



Artikel Review: Potensi Tanaman dalam Bioremediasi Perairan Tercemar Limbah Industri dan Domestik

Dhea Nur Khasanah & Ade Tiyan Handayani

Abstract: *The Cakung-Cilincing watershed is known to be polluted by liquid industrial and domestic waste, so a solution is needed to overcome this. The purpose of this study was to determine the role of plants as bioremediation agents in dealing with water pollution. The analysis was carried out after direct observation on March 25, 2022. A total of 11 journal titles were analyzed. The results of a systematic review showed that kiambang (*Salvinia molesta*), kangkung (*Ipomoea crassicaulis*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), semanggi (*Marsilea crenata*), bambu air (*Equisetum hyemale*), dan *Azolla pinata* have sufficient ability to act as phytoremediator agents. Some of the phytoremediation systems that can be used are batch, continuous, wetland, and biofilter systems. Each of these methods has advantages, disadvantages, and decreases in effectiveness.*

Kata Kunci: *Bioremediation; fitoremediasi; domestic waste; industrial waste.*

Author Institution(s)

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Indonesia

Riwayat artikel

Submitted: 25-01-2025; Accepted: 27-11-2025

Reviewed: 13-04-2025; Published: 01-12-2025

*Corresponding Author

Dhea Nur Khasanah

dheanurkhasanah96@gmail.com

(Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel)

(Jalan Ir. H. Soekarno, Gunung Anyar, Surabaya, Indonesia, 60294)

DOI: 10.30595/agritech.v27i2.25747

Agritech: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian

Published by

Fakultas Pertanian dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Purwokerto (Gedung J, Lt.3, Kampus 1, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Dusun III, Dukuhwaluh, Kec. Kembaran, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53182, Telp. (0281) 636751)

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cakung merupakan wilayah dengan luas 134,03 km² dengan panjang hingga 39,59 km. DAS Cakung berbatasan langsung dengan beberapa wilayah di Jakarta, Kecamatan Cilincing di bagian timur, Kecamatan Pulo Gadung di bagian barat, dan Kecamatan Duren Sawit di bagian selatan. Sungai Cakung dan Sungai Cilincing masih berkaitan satu sama lain. Aliran sungai Cakung bermuara pada sungai atau perairan Cilincing yang melintasi wilayah Jakarta dan berbatasan dengan Laut Jawa (Harsanto et al., 2014).

Wilayah Cilincing memiliki aktivitas industri yang cukup tinggi, salah satunya Kawasan Berikat Nusantara, selain itu juga menjadi tempat penjualan atau

pelelangan ikan (PTPIN, 2014; Simbolon, 2018). Perairan Cilincing dialiri oleh sebuah sungai yaitu Sungai Cakung, Sungai Cakung memiliki peranan besar dalam menyumbang pasokan nutrisi di Perairan Cilincing. Gubernur DKI Jakarta menerbitkan Surat Keputusan No. 582 Tahun 1995 mengenai standar mutu air sungai dan badan air, serta kualitas limbah cair di DKI Jakarta, yang mengelompokkan Sungai Cakung dalam golongan D untuk penggunaan pertanian dan kegiatan perkotaan. Kualitas air di badan sungai dan muaranya umumnya buruk akibat banyaknya limbah yang masuk ke dalam aliran sungai seperti limbah industri, limbah domestik, ataupun dari aktivitas antropogenik lainnya. Bahan pencemar tersebut dapat berupa logam berat atau PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) yang tergolong polutan organik, yang mana dalam konsentrasi tinggi akan menjadi kontaminan dan mencemari lingkungan oleh sifatnya yang toksik dan memiliki potensi bioakumulasi (Makmur et al., 2012; Simbolon, 2018; Edward et al., 2021).

