, 2014). Contoh kasus pencemaran air yang terkenal adalah kasus pencemaran Sungai Citarum di Indonesia yang disebabkan oleh limbah industri tekstil dan kimia (Wikiandy, 2013). Akibatnya, air sungai yang dulunya berwarna hijau kebiruan dan menjadi sumber penghidupan ribuan warga di sekitarnya, kini berubah menjadi coklat kehitaman, berbau tidak sedap, dan tidak lagi layak digunakan. Selain itu, pencemaran air juga banyak disebabkan oleh adanya detergen dan logam berat (Baroroh et al., 2018). Menurut (Putranto, 2011), pencemaran air yang terus berlanjut dapat mengancam keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, sehingga tindakan preventif dan solutif perlu dilakukan untuk mengurangi dan mencegah terjadinya pencemaran air. Salah satu solusinya adalah dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen dalam menyerap polutan yang ada di lingkungan, atau biasa disebut fitoremediasi. Menurut Hidayati (2020), mekanisme fitoremediasi melibatkan serangkaian proses fisik dan biokimia yang terjadi pada tanaman. Tanaman akan menyerap polutan melalui akar dan menyalurkannya ke seluruh bagian tanaman. Selanjutnya, polutan akan diubah oleh enzim tanaman menjadi senyawa yang lebih aman atau diikat pada jaringan tanaman. Salah satu kelebihan fitoremediasi adalah teknik ini relatif murah dan ramah lingkungan (Afifudin & Irawanto, 2022). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui efektivitas fitoremediasi dalam mengurangi pencemaran air akibat detergen dan logam berat. Seperti contoh Novita et al., (2020) yang melakukan fitoremediasi detergen dan logam berat dengan memanfaatkan tanaman air seperti *Eichhornia crassipes* dan *Pistia stratiotes*. Selain tanaman tersebut, terdapat satu jenis tanaman yang terbukti mampu untuk meremediasi logam berat dan detergen dalam air, yakni tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*). Salah satunya adalah penelitian oleh Serang et al., (2017) menunjukkan bahwa tanaman air *Sagittaria lancifolia* berpotensi sebagai fitoremediator dan mampu menurunkan kadar logam Kromium (Cr) dalam air tercemar. Selain itu, tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*) juga memiliki potensi untuk fitoremediasi logam berat Tembaga (Cu) (Afifudin & Irawanto., 2021). Lebih lanjut, tanaman ini juga efektif dalam fitoremediasi limbah detergen dalam air (Fitrihidajati et al., 2020).

2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, yang menjadi rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana kemampuan tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) dalam mengatasi pencemaran air akibat kombinasi *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) dan Tembaga (Cu) dalam fitoremediasi?.

3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka penelitian ini dilakukan dengan mengombinasikan *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) dan Tembaga (Cu) pada fitoremediasi tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mengatasi pencemaran air akibat kombinasi polutan tersebut.

4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk :

1. Menambah pemahaman tentang kemampuan tanaman daun tombak dalam mengatasi pencemaran air akibat kombinasi polutan LAS dan Cu. Dengan mengetahui kemampuan ini, dapat dikembangkan teknologi fitoremediasi yang lebih efektif dan ramah lingkungan.
2. Menjadi alternatif solusi dalam mengatasi pencemaran air yang disebabkan oleh LAS dan Cu, yang saat ini masih menjadi masalah lingkungan yang serius.
3. Memberikan informasi baru tentang potensi tanaman daun tombak sebagai fitoremediasi untuk polutan LAS dan Cu, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.
4. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi berguna bagi industri yang menggunakan LAS dan Cu dalam proses produksinya, sehingga dapat meningkatkan kesadaran akan dampak pencemaran air yang ditimbulkan serta pentingnya menjaga kelestarian lingkungan.

II. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan selama empat bulan, yakni pada bulan Juli hingga Oktober 2022, dan dilakukan di rumah kaca Kebun Raya Purwodadi - BRIN.

Rancangan Penelitian atau Model

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental serta menggunakan rancangan penelitian berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat empat perlakuan yang diuji dengan tiga ulangan untuk masing-masing perlakuan. Variasi perlakuan didasarkan pada konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 0 mg/L (kontrol), 10 mg/L LAS + 3 mg/L Cu; 30 mg/L LAS + 3 mg/L Cu; dan 50 mg/L LAS + 3 mg/L Cu. Konsentrasi logam Cu 3 mg/L digunakan dalam penelitian ini karena tanaman *Sagittaria lancifolia* efektif menyerap logam Cu pada konsentrasi tersebut (Afifudin & Irawanto, 2021).

