

EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TANAMAN KAYU APU, KIAMBANG, DAN ECENG GONDOK DALAM MENURUNKAN KADAR KROMIUM PADA LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT

Salma A Hanifah¹, Yuldan Faturahman², Andik Setiyono^{3*}

¹²³Program Studi Kesehatan Masyarakat

Universitas Siliwangi Tasikmalaya

andiksetiyono@unsil.ac.id salmaahnfh@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara dengan sektor industri yang berkembang pesat. Kabupaten Garut menjadi salah satu daerah yang terkenal dengan industri penyamakan kulit. Di samping itu, industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar dan mengandung bahan kimia salah satunya adalah kromium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas tanaman kayu apu, kiambang, dan eceng gondok dalam menurunkan kadar kromium pada limbah cair penyamakan kulit. Sampel limbah yang digunakan diambil dari kolam pengendapan salah satu industri penyamakan kulit di Sukaregang, Kabupaten Garut dengan konsentrasi limbah 40% dan fitoremediasi dilakukan selama 7 hari menggunakan tanaman kayu apu, kiambang, dan eceng gondok dengan berat masing-masing ± 300 gr dengan 6 replikasi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan *pre and post test*. Variabel bebas penelitian ini adalah jenis tanaman dan variabel terikatnya adalah kadar kromium. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur kadar kromium sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer Flame*. Hasil uji *Kruskal- Wallis* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar kromium sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu, kiambang, dan eceng gondok ($p \leq 0,05$) dan hasil uji *post hoc dunn* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penurunan kadar kromium antara kelompok kontrol dengan tanaman kayu apu, dan kelompok kontrol dengan eceng gondok serta kelompok kayu apu dengan kiambang dengan $p \leq 0,05$.

Kata kunci : fitoremediasi, kromium, tanaman air, limbah penyamakan kulit

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with a rapidly growing industrial sector. Garut Regency is one of the regions famous for its leather tanning industry. In addition, the leather tanning industry produces large amounts of wastewater containing chemicals, one of which is chromium. This study aims to analyze the effectiveness of water lettuce, kiambang, and water hyacinth in reducing chromium levels in later tanning wastewater. The samples were taken from the sedimentation pond of a leather tanning industry in Sukaregang, Garut, with a concentration of 40% and phytoremediation was carried out for 7 days using water lettuce, kiambang, and water hyacinth, each weighing 300 grams with 6 replications. This study employed an experimental method with a *pre and post test* design. The independent variable was the type of plant, while the dependent variable was the chromium concentration. Data were collected by measuring chromium levels before and after treatment using the *Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*. The *kruskal-wallis* test showed that there was a significant difference in chromium levels before and after phytoremediation using water lettuce, kiambang, and water hyacinth ($p \leq 0,05$). The *post hoc Dunn* test further indicated significant differences in chromium reduction between the control group and water lettuce, the control group and water hyacinth, as well as between water lettuce and kiambang ($p \leq 0,05$).