Permasalahan pencemaran air dapat berdampak pada biota yang hidup di dalamnya, serta dapat menyebabkan masalah lain bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu diperlukan solusi, salah satunya menggunakan metode fitoremediasi untuk meminimalisir polutan. Fitoremediasi adalah teknik bioremediasi in-situ berbasis tanaman yang dilakukan untuk menghilangkan atau memulihkan kelebihan nutrisi di lingkungan terkontaminasi. Metode baru ini dinilai sebagai teknologi yang operasional, efisien, dan ramah lingkungan (Mohebi dan Nazari, 2021). Dibandingkan remediasi secara fisik dan kimia yang memiliki kelemahan-kelemahan, seperti biaya yang tinggi, struktur yang mudah rusak, kesuburan tanah

yang berkurang, risiko pencemaran sekunder serta ada batasan-batasan tertentu dalam upaya mempromosikannya secara luas (Yang et al., 2020). Sebaliknya, fitoremediasi memiliki banyak keunggulan, seperti bisa digunakan di berbagai area, biaya yang lebih murah, cara kerjanya cukup sederhana, efek perbaikan yang bertahan lama, jenis tanaman yang dipakai mudah dikontrol, dan tidak menghasilkan polusi tambahan, sehingga memiliki kemungkinan besar untuk mengatasi pencemaran (Leka et al., 2024; Putri dan Putro, 2025).

Pada jurnal ini akan meninjau beberapa literatur terbaru untuk menjelaskan beberapa tanaman yang berpotensi menjadi agen bioremediasi dalam mengatasi pencemaran air, sehingga diharapkan metode tersebut juga dapat dipelajari dan diterapkan untuk meminimalisir atau bahkan menghilangkan berbagai polutan di air, terutama logam berat pada pencemaran sungai Cakung-Cilincing.

Metode

Jenis penelitian merupakan sistematik review yang dilakukan setelah melakukan observasi secara langsung pada wilayah DAS Cakung-Cilincing yang mengalami pencemaran akibat limbah industri dan rumah tangga. Pengamatan tersebut dilakukan pada 25 Maret 2022. Referensi yang digunakan sebagai data diperoleh melalui kajian literatur dari google scholar. Pencarian literatur menggunakan kata kunci bioremediasi, fitoremediasi, limbah cair, perairan Jakarta, logam berat. Hasil pencarian literatur dibatasi pada periode 10 tahun terakhir mulai tahun 2015-2025. Jumlah referensi terpilih untuk dianalisis sebanyak 15 judul, terdiri dari 9 jurnal nasional dan 6 jurnal internasional.

Hasil dan Pembahasan

Secara visual, Daerah Aliran Sungai Cakung-Cilincing terlihat keruh dan berwarna hijau gelap (Gambar 1. dan 2). Tampak ada beberapa jenis limbah yang mengandung polutan, seperti limbah padat dari rumah tangga (sayuran, botol, kaleng, styrofoam, dan kantong plastik atau kemasan jajanan). Kotoran manusia atau hewan ternak yang menyebabkan bau kurang sedap serta menyebabkan perubahan warna sungai menjadi keruh. Hal tersebut diduga akibat keberadaan organisme di dalamnya yang juga dapat menjadi penyebab penyakit, seperti bakteri *E. coli*, coliform, protozoa, dan cacing parasit. Selain itu, limbah cair seperti detergen dan minyak sisa juga menjadi penyebab pencemaran, terlihat ada busa-busa sabun di permukaan perairan. Ikan-ikan kecil yang biasanya hidup dalam lingkungan tersebut dapat ikut mati karena air sungai semakin tercemar, meskipun begitu logam berat yang terdeteksi di Muara Cilincing masih dalam ambang batas aman sehingga dapat dikatakan pemanfaatan Muara Cilincing sebagai budidaya biota air

