

KAPABILITAS TUMBUHAN AIR SEBAGAI AGEN FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL

Nur Halimah^{*1)}, Rahmadina²⁾, M. Idris³⁾

^{1,2,3)} Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sumatera Utara, Medan,
Sumatera Utara, Indonesia.

**Corresponding author*

e-mail: halimaharuan14@gmail.com

Article history:

Submitted: May 7th, 2024; Revised: June 1st, 2024; Accepted: June 25th, 2024; Published: Oct. 10th, 2024

ABSTRAK

Industri tekstil menggunakan zat-zat kimia seperti logam berat kromium (Cr) dalam proses pewarnaannya. Limbah cair industri tekstil yang dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan penurunan kualitas pada air, tanah maupun udara serta akan membahayakan makhluk hidup. Fitoremediasi merupakan salah satu solusi dalam menurunkan tingkat toksisitas limbah cair dengan memanfaatkan tumbuhan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapabilitas tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) dalam menyerap logam berat kromium dengan metode fitoremediasi selama 7 hari. Hasil penelitian ini diperoleh penyerapan logam berat kromium terbesar yaitu pada perlakuan dengan penambahan konsentrasi 6 ppm kromium dan penyerapan sebesar 1,428 ppm kromium serta efisiensi penyerapan kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) sebesar 96%. Penyerapan logam berat kromium juga mempengaruhi jumlah klorofil a, klorofil b dan klorofil total pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) yang menurun sejalan dengan menurunnya konsentrasi kromium pada air limbah. Parameter kualitas air seperti pH, suhu, dan DO juga mempengaruhi penyerapan kromium pada air limbah industri tekstil.

Kata Kunci: Kromium (Cr); fitoremediasi; mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.)

PENDAHULUAN

Air merupakan bahan utama untuk proses produksi. Salah satu industri yang penggunaan airnya cukup tinggi dalam proses produksi ialah industri tekstil. Zat pencemar pada limbah cair tekstil berasal dari berbagai proses, pada saat proses pewarnaan akan menghasilkan beban pencemar yang tinggi, kadarnya tergantung pada jenis zat warna yang digunakan dan jumlah produk yang dihasilkan.

Zat warna biasanya mengandung logam berat seperti kromium (Cr), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) (Adamec, 2022). Logam berat berpengaruh buruk bagi kesehatan manusia maupun

hewan dan tumbuhan. Logam berat dapat menyebabkan cekaman oksidatif dengan pembentukan radikal bebas serta dapat menggantikan logam penting dalam pigmen atau enzim sehingga mengganggu fungsinya. Logam kromium merupakan salah satu logam yang toksisitasnya tinggi, maka sangat penting untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan logam berat kromium (Cr) dari air limbah (Lubis, 2022). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2015 batas maksimal diizinkan dari kadar total kromium (Cr) adalah 1 mg/L.

Perbaikan kualitas air merupakan usaha yang dapat dilakukan untuk

memperbaiki kualitas air baik yang bersifat fisik maupun kimia. Usaha perbaikan kualitas air ini dilakukan untuk memperbaiki fungsi air dan sebagai keberlangsungan rantai makanan agar tetap dalam keadaan stabil. Salah satu usaha perbaikan kualitas air yaitu dengan menerapkan sistem fitoremediasi pada air tercemar. Sistem fitoremediasi merupakan metode pencucian polutan menggunakan media tumbuhan seperti pepohonan, tumbuhan air, dan rerumputan (Astuti, et al, 2022). Selain itu, fitoremediasi juga digunakan sebagai salah satu solusi alternatif untuk remediasi logam berat karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya efektif, murah dan ramah lingkungan sebagai pencucian ataupun penimbun polutan berdasarkan pemanfaatan tumbuhan (Sumiahadi dan Acar, 2018).