Bahan dan Peralatan

Berbagai alat dipakai dalam penelitian, antara lain bak plastik kapasitas 5L, gunting stek, cutter, aluminium foil, gelas ukur, gelas piala, gelas takar, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, pipet ukur, bulb, erlenmeyer, labu ukur, timbangan analitik, timbangan digital, blender, loyang, dan oven. Sementara bahan yang digunakan meliputi tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*), air, aquades, pupuk NPK, *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) 100%, dan tembaga sulfat (CuSO_4).

Tahapan Penelitian

Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu aklimatisasi dan persiapan, pelaksanaan fitoremediasi, dan analisis laboratorium. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut:

a. Aklimatisasi

Pelaksanaan fitoremediasi dilakukan dengan pengamatan terhadap beberapa parameter, termasuk pH, TDS, COD, dan kadar LAS dalam air. Untuk pengukuran pH dan TDS dilakukan satu minggu sekali dengan menggunakan pH meter dan TDS meter digital. Pengukuran COD dilakukan dengan metode refluks tertutup secara titrimetri (Sibarani, 2019), sementara untuk analisis kadar LAS digunakan instrumen spektrofotometer Uv-Vis.

b. Pelaksanaan fitoremediasi

Pelaksanaan fitoremediasi dilakukan dengan pengamatan terhadap beberapa parameter, termasuk pH, TDS, COD, dan kadar LAS dalam air. Untuk pengukuran pH dan TDS dilakukan satu minggu sekali dengan menggunakan pH meter dan TDS meter digital.

Analisis sampel air dan tanaman

Setelah 28 hari paparan LAS pada tanaman, sampel air kemudian dianalisis kadar LAS-nya dengan menggunakan metode MBAS (*Metylen Blue Active Surfactant*) sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005. Pada metode MBAS, sampel dioksidasi dengan larutan asam sulfat pekat dan kemudian diperlakukan dengan larutan Metylen Blue.

III. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) mampu mengabsorpsi *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) dan logam berat tembaga (Cu) dengan baik selama 28 hari. Hal ini didasari oleh perhitungan daya penyisihan dan efektifitas penyerapan polutan pada media oleh tumbuhan. Lebih lanjut, paparan mengenai hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

Kadar LAS pada Media

Pengukuran konsentrasi *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) perlu karena senyawa ini sering digunakan sebagai surfaktan pada produk pembersih dan sabun yang kemudian dibuang ke lingkungan. LAS dapat berdampak toksik terhadap organisme air dan mengganggu ekosistem perairan (Cao et al., 2016). Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi LAS pada penelitian ini menjadi hal yang krusial dalam menilai efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan konsentrasi surfaktan berbahaya bagi lingkungan.

Tabel 1. Kadar LAS pada media

No	Perlakuan	Kadar LAS Media (mg/L)		LAS tersisih (mg/L)
		Awal	Akhir	
1	kontrol	0	0	0
2	LAS 10 + Cu 3	10	0,42	9,58
3	LAS 30 + Cu 3	30	15,35	14,65
4	LAS 50 + Cu 3	50	31,43	18,57

Terlihat pada Tabel 1 bahwa telah terjadi penurunan kadar LAS dalam air yang cukup signifikan selama 28 hari. Dapat dilihat pada konsentrasi LAS yang hilang atau tersisih, semakin tinggi konsentrasi LAS yang diberikan, maka semakin tinggi LAS yang diserap oleh tanaman selama 28 hari. Hasil penelitian ini sesuai dengan Nur & Purnomo (2022), yang menjelaskan bahwa semakin tinggi LAS yang diberikan pada media, semakin tinggi pula LAS yang diserap oleh tanaman, hal ini karena semakin tinggi LAS pada media dapat meningkatkan daya absorbansi tanaman. Selain itu, Rachmawati (2018) juga telah menjelaskan bahwa besarnya LAS dilingkungan dapat mempengaruhi penyerapan LAS oleh tanaman.

Kadar Logam Cu pada Media dan Tanaman

Tujuan dari pengukuran kadar logam berat tembaga (Cu) dalam media dan tanaman *Sagittaria lancifolia* adalah untuk mengevaluasi kemampuan tanaman dalam menyerap logam berat tersebut. Pengukuran kadar logam Cu dilakukan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk mengetahui jumlah total logam yang terakumulasi dalam tanaman dan yang tersisa pada media. Hal ini penting untuk mengetahui seberapa efektif tanaman daun tombak dalam mengurangi kadar logam berat tembaga pada air.