masih bisa dilakukan. Akan tetapi menurut Makmur et al. (2012), kandungan bahan organik pada Muara Cilincing terindikasi sudah melewati ambang batas aman yang ditandai dengan munculnya *blooming*. Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi mengakibatkan Perairan Cilincing digolongkan sebagai sungai yang mengalami pencemaran tingkat sedang. Selain itu sedimen dan biota kerang hijau di Perairan Cilincing juga diketahui telah terkontaminasi timbal, sehingga hal tersebut dikhawatirkan dapat mengganggu kesehatan masyarakat pesisir Cilincing. (Simbolon, 2018). Penelitian Edward et al. (2021), menyebutkan bahwa perairan Teluk Jakarta belum mengalami pencemaran dan jika dilihat melalui indeks kriteria pencemaran perairan, Teluk Jakarta masuk dalam kelompok terkontaminasi rendah. Kadar PAH yang terindikasi pada Teluk Jakarta juga tergolong rendah sehingga tidak berdampak buruk bagi biota laut yang hidup di dalamnya. Sedangkan penelitian Nursagita dan Sulistyaning, (2021) menyebutkan bahwa terdapat merkuri (Hg) di sedimen pada pesisir Teluk Jakarta dengan konsentrasi sebesar 0,855 mg/Kg, diketahui juga bahwa pada zona terbuka dan darat memiliki beban pencemar masing-masing sebesar 6540,75 mg kemudian pada zona tengah dan payau beban pencemar masing-masing sebesar 26163 mg.

Kotoran manusia (tinja) yang mengandung bakteri *E. coli* juga ditemukan banyak mencemari sungai-sungai di Jakarta. Selain itu limbah yang berasal dari industri juga turut mencemari beberapa sungai di Jakarta seperti Sungai Cipinang, Kali Petukangan, Kali Baru Barat, dan Cakung Drain serta Saluran Morkevert. Namun bukan hanya limbah industri yang mencemari sungai tapi terdapat juga limbah domestik rumah tangga, restoran, perkantoran, dan daerah perdagangan. Hingga sekarang tidak berdatang fasilitas pengolahan limbah cair domestik yang cukup baik sehingga limbah-limbah cair dibuang ke saluran-saluran air langsung tanpa adanya proses pengolahan dan akhirnya akan bermuara di perairan Cilincing atau Teluk Jakarta (Simbolon, 2018). Kemampuan mikroorganisme dalam mengurai senyawa-senyawa organik dapat dimanfaatkan untuk memulihkan wilayah yang mengalami pencemaran melalui sebuah proses yang disebut bioremediasi (Marsandi, 2016). Teknik bioremediasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu in-situ dan eks-situ. Bioremediasi in-situ biasanya lebih hemat biaya karena prosesnya dilakukan langsung di lokasi pencemaran, sehingga tidak ada kebutuhan untuk memindahkan polutan ke tempat lain. Akan tetapi dalam beberapa kasus diperlukan adanya peningkatan aktivitas mikroba selama remediasi pada lahan tercemar yang mana hal tersebut membutuhkan desain dan instalasi peralatan canggih sehingga akhirnya juga mengeluarkan biaya yang cukup banyak.



Gambar 1. Visualisasi Daerah Aliran Sungai Cakung



Gambar 2. Visualisasi Perairan Cilincing/Teluk Jakarta

Contoh polutan yang dapat dikurangi menggunakan bioremediasi in-situ diantara lain yaitu logam berat, hidrokarbon terklorinasi, dan pewarna. Sedangkan dalam bioremediasi eks-situ proses remediasi dilakukan diluar tempat yang mengalami pencemaran, sehingga pencemar dari daerah yang tercemar akan dipindahkan ke wilayah lain untuk dilakukan proses remediasi. Kelebihan dari teknik ini yaitu prosesnya tidak lama, dapat mudah dikendalikan serta lebih fleksibel dipakai dalam berbagai jenis zat pencemar meskipun begitu teknik ini juga memerlukan ruang operasi yang cukup luas (Melati et al., 2020).

Fitoremediasi dibentuk dari kata 'Phyto' diambil dari bahasa Yunani 'Greek Phyton' yang memiliki arti tumbuhan atau tanaman (plant), dan kata 'Remediation' diambil dari bahasa Latin Remediare (to Remedy) yang artinya memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu (Tajmi, 2015). Fitoremediasi merupakan salah satu jenis bioremediasi dengan tujuan