Tumbuhan air sering digunakan sebagai tumbuhan fitoremediator yang dapat mengonsentrasikan logam dalam biomassanya dengan level penyerapan yang sangat tinggi (Hiperakumulator). Tumbuhan air menurut beberapa penelitian dapat menurunkan logam berat dalam perairan karena tumbuhan air memiliki beberapa mekanisme dalam menghadapi cekaman logam berat di perairan. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan air melibatkan tiga (3) proses yang saling berkesinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi (perpindahan) logam dari akar ke bagian tumbuhan yang lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel seperti vakuola untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme pertumbuhan tanaman tersebut (Malaviya, et all, 2020).

Tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) merupakan jenis gulma air yang hidup mengapung, dapat hidup dalam berbagai kondisi perairan yang tenang dan keberadaannya dijadikan sebagai naungan bagi ikan-ikan kecil. Selain bermanfaat sebagai naungan, tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem air seperti penyerapan amonia berlebih pada air serta menyerap logam-logam berat yang terdapat pada perairan atau memiliki kemampuan hiperakumulator.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) dapat mengurangi bahan organik serta warna pada air lindi selama 5 hari menggunakan metode fitoremediasi. Tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) dapat menurunkan kadar logam berat merkuri (Cu), Seng (Zn), timbal (Pb) dan besi (Fe) dengan metode fitoremediasi, penurunan logam berat yang dihasilkan berturut-turut sebesar 91%, 83%, 78% dan 77% dengan penyerapan rata-rata diatas 70% (Daud, et all., 2018)

Menurut penelitian (Saffarida & Ngadiman, 2018) tentang fitoremediasi logam berat kromium (Cr) menggunakan tumbuhan air mata lele (*Lemna minor*) didapati hasil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna minor*) dapat bertahan hingga konsentrasi kromium 4 ppm dengan kemampuan penyerapan sekitar 10,25 % selama 7 hari perlakuan. Oleh karena itu, maka diperlukan pendekatan lebih lanjut untuk mencari tahu jenis tumbuhan air yang paling optimum dalam menurunkan kadar logam kromium (Cr). Untuk itu, penulis tertarik melakukan penelitian secara berkala dengan judul “Kapabilitas

Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Tekstil”.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2023, dengan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Pengujian Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Kota Medan untuk menganalisis kandungan logam serta Laboratorium Pertanian Universitas Sumatera Utara (USU) Medan untuk menganalisis kandungan klorofil pada tumbuhan air. Alat yang digunakan yaitu timbangan analitik, gelas piala, gelas ukur, labu takar dan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*. Bahan yang digunakan yaitu Aquades, limbah cair industri tekstil, tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) dan larutan $K_2Cr_2O_7$. Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap.

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan pengukuran kadar kromium pada limbah cair industri tekstil menggunakan AAS. Hasil pengukuran kadar kromium awal adalah 0,05 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2015 batas maksimal diizinkan kadar kromium total adalah 1 mg/L, maka untuk menguji kapabilitas penyerapan tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr) terhadap logam berat kromium diberikan penambahan konsentrasi kromium sebanyak 2, 4 dan 6 ppm kromium. Pengamatan dilakukan dengan cara analisis kadar kromium pada air limbah tekstil yang diberi tambahan konsentrasi kromium yang berbeda (2, 4, dan 6 ppm kromium) pada hari ke-0 sebagai konsentrasi awal dan hari ke-7 sebagai konsentrasi akhir. Untuk menentukan kapabilitas penyisihan kromium atau nilai efektivitas (*Renoval Effectivitas*) dihitung dengan rumus:

$$RE (\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kadar penyerapan kromium

Berdasarkan hasil uji ANOVA (*Analysis of Varian*) perbedaan konsentrasi kromium berpengaruh nyata terhadap penyerapan kromium pada air limbah tekstil. Data hasil pengukuran rata-rata kromium pada air limbah tekstil disajikan dalam tabel 1. Tabel 1 Data hasil hasil penyerapan kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr).