Keywords: phytoremediation, chromium, aquatic plants, leather tanning waste

PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu sektor yang menghasilkan limbah cair dengan debit yang tinggi dan mengandung logam berat, terutama kromium. Kabupaten Garut menjadi daerah yang terkenal dengan industri penyamakan kulit khususnya daerah Sukaregang. Menurut Nurfaiziya *et al.*, 2023 Sukaregang berada di kawasan padat penduduk dan dilintasi oleh Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciwalen serta DAS Cigulampeng yang mana sudah tercemar limbah cair penyamakan kulit ditandai dengan warna air yang hitam dan berbau busuk. Selain itu, pencemaran sungai di dekat kawasan industri berdampak terhadap kualitas air sumur masyarakat ditandai dengan bau pada air sumur. Di sisi lain, sejumlah 99% pengusaha penyamakan kulit tidak memiliki teknologi pengolahan limbah cair, padat, maupun gas (Fachria *et al.*, 2020). Sehingga membuang limbahnya secara langsung ke badan sungai tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Menurut Senania dan Noviyanti (2022) kulit yang disamak hanya mampu menyerap logam kromium sekitar 60-70% dan sisanya terbuang. Kandungan kromium yang tinggi dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia (Pratiwi, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan limbah yang lebih sederhana, terjangkau, dan ramah lingkungan.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi pemulihan lingkungan yang memanfaatkan tanaman untuk menghilangkan polutan dari limbah cair industri atau rumah tangga (Buta *et al.*, 2023). Tanaman air sering digunakan sebagai fitoremediator yang dapat mengonsentrasikan logam dalam biomasnya dengan tingkat penyerapan yang tinggi dan memiliki beberapa mekanisme untuk mengikat logam berat dalam air (Halimah *et al.*, 2024). Beberapa jenis tumbuhan air seperti kangkung air (*Ipomeas p.*), eceng gondok (*Echhornia crassipes*), kayu apu (*Pistia stratiotes*), kiambang (*Salvinia molesta*), mata lele (*Lemnaminor*), ekor kucing (*Typha latifolia*), dan purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator (Paulina dan Faradika, 2024). Pada penelitian ini tanaman yang digunakan adalah kayu apu, kiambang, dan eceng gondok.

Penelitian yang dilakukan oleh Setiyono dan Gustaman (2017) melaporkan bahwa ketiga tanaman tersebut mampu menyerap kadar kromium pada limbah batik, sedangkan penelitian Safarrida *et al.*, (2015) menemukan variasi laju penyerapan antar jenis tanaman. Masing-masing tanaman memiliki mekanisme khusus dalam menyerap logam berat. Eceng gondok diketahui mampu membentuk rumpun akar untuk mengikat polutan (Maryoto, 2019), kayu apu menyerap logam berat melalui akar dengan bantuan senyawa khelat seperti fitokelatin (Khasanah *et al.*, 2020). Kiambang dapat berkembang biak dengan cepat pada berbagai kondisi lingkungan (Ramadhani dan Juswardi, 2022).

Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa kayu apu, kiambang, dan eceng gondok mampu menurunkan kadar kromium dengan efektivitas berturut-turut sebesar 50,2%;32,1%; dan 36,3%. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji lebih lanjut kemampuan ketiga tanaman tersebut dalam menurunkan kadar kromium pada limbah cair penyamakan kulit

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan rancangan eksperimental *pre and post test* (Setiyono dan Gustaman, 2017) menggunakan kayu apu, kiambang, dan eceng gondok dengan berat masing-masing 300 gr (Resti Billah *et al.*, 2021) dan konsentrasi limbah sebesar 40%. pengenceran limbah cair dilakukan untuk mencegah fitotoksitas pada tanaman sebelum proses fitoremediasi dimulai. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Federer (Gaspersz dan Fitrihidajati, 2022) didapat jumlah pengulangan sebanyak 6 pengulangan untuk setiap jenis kelompok perlakuan sehingga jumlah sampel sebanyak 24 sampel. Analisis data

dilakukan menggunakan uji *Kruskal- Wallis* dan dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Dunn Bonferroni*.

Hasil dan Pembahasan

Sampel limbah cair diambil dari kolam pengendapan salah satu industri penyamakan kulit di Sukaregang, Garut, kemudian diuji di Laboratorium Lingkungan Hidup Jawa Barat untuk mengetahui kadar awal kromium pada limbah cair baik sebelum dan sesudah pengenceran. Pada penelitian ini, hasil pengukuran awal pada sampel limbah setelah pengenceran yang akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil setelah proses fitoremediasi.

Pengukuran pH dilakukan pada limbah cair penyamakan kulit sebelum dan setelah fitoremediasi serta pada kelompok kontrol. Adapun hasil dari pengukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu, Kiambang, dan Eceng Gondok terhadap pH

Kadar Awal	Replikasi	kontrol	Kayu Apu	<i>Post test</i>		Baku Mutu
				Kiambang	Eceng Gondok	
5,88	1	5,92	6,64	6,02	6,21	6-9
	2	5,89	6,54	5,97*	6,19	
	3	5,89	6,39	5,96*	6,12	
	4	5,94	6,52	6,05	6,11	
	5	5,99	6,38	6,02	6,26	
	6	5,90	6,52	5,99*	6,11	
	Rata-rata	5,92	6,50	6,00	6,16	