Tabel 2. Logam Cu pada media dan tanaman

No	Perlakuan	Kadar Cu media (mg/L)		Kadar Cu tanaman (mg/L)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir

1	kontrol	0	0	0	0
2	LAS 10 + Cu 3	3	1,54	0	1,21
3	LAS 30 + Cu 3	3	1,24	0	1,46
4	LAS 50 + Cu 3	3	0,84	0	1,76

Pada Tabel 2 terlihat kadar Cu pada media dan tanaman daun tombak. Pada penelitian ini, konsentrasi Cu awal pada media diasumsikan sebesar 3 mg/L, ini disesuaikan dengan penambahan logam Cu pada penelitian ini. Begitu juga kadar Cu awal pada tanaman diasumsikan sebesar 0 mg/L, ini karena tanaman dianggap tidak terkandung logam Cu sebelum penelitian ini dilaksanakan. Selanjutnya, setelah dibiarkan selama 28 hari, konsentrasi Cu pada media berkurang dari semua 3 mg/L menjadi 0,84-1,54 mg/L. Sementara itu, kadar Cu pada tanaman setelah 28 hari adalah sebesar 1,21-1,76 mg/L dari semula 0 mg/L. Pada penelitian ini, perlakuan LAS 50 mg/L + Cu 3 mg/L menunjukkan penurunan kadar logam Cu yang paling optimal.

Daya Penyisihan

Daya penyisihan polutan dalam air didasarkan pada penurunan kadar polutan pada media antara sebelum dan sesudah treatment (Afifudin & Irawanto, 2022).

Tabel 3. Daya penyisihan LAS dan Cu

No	Perlakuan	Daya penyisihan	
		LAS	Logam Cu
1	kontrol	0	0
2	LAS 10 + Cu 3	96%	49%
3	LAS 30 + Cu 3	49%	59%
4	LAS 50 + Cu 3	37%	72%

Tabel 3 menunjukkan persentase efisiensi penyisihan atau removal efficiency dari LAS dan logam berat tembaga. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan penurunan kadar atau konsentrasi polutan antara sebelum dan sesudah perlakuan fitoremediasi (Afifudin & Irawanto, 2022). Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa daya penyisihan LAS pada media paling optimal adalah 96% yakni terjadi pada perlakuan LAS 10 + Cu 3. Sementara itu, daya penyisihan Cu paling optimal adalah 72% yakni pada perlakuan LAS 50 + Cu 3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi LAS yang diberikan, membuat tanaman semakin susah untuk menyisihkan LAS tersebut, ditandai dengan semakin menurunnya daya penyisihan. Hal ini diduga karena konsentrasi LAS yang ada pada media semakin pekat dan semakin toksik. Sesuai dengan Abbas et al., (2019) yang menyatakan bahwa toksisitas berlebih akan mempengaruhi proses metabolisme dan fisiologi tanaman. Namun, seperti yang terlihat pada Tabel 3 bahwa semakin tinggi LAS yang diberikan, membuat tanaman lebih banyak menyisihkan logam Cu.

Efektifitas Penyerapan

Perhitungan efektifitas penyerapan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam berat. Efektifitas penyerapan didasarkan pada pembagian kadar polutan (logam berat) yang berada di tanaman dan media awal (Afifudin & Irawanto, 2022).