HASIL RATA-RATA PENYERAPAN KROMIUM OLEH TUMBUHAN AIR

PERLAKUAN	KONSENTRASI KROMIUM AWAL (0 HSP)	KONSENTRASI KROMIUM AKHIR (7 HSP)	ABSORPSI PENYERAPAN	EFESIENSI PENYERAPAN (%)
A (kontrol)	0,052	0,053 ^d	0,001	2%
B (2 ppm kromium)	0,052	0,335 ^c	0,283	84%
C (4 ppm kromium)	0,052	0,466 ^b	0,414	89%
D (6 ppm kromium)	0,052	1,480 ^a	1,428	96%

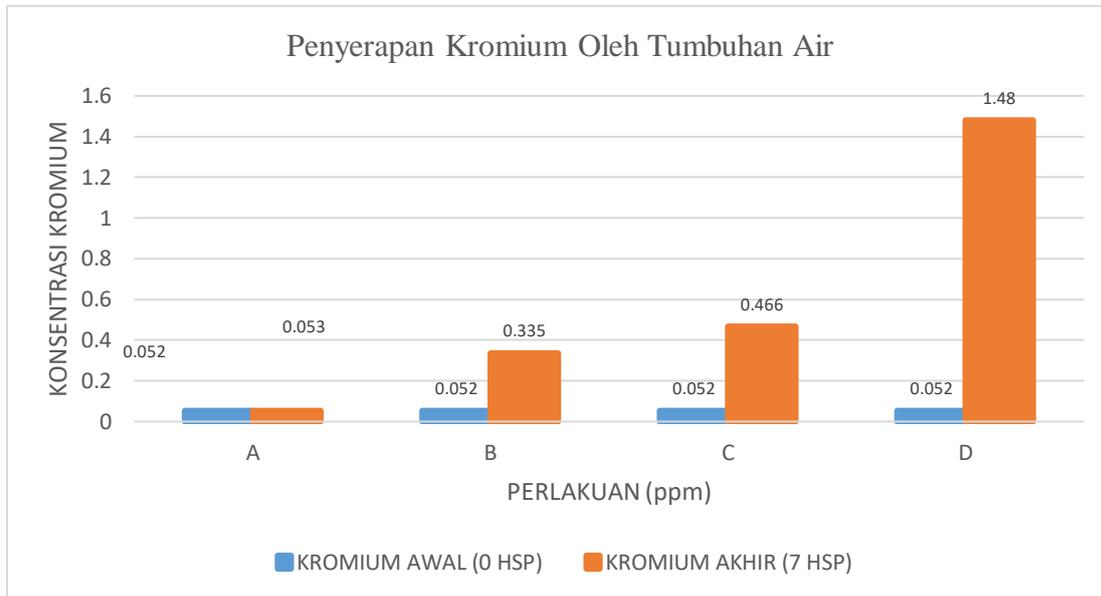
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5% (Uji DMRT)
HSP : Hari Setelah Pengamatan

Pada (Tabel 1) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi kromium awal (2 ppm, 4 ppm dan 6 ppm) yang diperkaya pada air limbah tekstil, hal ini bertujuan untuk mengetahui kapabilitas penyerapan kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) sebagai agen fitoremediator. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Sitanggang (2018), yang menggunakan konsentrasi kromium berbeda yaitu 2, 4 dan 6 ppm kromium pada air limbah batik, untuk mengetahui kapabilitas tumbuhan air (*Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* dan *Hydrilla verticillata*) sebagai agen fitoremediator penyerapan kromium pada air limbah batik.

Menurut Ali, *et al.* (2020) menyatakan bahwa air limbah yang mengandung logam akan bermuatan

positif dan cara untuk mengikat logam tersebut adalah dengan memasukkan obyek yang bermuatan negatif. Akar pada tumbuhan air bermuatan negatif dan berperan sebagai magnet untuk menarik unsur-unsur bermuatan positif, bahkan akar yang sudah mati atau kering masih mengandung muatan negatif yang cukup besar untuk menarik ion-ion positif dari logam berat. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem ke bagian tubuh tumbuhan yang lain, sedangkan untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat (*phytokhelatin* dan *histidin*). Tumbuhan air juga memiliki upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dengan memiliki mekanisme detoksifikasi yaitu menimbun atau mentranslokasikan logam ke bagian tubuh tertentu seperti vakuola dan bagian lain seperti daun (Handayanto, 2018).

Gambar 4.1 Grafik penyerapan kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.)