Keterangan: (*) menunjukkan pH yang belum memenuhi baku mutu

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa pH awal sebesar 5,88 pada kelompok kontrol nilai pH yaitu 5,92 dan yang telah melalui proses fitoremediasi menggunakan kayu apu dengan rata-rata 6,50; pH setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan kiambang dengan rata-rata 6,00; dan pH setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan eceng gondok dengan rata-rata 6,16. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh kelompok tanaman mampu meningkatkan pH limbah cair penyamakan kulit, meskipun tidak semua ulangan mencapai baku mutu. Tanaman kayu apu memiliki kemampuan tertinggi dalam meningkatkan pH dan kiambang menjadi kelompok terendah dalam meningkatkan pH.

Selain pH, suhu limbah pada penelitian ini juga diukur. Pengukuran suhu dilakukan secara *in situ* di kolam penampungan limbah. Didapat bahwa suhu limbah tanpa pengenceran adalah 28,9°C. Tabel 2 dibawah menunjukkan bahwa setelah proses fitoremediasi selama 7 hari suhu rata-rata pada masing-masing kelompok berada pada suhu 23 °C. Suhu pada seluruh perlakuan dan pengulangan mengalami penurunan sekitar 0,1-0,4 °C. Di samping itu, suhu sebelum dan sesudah fitoremediasi cenderung stabil karena selama penelitian berlangsung cuaca cerah dan tidak terjadi hujan.

Tabel 2 Hasil Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu, Kiambang, dan Eceng Gondok terhadap Suhu

Suhu Awal	Replikasi	kontrol	Post test		
			Kayu Apu	Kiambang	Eceng Gondok
23,6	1	23,2	23,1	22,9	23,1
	2	23,3	23,0	23,1	23,0
	3	23,3	23,0	23,0	23,0
	4	23,5	23,1	23,3	23,2
	5	23,4	23,0	23,1	23,1
	6	23,3	23,0	23,1	23,0
	Rata-rata	23,33	23,03	23,08	23,06

Limbah penyamakan kulit sebelum pengenceran mengandung 13,610 mg/L kromium lalu pada limbah setelah pengenceran kromium yang terkandung adalah sebanyak 5,078 mg/L. Kandungan kromium pada kedua sampel tersebut masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 0,6 mg/L berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 21 tahun 2018. Hasil pengukuran kromium sebelum dan sesudah fitoremediasi dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3 Hasil Penyerapan Kromium Sebelum dan Sesudah Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu, Kiambang, dan Eceng Gondok

Kadar Kromium (mg/L)						
Kadar awal	Replikasi	Kontrol	Post test			Baku Mutu
			Kayu Apu	Kiambang	Eceng Gondok	
5,078	1	4,7514	1,3249	3,0300	2,3410	0,6
	2	4,7606	1,3949	2,9980	2,4672	
	3	4,8182	1,3575	3,0220	2,3550	
	4	4,9082	1,2981	2,9524	2,3487	
	5	4,8050	1,3440	3,0071	2,3783	
	6	4,8202	1,3782	3,0475	2,4140	
	Rata-rata	4,8106	1,3496	3,0095	2,4257	
Efektivitas (%)	5,59%	73,42%	40,73%	53,04%		

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketiga tanaman tersebut mampu menurunkan kromium dengan kemampuan yang berbeda-beda meskipun belum mencapai baku mutu yang ditetapkan. Tanaman kayu apu menjadi tanaman yang memiliki kemampuan tertinggi dalam menurunkan kromium diikuti oleh tanaman eceng gondok dan tanaman kiambang menjadi kelompok terendah yang mampu menurunkan kadar kromium.