mengurangi ataupun menghilangkan zat yang dapat mengkontaminasi dari tanah dan air dengan memanfaatkan tanaman (Melati et al., 2020). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan adanya bukti bahwa terdapat jenis-jenis tumbuhan tertentu yang dapat menjadi agen hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator ialah kelompok tanaman yang bagian akar, batang, atau daunnya memiliki kemampuan untuk menyerap zat polutan. Umumnya tanaman hiperakumulator mempunyai karakteristik seperti siklus hidup yang tidak lama, memiliki ketahanan terhadap logam berat, distribusi luas, dan memiliki biomassa tunas yang besar dengan faktor translokasi >1 (Widyasari, 2021). Berikut adalah tabel yang berisi deskripsi umum penelitian yang memanfaatkan tanaman untuk mengatasi pencemaran perairan di DAS Cakung-Cilincing, tabel berikut diperoleh dengan menganalisis jurnal referensi.

Tabel 1. Potensi Tanaman Dalam Metode Fitoremediasi Pencemaran Air

Referensi	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
Rahmawati, Afifah, Badrus Zaman, dan Purwono. 2016. Kemampuan Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dalam menyisihkan BOD dan Fosfat pada Limbah Domestik (Grey Water) dengan sistem Fitoremediasi Secara Kontinu. <i>Jurnal Teknik Lingkungan</i> , 5(4): 1-10.	Mengetahui keefektifan eliminasi BOD dan fosfat dan menelaah hubungan luasan tanaman kiambang terhadap penyisihan BOD dan fosfat pada limbah domestik (Grey water).	Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dimanfaatkan untuk mengolah limbah domestik dengan menggunakan sistem kontinu dan variasi luasan penutupan tanaman (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) serta waktu tinggal limbah (3, 6, 9 dan 12 hari).	Tanaman kiambang kurang mampu meremoval BOD dan Fosfat. Hasil penelitian menunjukkan BOD hanya berkurang sebesar 86,35% dan Fosfat sebesar 71,71%. Sehingga diambil kesimpulan bahwa luas penutupan kiambang terhadap eliminasi BOD dan fosfat ialah terdapat pengaruh yang sedang dan tidak signifikan.
Pribadi, Reny Norma, Badrus Zaman, dan Purwono. 2016. Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	Melihat keunggulan kiambang dan menjabarkan efek luas penutupan daerah	Tanaman yang digunakan adalah kiambang (<i>Salvinia molesta</i>). Kiambang dimanfaatkan untuk mengolah limbah domestik dengan menggunakan sistem kontinu dan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%	Tanaman kiambang mampu menghilangkan 79% COD (27,7 mg/l) 97% amonia (0,02 mg/l) 17% nitrit (5,96 mg/NO ₂ -), dan 34%

- Terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, dan Nitrat pada Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Kontinu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5 (4): 1-10.
- Netti Herlina, Annisa Khairani, and Safrina shiddiq. 2020. Study of Anaerobic Biofilter Tofu Wastewater Treatment with Bioball Media and Phytoremediation By Kiambang (*Salvinia molesta*). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*: 1-10.
- Sweta Kumari, Baidyanath Kumar, and Rimjihim Sheel. 2017. Biological Control of Heavy Metal Pollutants in Water by *Salvinia molesta*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (4): 2838-2843.
- Muhammad Rijal, Moh. Amin, Fatchur Rohman, Endang Suarsini, Nur Alim Natsir, Subhan. 2018. The effectiveness *Pistia stratiotes*, *Limncharis flava*, and *Hydrilla verticellata* to increase the Quality of Polluted Water by Waste Detergents. *International Journal of TechnoChem Research*, 4 (1): 40-43.
- Indri Oktoviana, Tengku Abu Hanifah, dan Ganis Fia Kartika. 2015. Potensi Tanaman Genjer (*Limncharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II). *JOM FMIPA*, 2 (2), 1-7.
- tanam pada sistem kontinu dalam mengeliminasi COD, Ammonia, Nitrit dan Nitrat, pada limbah cair domestik (*Grey water*).
- Melihat efek waktu tinggal dan massa tanaman terhadap efektivitas pengurangan nilai COD dan TSS dalam limbah cair industri tahu.
- Mengevaluasi kemampuan *Salvinia molesta* untuk mengakumulasi logam berat Timbal dan Merkuri di Bihar (India).
- Melihat kemampuan dari penggunaan tanaman *P. stratiotes*, *L. flava*, dan *H. verticellata* guna memperbaiki kualitas air yang mengalami pencemaran di sungai Kahena Ambon karena limbah detergen.
- Melihat kegunaan tanaman genjer sebagai agen fitoremediator untuk mengurangi timbal (II).
- untuk luasan penutupan tanaman serta 3, 6, 9, dan 12 hari untuk waktu tinggal limbah.
- Reaktor yang digunakan adalah reaktor anaerobik dan media bioball serta reaktor fitoremediasi sistem batch. Langkah awal yang dilakukan yaitu penyediaan guna membiakkan mikroba dari limbah cair tahu lalu dilakukan running pada reaktor anaerobik sampai didapatkan nilai COD menurun sebesar 60%-70%. Saat nilai COD sudah menurun sampai 66,66% di hari ke-6 limbah tahu bisa tetap dialirkan ke reaktor fitoremediasi. Variasi massa tanaman dan waktu tinggal yang digunakan pada saat running proses fitoremediasi yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari.
- Tanaman *S. molesta* segar dari kontrol dan yang diberi perlakuan konsentrasi garam logam berat (25%, 50%, 75%, dan 100%) diambil dan diletakkan di bawah sinar matahari untuk proses pengeringan dalam waktu 10 hari lalu di oven pada suhu 110°C selama 12 jam. Berat kering sampel dianalisis dengan monobalance. Sampel kering ditimbang dan dilarutkan dalam HNO₃ dan HClO₄ (3:1). Campuran yang dihasilkan diuapkan sampai kering dan diekstraksi dengan air suling, air deionisasi. Larutan dipanaskan sampai mendidih dan disaring. Volume sampel yang diencerkan dibuat masing-masing menjadi 100 mL. Sampel air 1,0 L dipanaskan untuk mengurangi volume, diasamkan, dan dibuat volume total 100 mL. Konsentrasi ion logam dianalisis dengan Spektrometer Serapan Atom.
- Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan eksperimen laboratorium selama 2 bulan, meliputi pengamatan dan pemutakhiran awal tentang aktivitas pencemaran yang ditimbulkan pada air dan tumbuhan (*P. stratiotes*, *L. flava*, dan *H. verticellata*) pada ruas-ruas sungai yang ditunjuk. Setiap ruas sepanjang 300meter diberi tanaman di tepi sungai. Penilaian meliputi suhu, pH, COD, BOD, dan DO.
- Reaktor yang digunakan yaitu 1 reaktor kontrol dan 1 reaktor perlakuan dengan 100 batang tanaman. Konsentrasi Pb yang digunakan yaitu 25 ppm. Sampel dianalisis di hari ke 3, 6 dan 12. Analisis timbal menggunakan spektrofotometer serapan atom.
- nitrat (12,6 mg/NO₃). Luasan penutupan kiambang mempengaruhi nilai COD dan amoniak tetapi nilai nitrit dan nitrat tidak terpengaruh.
- Variasi waktu tinggal mempengaruhi tingkat pengurangan COD dan TSS pada limbah cair tahu, dan yang paling baik adalah 6 hari untuk semua variasi massa tanaman, karena di hari ke-7 tanaman terlihat layu bahkan mengalami kematian. Massa tanaman terbaik dalam mengurangi nilai COD yaitu 250gram dengan efektivitas pengurangan hingga 59,61%. Lalu untuk kandungan TSS kiambang yang paling baik digunakan adalah 50gram dengan efisiensi penyisihan 89,41%.
- Salvinia molesta* mampu menghilangkan Timbal dan Merkuri dari air yang tercemar dengan persentase penurunan konsentrasi yang sangat bervariasi. Di beberapa titik dalam percobaan yang melibatkan konsentrasi campuran besi dan kromium, ada preferensi pada akumulasi logam oleh *Salvinia molesta*. Timbal pada awalnya lebih terakumulasi oleh *Salvinia molesta* (hingga 85%). Ketika konsentrasi kontaminan meningkat, pada konsentrasi tinggi, Merkuri tercatat telah terakumulasi lebih banyak di *Salvinia molesta* (hingga 74%).
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa *P. stratiotes* memiliki kemampuan paling efektif dalam meningkatkan kualitas air dengan penurunan kadar BOD 52,22% dan COD 64%, kemudian *L. flava* dengan penurunan kadar BOD 40,05% dan COD 48%, lalu *H. verticellata* yang memiliki pengurangan nilai BOD 28,93% dan COD 32%. *P. stratiotes* memberikan hasil paling baik karena mempunyai tipe perakaran serabut dengan jarak antar akar yang berdekatan sehingga kemampuan meregang yang dihasilkan semakin kokoh jika dibandingkan dengan *L. flava* dan *H. verticellata*.
- Konsentrasi timbal berturut-turut pada hari ke 3; 6 dan 12 hari yaitu 0,333 mg/L; 0,156 mg/L dan 0,010 mg/L. Hasil akumulasi nilai Pb pada tanaman genjer tercatat di hari ke 0; 3; 6 dan 12 hari yaitu 20,45; 364,98; 521,64 dan 309,01 mg/Kg. Tanaman genjer memiliki kemampuan dalam mengakumulasi ion Pb sehingga dianggap mampu menjadi tanaman fitoremediator.