HSP : Hari Setelah Pengamatan

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa penyerapan kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) setelah pemaparan selama 7 (tujuh) hari masih dapat bertahan hidup hal ini dikarenakan,

saat proses penyerapan logam berat kromium, tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) mampu membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi sebagai reduktor logam kromium yang kemudian mentranslokasikannya ke bagian lain tumbuhan melalui jaringan pengangkut xylem dan floem. Menurut Stambulska, *et al* (2018), menyatakan bahwa distribusi dan translokasi kromium dalam

tumbuhan air juga bergantung pada spesies tanaman, bilangan oksidasi ion kromium (Cr), dan juga konsentrasinya dalam media pertumbuhan. Konsentrasi kromium diamati paling tinggi di

sitoplasma dan ruang antar sel rimpang dan dinding sel akar, akumulasi kromium yang lebih tinggi terdapat pada akar, hal ini disebabkan oleh penyerapan kromium dalam vakuola sel akar sebagai mekanisme perlindungan.

Selain itu, translokasi kromium dari akar ke pucuk daun sangat terbatas dan bergantung pada bentuk kimia kromium di dalam jaringan. Dalam jaringan tumbuhan, kromium heksavalen Cr (VI) diubah menjadi kromium trivalen Cr (III) yang memiliki kecenderungan untuk berikatan dengan dinding sel, untuk meningkatkan efisiensi penyerapan pada tumbuhan air, logam berat kromium akan diikat oleh molekul khelat (molekul pengikat) yang selanjutnya diakumulasikan ke seluruh bagian tumbuhan yaitu akar dan daun sehingga menghambat pengangkutan kromium lebih lanjut dalam jaringan tanaman (Wardhani & Salsabila, 2021).

Silviana & Fida (2023) juga menyatakan bahwa tumbuhan tidak memiliki kemampuan dalam memilih makanan yang akan diserapnya, sehingga

zat organik maupun non-organik 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 kromium tersebut dalam perairan maka akan semakin tinggi pula penyerapan oleh tumbuhan.

Penurunan konsentrasi kromium pada perairan juga tidak luput dari suhu dan pH pada perairan, pada suhu yang tinggi (>32 °C) senyawa logam berat kromium akan larut dalam air dan pada yang pH rendah (<5) dapat menyebabkan

kelarutan logam berat menjadi lebih tinggi karena bersifat semakin asam, sehingga akan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar (Pratiwi, 2022).

Analisis klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr)

Berdasarkan uji anova (*Analysis of Varian*) perbedaan konsentrasi kromium berpengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.). Data hasil pengukuran disajikan pada tabel 2

Tabel 2 Data hasil pengukuran kadar klorofil pada tumbuhan air

RATA-RATA KLOROFIL PADA MATA LELE (<i>Lemna perpusilla</i> Torr.)			
PERLAKUAN	KLOROFIL A Abs 645 nm	KLOROFIL B Abs 663 nm	KLOROFIL TOTAL (Mg/g bs)
A (kontrol)	15,010 ^a	12,753 ^b	9,697 ^a
B (2 ppm kromium)	11,747 ^b	13,457 ^{ab}	7,670 ^b
C (4 ppm kromium)	10,643 ^c	14,403 ^a	7,033 ^c
D (6 ppm kromium)	9,117 ^d	9,633 ^c	6,503 ^d

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5% (Uji DMRT)
HSP : Hari Setelah Pengamatan

Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan kandungan antara klorofil a dan klorofil b serta klorofil total pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.), hal ini membuktikan bahwa peningkatan