Hasil uji statistikkruskall wallis menunjukkan pvalue 0,000 yang berarti ada perbedaan kromium sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu, kiambang, dan eceng gondok. Selanjutnya dilakukan uji posthoc dengan hasil pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Uji *Post Hoc* Dunn

Kadar	Tanaman	Tanaman	P-value
Kromium	Kontrol	Kayu apu	0,000*
		Kiambang	0,850
		Eceng gondok	0,020*
	Kayu apu	Kiambang	0,020*
		Eceng gondok	0,850
		Kiambang	Eceng gondok

Keterangan: (*) menunjukkan kelompok penurunan kadar limbah berbeda signifikan

Berdasarkan hasil uji *post hoc* pada tabel 4.9 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan penurunan kadar kromium antara kelompok kontrol dengan tanaman kayu apu, dan kelompok kontrol dengan eceng gondok serta kelompok kayu apu dengan kiambang dengan $p \leq 0,05$. Sementara itu, tidak terdapat perbedaan antara kelompok kontrol dengan kelompok kiambang, kayu apu dengan eceng gondok, serta kiambang dengan eceng gondok karena masing-masing memiliki nilai $p > 0,05$.

Pada penelitian ini kayu apu menunjukkan perubahan fisiologis lebih cepat dibanding tanaman lain ditandai dengan daun yang mengeriting dan layu. Hal tersebut menandakan bahwa tanaman mengalami penurunan metabolisme akibat hiperakumulasi logam (Resti Billah et al., 2021). Tanaman ini memiliki akar panjang yang efektif menyerap dan mengikat ion logam melalui jaringan tanaman serta mampu tumbuh dengan mudah dan berpotensi dalam fitoremediasi (Buta et al., 2023). Mekanisme penurunan kromium oleh kayu apu terjadi melalui biorpsi pada dinding sel akar, dengan akumulasi terbesar di akar dan sebagian ditranslokasikan ke batang dan daun untuk mengurangi toksisitas (Haeril et al., 2024).

Menurut Damayanti et al., (2023) kiambang berpotensi sebagai fitoremediator pada perairan tercemar logam berat. Penyerapan kromium dimulai dengan adsorpsi pada permukaan akar, kemudian ion kromium terserap ke jaringan tanaman. Ion kromium hexavalen direduksi menjadi kromium trivalen melalui aktivitas enzimatis sehingga toksisitasnya berkurang. Selanjutnya kromium dikompleksasi dengan senyawa organik dan diakumulasi dalam vakuola atau jaringan lain. Mekanisme detoksifikasi ini membuat kiambang tetap toleran terhadap logam berat, dengan sebagian besar kromium terperangkap dalam jaringan meski sebagian kecil dilepaskan kembali ke lingkungan (Pritha Wardhani, 2024).

Mekanisme fitoremediasi oleh eceng gondok berlangsung melalui rhizofiltrasi dan fitoekstraksi (Putri et al., 2018). Akar halus menjadi tempat tumbuh mikroorganisme yang berperan dalam menguraikan polutan, sementara oksigen yang dilepaskan ke perairan mempercepat dekomposisi oleh mikroba. Mikroba rhizosfera membantu menguraikan bahan organik maupun anorganik yang kemudian diserap tanaman. Logam berat diakumulasi terutama di bagian akar dan sebagian di vakuola sebagai bentuk toleransi serta detoksifikasi, karena vakuola berfungsi sebagai tempat yang aman jauh dari proses metabolisme (Hapsari et al., 2020). Penyerapan kromium oleh eceng gondok juga didukung oleh perubahan struktur sel saat vakuola menggelembung yang memudahkan pertukaran ion dengan protoplasma (Puspitasari, 2018).

Selain pengaruh fisiologi dan morfologi tanaman, keberhasilan fitoremediasi dipengaruhi oleh lama kontak, banyak tanaman fitoremediator, dan kadar awal logam berat juga menentukan kapasitas serapan logam berat oleh tanaman (Haeril et al., 2024; Khasanah et al., 2020; Rizvi et al., 2024).

Kesimpulan

Fitoremediasi menggunakan kayu apu, kiambang, dan eceng gondok berpengaruh

nyata dalam menurunkan kadar kromium pada limbah cair penyamakan kulit. Kayu apu memiliki efektivitas tertinggi, diikuti oleh eceng gondok dan kiambang.