Tabel 4. Efektifitas penyerapan Cu oleh tanaman

No	Perlakuan	Efektifitas penyerapan
1	kontrol	0
2	LAS 10 + Cu 3	40%

3	LAS 30 + Cu 3	49%
4	LAS 50 + Cu 3	59%

Pengamatan selanjutnya adalah mengenai efektifitas penyerapan logam oleh tanaman. Hal ini bertujuan untuk menguji sejauh mana kemampuan tanaman daun tombak dalam menyerap logam berat yang ada pada media (Afifudin & Irawanto, 2021). Berbeda dengan daya penyisihan, perhitungan efektifitas penyerapan ini dilakukan dengan menghitung kadar logam pada tanaman dibagi dengan kadar logam pada media awal. Berdasarkan tabel 4, dapat diketahui bahwa nilai efektifitas penyerapan logam berat Cu oleh tanaman berkisar antara 40% hingga 59%. Hasil perhitungan efektifitas penyerapan pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi LAS yang diberikan maka semakin banyak logam Cu yang terakumulasi dalam tanaman. Hasil ini sesuai dengan perhitungan daya penyisihan logam Cu yang menunjukkan hasil serupa. Hal ini dapat disebabkan karena surfaktan dapat meningkatkan sulobilitas logam dan mikroba yang membatu percepatan senyawa organik dalam air (Chaudari & Dugar, 2017; Widyawati& Sunu, 2021). Lebih lanjut, tanaman dapat diklasifikasikan sebagai efektif dalam menyerap logam jika memiliki nilai efektifitas lebih dari 50% (Djo et al., 2017). Sehingga tanaman daun tombak dalam penelitian ini efektif untuk menyerap logam Cu dalam waktu 4 minggu paparan. Selanjutnya, hasil analisis data dengan menggunakan uji T-2 Paired Sample Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 untuk kadar konsentrasi LAS media. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara kadar LAS media saat sebelum dan sesudah perlakuan fitoremediasi.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) memiliki potensi untuk menjadi solusi yang efektif dalam menangani pencemaran air yang disebabkan oleh detergen LAS dan logam berat tembaga (Cu). Hal ini terbukti dengan kemampuan tanaman daun tombak dalam menyisihkan LAS tertinggi sebesar 96%, serta Cu tertinggi sebesar 72%. Selain itu, nilai efektifitas penyerapan logam Cu oleh tanaman daun tombak juga menunjukkan nilai tertinggi sebesar 59%. Adapun hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi LAS yang diberikan, maka semakin tinggi pula penyerapan logam berat Cu oleh tanaman daun tombak.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifudin, A. F. M., & Irawanto, R. 2021. Estimating the ability of lanceleaf arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) in phytoremediation of heavy metal copper (Cu). *Berkala Sainstek*, 9(3), 125-130.
- Afifudin, A. F. M., & Irawanto, R. 2022. Translocation Mechanism of Lanceleaf Arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) on Copper (Cu) and Phytoremediation Ability. *EnvironmentAsia*, 15(3), 84-94.
- Baroroh, F., Handayanto, E., & Irawanto, R. 2018. Fitoremediasi Air Tercemar tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia Molesta* dan *Pistia Stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica Rapa*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 2549.
- Cao, L., Liu, S., Li, Y., Li, X., Li, X., Li, Y., & Li, F. (2016}. Ecotoxicity and biodegradability of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) and their metabolites: A review. *Chemosphere*, 155, 33-42.

- Agustina E, Nabila S, Purnamasari R, Irawanto R : Efek Kombinasi *Linear Alkybenzene Sulfonates* (LAS) Dan Tembaga (Cu) Pada Kapasitas Fitoremediasi Tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*)
- Chaudhari, S. P., & Dugar, R. P. 2017. Application of surfactants in solid dispersion technology for improving solubility of poorly water soluble drugs. *Journal of drug delivery science and technology*, 41, 68-77.
- Fitrihidajati, H., Rachmadiarti, F., Khaleyla, F., & Kustiyaningsih, E. 2020. Effectiveness of *Sagittaria lancifolia* as Detergent Phytoremediator. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(4), 1723-1727.
- Hidayati, N. 2020. *Tanaman Akumulator Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) untuk Fitoremediasi*. Jakarta: LIPI Press.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Jannah, D. A. N. I., & Pradana, H. A. 2020. Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik Universitas Jember Dengan Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok Dan Lembang. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 7(1), 121-135.
- Nur, R. N. F., & Purnomo, T. 2022. Efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai Fitoremediator LAS pada Deterjen Limbah Domestik. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 263-272.
- Oxtoby, David W. 2022. *Principles of Modern Chemistry* 6th Ed. Thomson Brooks
- Purakayastha, T. J., & Chhonkar, P. K. 2010. Phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Soil heavy metals*, 389-429.
- Putranto, T. T. 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Airtanah. *Jurnal Teknik*, 32(1), 62–71.
- Rachmawati, A. 2018. Uji Efektifitas Duckweed (*Lemna* Sp.) Sebagai Agen Fitoremediasi Larutan Mengandung Surfaktan. *Skripsi*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Rosihan, H. H. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat Press.
- Sekarwati, N. 2014. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak Terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta. *Skripsi*. UNS Sebelas Maret.
- Serang, L. K. O. 2017. Fitoremediasi Air Tercemar Logam Kromium (Cr) Dengan Menggunakan Tanaman Air *Sagittaria lancifolia* Dan *Pistia stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir). *Skripsi*. Universitas Brawijaya).
- Sibarani, R. 2015. Penurunan Konsentrasi *Linier Alkilbenzen Sulfonat* (LAS) Dalam Air Limbah Laundry Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Walingi (*Scirpus grossus*). *Skripsi*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Suastuti, N. G., Suarsa, I. W., & Putra, R. D. K. 2015. Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea Crassicaulis*) dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*, 9(1), 98-104.
- Taufikurrahman. (2016). Penentuan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Tanaman Rimpang Menggunakan Metode Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Wikiandy N., Rosidah,. Herawati, T. 2013. Dampak Pencemaran Limbah Industri Tekstil Terhadap Kerusakan Struktur Organ Ikan yang Hidup di Daerah Aliran Sungai (Das) Citarum Bagian Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 2013, 4(3) : 215 – 225.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
23 April 2023	16 Mei 2023	10 Juni 2023	Ya