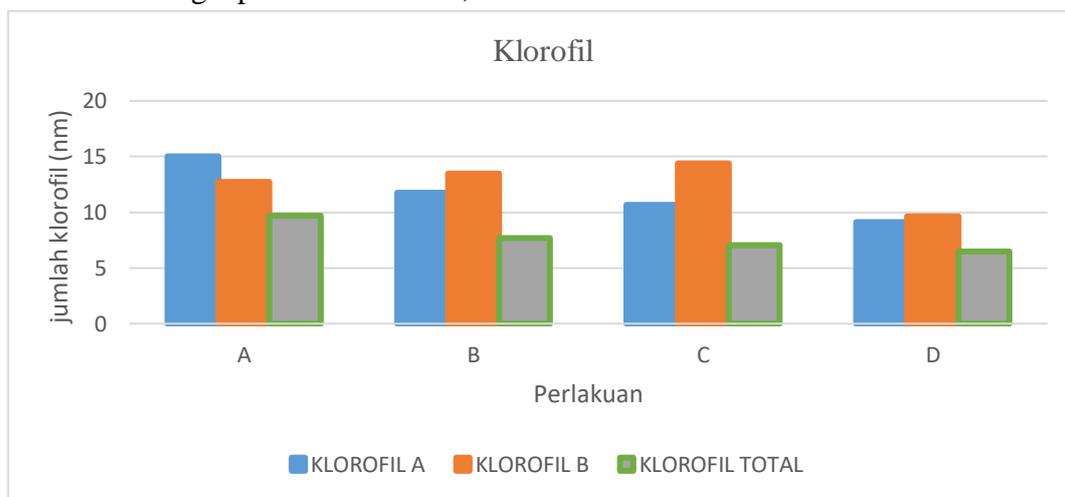
konsentrasi kromium dapat menyebabkan penurunan kandungan klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) yang diberi paparan kromium selama 7 hari. Tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) yang terkena paparan kromium menunjukkan berkurangnya kandungan klorofil yang disebabkan oleh terganggunya biosintesis dan pembentukan pigmen klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla*

Torr.) dimana pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kandungan klorofil a disetiap perlakuan menunjukkan kadar klorofil yang lebih rendah daripada klorofil b.

Hal ini sejalan dengan penelitian Valkenburg & Boer (2023), yang menyatakan bahwa perbedaan kandungan klorofil a dan klorofil b menunjukkan perbedaan kemampuan klorofil pada daun dalam menangkap sinar matahari,

klorofil a akan menangkap cahaya gelombang panjang dan sedikit gelombang pendek, sedangkan klorofil b hanya menangkap cahaya gelombang pendek, sehingga kadar klorofil a lebih sedikit dibanding kadar klorofil b pada daun.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2. Grafik klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna sp.*)



Perbedaan kadar klorofil pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) juga dapat disebabkan oleh perubahan suhu dan pH perairan, perubahan suhu dan pH yang terjadi pada media tanam akan berpengaruh terhadap proses metabolisme dan fotosintesis pada tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.), apabila suhu pada air limbah meningkat maka dapat meningkatkan kecepatan difusi ion ke akar tumbuhan sehingga proses absorpsi kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) menjadi tinggi dan menghambat penyerapan zat hara yang diperlukan pada proses fotosintesis. Energi cahaya yang diserap oleh daun akan diubah menjadi energi kimia di pusat reaksi fotosintesis, untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai proses reduksi pada fotosintesis.

Kapasitas fotosintesis tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) terganggu akibat cekaman kromium pada air limbah tekstil, karena interaksi

dengan biosintesis molekul klorofil dengan menghambat enzim penting yang berkontribusi dalam proses fotosintesis. Konsentrasi kromium yang semakin tinggi akan mempengaruhi sistem fotosintesis dengan menargetkan enzim pada siklus Calvin, transpor elektron fotosintesis dan membran tilakoid pada tumbuhan (Fitriana, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perbedaan konsentrasi logam kromium (0,2,4 dan 6 ppm kromium) pada air limbah tekstil

berpengaruh terhadap kapabilitas penyerapan logam berat kromium oleh tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.)

Tumbuhan air mata lele (*Lemna perpusilla* Torr.) terbukti kapabel dalam menyerap logam kromium pada air limbah tekstil selama 7 hari, dengan efisiensi penyerapan tertinggi sebesar 96% dan dapat mengabsorpsi hingga 1,428 ppm kromium.