Daftar Pustaka

- Buta, E., Bors, L., Omotă, M., Trif, E. B., Bunea, C. I., Bora, F. D., & Rózsa, S. (2023). Lemna minor , dan Pistia stratiotes di Dua Fasilitas Pengolahan di Kabupaten Cluj , Rumania.
- Damayanti, A., Khasanah, N., Kholifah, S. N., & ... (2023). Efektivitas Tanaman Salvinia Molesta Sebagai Agen Fitoremediasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 1*, 74–78.
- Fachria, R., Ramdan, H., & Aryantha, I. (2020). Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 379–388.
- Gaspersz, M. M., & Fitrihidajati, H. (2022). Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *LenteraBio, 11*(3), 503–513.
- Haeril, H., Sawali, F. D. I., & Afandy, M. A. (2024). Phytoremediation of Cr(VI) from Aqueous Solution by Pistia stratiotes L.: Efficiency and Kinetic Models. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan, 8*(1), 25–35.
- Halimah, N., Idris, M., Biologi, P., & Utara, S. (2024). Kapabilitas Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Tekstil. 5, 1288–1296.
- Hapsari, D. P., Yunus, A., & Sunarto, S. (2020). Pengaruh Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Peningkatan Kualitas Air Sumur Kecamatan Grogol Sukoharjo. *Ekosains, 12*(1), 38–51.
- Khasanah, M., Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R. S. (2020). Analisis Perbedaan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) sebagai Fitoremediasi Merkuri (Hg) pada Air. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan, 9*(3), 105–110.
- Buta, E., Bors, L., Omotă, M., Trif, E. B., Bunea, C. I., Bora, F. D., & Rózsa, S. (2023). Lemna minor , dan Pistia stratiotes di Dua Fasilitas Pengolahan di Kabupaten Cluj , Rumania.
- Damayanti, A., Khasanah, N., Kholifah, S. N., & ... (2023). Efektivitas Tanaman Salvinia Molesta Sebagai Agen Fitoremediasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 1*, 74–78.
- Fachria, R., Ramdan, H., & Aryantha, I. (2020). Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 379–388.
- Gaspersz, M. M., & Fitrihidajati, H. (2022). Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *LenteraBio, 11*(3), 503–513.
- Haeril, H., Sawali, F. D. I., & Afandy, M. A. (2024). Phytoremediation of Cr(VI) from Aqueous Solution by Pistia stratiotes L.: Efficiency and Kinetic Models. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan, 8*(1), 25–35.
- Halimah, N., Idris, M., Biologi, P., & Utara, S. (2024). Kapabilitas Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Tekstil. 5, 1288–1296.
- Hapsari, D. P., Yunus, A., & Sunarto, S. (2020). Pengaruh Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Peningkatan Kualitas Air Sumur Kecamatan Grogol Sukoharjo. *Ekosains, 12*(1), 38–51.
- Khasanah, M., Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R. S. (2020). Analisis Perbedaan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) sebagai Fitoremediasi Merkuri (Hg) pada Air. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan, 9*(3), 105–110.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 1 (2018).
- Maryoto, A. (2019). Mengenal Ragam Tumbuhan Air (H. Hardinah (ed.)). ALPRIN.
- Nurfaiziya, S., Ningrum, S., Munajat, M. D. E., & Nurasa, H. (2023). Evaluating the Impact of Environmental Management Policies on Communities in the Leather Tannery Industrial Area of Garut Regency. *Society*, 11(1), 106–121.
- Paulina, M., & Faradika, M. (2024). Fitoremediasi Dengan Berbagai Jenis Tumbuhan : Review. 4(1).
- Pratiwi, S. S. D. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Research and Education Chemistry*, 3(2), 122.
- Pritha Wardhani, L. (2024). Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Dengan *Salvinia Molesta* Dalam Menurunkan Kadar Cr (Vi) Pada Tannery Wastewater. *Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Vi*.
- Puspitasari, I. (2018). Penurunan Kadar Kromium Total (Cr) pada Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Kombinasi Adsorpsi Metode Kolom dan Fitoremediasi Removal of Total Chromium (Cr) in Tannery Wastewater Using Combination System of Buta, E., Bors, L., Omotă, M., Trif, E. B., Bunea, C. I., Bora, F. D., & Rózsa, S. (2023). Lemna minor , dan Pistia stratiotes di Dua Fasilitas Pengolahan di Kabupaten Cluj , Rumania.
- Damayanti, A., Khasanah, N., Kholifah, S. N., & ... (2023). Efektivitas Tanaman *Salvinia Molesta* Sebagai Agen Fitoremediasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1, 74–78.
- Fachria, R., Ramdan, H., & Aryantha, I. (2020). Efektivitas pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit Sukaregang Garut dengan adsorben karbon aktif dan ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 379–388.
- Gaspersz, M. M., & Fitrihidajati, H. (2022). Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *LenteraBio*, 11(3), 503–513.
- Haeril, H., Sawali, F. D. I., & Afandy, M. A. (2024). Phytoremediation of Cr(VI) from Aqueous Solution by *Pistia stratiotes* L.: Efficiency and Kinetic Models. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 8(1), 25–35.
- Halimah, N., Idris, M., Biologi, P., & Utara, S. (2024). Kapabilitas Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Tekstil. 5, 1288– 1296.
- Hapsari, D. P., Yunus, A., & Sunarto, S. (2020). Pengaruh Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Peningkatan Kualitas Air Sumur Kecamatan Grogol Sukoharjo. *Ekosains*, 12(1), 38–51.
- Khasanah, M., Moelyaningrum, A. D., & Pujiati, R. S. (2020). Analisis Perbedaan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Fitoremediasi Merkuri (Hg) pada Air. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(3), 105–110.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 1 (2018).
- Maryoto, A. (2019). Mengenal Ragam Tumbuhan Air (H. Hardinah (ed.)). ALPRIN.
- Nurfaiziya, S., Ningrum, S., Munajat, M. D. E., & Nurasa, H. (2023). Evaluating the Impact of Environmental Management Policies on Communities in the Leather Tannery Industrial Area of Garut Regency. *Society*, 11(1), 106–121.
- Paulina, M., & Faradika, M. (2024). Fitoremediasi Dengan Berbagai Jenis Tumbuhan : Review. 4(1).
- Pratiwi, S. S. D. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Research and Education Chemistry*, 3(2), 122.
- Pritha Wardhani, L. (2024). Analisis Efektivitas Metode Fitotreatment Dengan *Salvinia Molesta* Dalam Menurunkan Kadar Cr (Vi) Pada Tannery Wastewater. *Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam*

Indonesia Yogyakarta, Vi.

- Puspitasari, I. (2018). Penurunan Kadar Kromium Total (Cr) pada Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Kombinasi Adsorpsi Metode Kolom dan Fitoremediasi Removal of Total Chromium (Cr) in Tannery Wastewater Using Combination System of Column Method Adsorption and Phytorem. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1–12.
- Putri, Y. D., Holik, H. A., Musfiroh, I., & Aryanti, A. D. (2018). Pemanfaatan Tanaman Eceng- Ecengan (Ponteridaceae) sebagai Agen Fitoremediasi dalam Pengolahan Limbah Krom. *Ijgst*, 1(1), 20–25.
- Ramadhani, N. S., & Juswardi. (2022). Efektivitas Kombinasi Vegetasi *Salvinia molesta* Mitchell Dan *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms dalam Fitoremediasi Logam Berat PB Limbah Cair Kain Jumputan. *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek (SNPBS)*, 1(2018), 354–361.
- Resti Billah, A., Dewi M, A., & Trirahayu N, P. (2021). Phythoremediasi Chromium Total (Cr-T) menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) pada limbah cair batik. *Jurnal Biologi Udayana*, 24(1), 47–54.
- Safarrida, A., . N., & Widada, J. (2015). Fitoremediasi Kandungan Kromium Pada Limbah Cair Menggunakan Tanaman Air. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi)*, 2(2), 55.
- Senania, A., & Noviyanti. (2022). Analisis Parameter Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Sukaregang Garut. 10(1), 1–9.
- Setiyono, A., & Gustaman, R. A. (2017). Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat Di Limbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal of Public Health*, 63), 155.