REFERENSI

- Adane, T., Adugna, A. T., & Alemayehu, E. (2021). Textile industry effluent treatment techniques. *Journal of Chemistry, 2021*, <https://doi.org/10.1155/2021/5314404>
- Astuti, D., Janametri, A. W. A., Darnoto, S., & Asyfiradayati, R. (2022). Reduction Of Chromium Levels In Tanning Wastewater By Phytoremediation Method: A Review. *International Journal Of Multi Science, 3*(01), 34-53
- 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), 689-700
- Handayanto, E., Dkk. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. (2017). Malang : Universitas Brawijaya Press
- Idris, M., & Rahmadina, R. (2022). Pengujian Limbah Air Tahu Terhadap Jumlah Stomata dan Kandungan Klorofil Tanaman Kedelai Hitam (*Glycine soja* L.). *Jurnal Agroplasma, 9*(1), 10-15
- Kosakivska, I. V., Vedenicheva, N. P., Shcherbatiuk, M. M., Voytenko, L. V., & Vasyuk, V. A. (2022). Water Ferns Of *Salviniaceae* Family In Phytoremediation And Phytoindication Of Contaminated Water. *Biotechnology Acta, 15*(5), 5-23 <https://doi.org/10.15407/biotech.15.05.005>
- Malaviya, P., Singh, A., & Anderson, T. A. (2020). Aquatic phytoremediation strategies for chromium removal. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 19*, 897-944 <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09552-y>
- Manjounath, S., & Kousar. (2018). "Phytoremediation of textile industry effluent using aquatic macrophytes," *Int. J. Environ. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 65–74
- Mardalena, M., M. Faizal, & A. Napoleon. (2018). "The Absorption of Iron (Fe) and Manganese (Mn) from Coal Mining Wastewater with Phytoremediation Technique Using Floating Fern (*Salvinia natans*), Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*)," *Biol. Res. J.*, vol. 4, pp. 1–7. <https://doi.org/10.24233/BIOV.4.1.2018.107>
- Moenandir, J. (2015). *Ilmu Gulma*. Malang : UB Press
- Mulyadi, H. *Botani Tumbuhan Rendah*. (2014). Aceh : Syiah Kuala University Press
- Pattnaik, P., Dangayach, G. S., & Bhardwaj, A. K. (2018). A review on the sustainability of textile industries wastewater with and without treatment methodologies. *Reviews on Environmental Health, 33*(2), 163-203 <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0013>
- Pratiwi, R. (2022). *Fitoremediasi Air Tercemar*. Pekalongan : Penerbit NEM

- Puspita, U. R., Siregar, A. S., & Hidayati, N. V. (2018). Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk*, 39(1)
- Sitanggang, P. Y. (2018). Pengolahan Limbah Tekstil dan Batik di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(12), 1-10
- Sitarska, M., Traczewska, T., Filarowska, W., Hołtra, A., Zamorska-Wojdyła, D., & Hanus-Lorenz, B. (2023). Phytoremediation of mercury from water by monocultures and mixed cultures pleustophytes. *Journal of Water Process Engineering*, 52, 103529 <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0013>
- Taufikurahman, T., Melani, L., Sianturi, N. L. H., Wirawan, N. K. D. A., & Saifullah, A. F. (2023). Effective removal of chromium from contaminated water using horizontal subsurface flow constructed wetland with Napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, 4(2), 275-282 <https://doi.org/10.5614/crbb.2023.4.2/226W5GYH>
- Valkenburg, J. L., Piet, L. F., & Boer, E. (2023). *Salvinia plants in trade: what species are we actually talking about?*. *EPPO Bulletin*, 53(1), 108-116 <https://doi.org/10.1111/epp.12909>
- Vithanage, M., Bandara, P. C., Luís A.B., Novo, Amit Kumar, & Balram A. (2022) *Deposition of trace metals associated with atmospheric particulate matter: Environmental fate and health risk assessment*. Vol. 303 (3). ISSN 0045-6535 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135051>
- Wardhani, E., & Salsabila, D. (2021). Analisis Sistem Pengelolaan Limbah B3 Di Industri Tekstil Kabupaten Bandung. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 5(1), 15-26. <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i1.15-26>
- Widowati, Sastiono, & R. Jusuf. 2015. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta : Andi