- Saputro, S., Mahardiani, L., dan DA Wulandari. 2018. Combination of Sawdust from Teak Wood and Rice Husk Activated Carbon as Adsorbent of Pb (II) ion and Its Analysis Using Solid-Phase Spectrophotometry (SPS). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 567, 1-7.
- Destara Margowati, Sugeng Abdullah. 2016. Efisiensi Fitoremediasi Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Rumah Tangga di desa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016. *Keslingmas*, 35: 316-321.
- N.G.A.M Dwi Adhi Suastuti, I Wayan Suarsa, dan Dwi Kurnia Putra R. 2015. Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkung (*Ipomoea crassicaulis*) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*, 9 (1): 98-104.
- Iin Inayatun Nadhifah, Putri Fajarwati, dan Eka Sulistiyowati. 2019. Fitoremediasi dengan Wetland System Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Genjer (*Limnocharis flava*), dan Semanggi (*Marsilea crenata*) Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Al-Kaunyah*, 12(1): 38-45.
- A. Magfihira, P. Kinasih, D. Salsabila, E. Marchella, dan M.F. Fachrul. 2021. Domestic Wastewater Treatment with Household-Scale Constructed Wetland System Using Water Fern Plant (*Azolla pinnata*). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 894, 1-8.
- Hidayati, N. V., Nurfarida, N., Siregar, A. S., & Syakti, A. D. 2022. Biosorpsi Kadmium pada
- Mengetahui efek karbon aktif yang terbuat dari campuran serbuk gergaji kayu jati tidak terpakai dan sekam padi guna menurunkan kadar timbal pada sistem batch dan adanya perbedaan campuran massa karbon aktif.
- Melihat efektifitas tanaman bambu air (*Equisetum hyemale*) sebagai agen fitoremediasi dalam mengurangi nilai BOD dan COD pada limbah rumah tangga di desa Kracak kecamatan Ajibarang kabupaten Banyumas.
- Mengolah larutan deterjen menggunakan sistem batch (curah) teraerasi dengan tujuan guna melihat manfaat dari penggunaan biofilter tanaman kangkung (*Ipomoea crassicaulis*)
- Melihat kemampuan dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), dan semanggi (*Marsilea crenata*) dalam proses fitoremediasi menggunakan wetland system untuk memperbaiki kualitas limbah domestik.
- Menganalisis lebih dalam mengenai cara mengelola kualitas perairan salah satunya dalam mengolah air limbah domestik skala rumah tangga.
- Mengetahui penyerapan logam Cd dengan berbagai
- Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Adsorben yang digunakan adalah arang serbuk gergaji yang diaktivasi menggunakan larutan ZnCl₂ 15% dan sekam padi yang diaktivasi menggunakan larutan NaOH₂N. Proses adsorpsi serbuk gergaji dan sekam padi dengan larutan Pb (II) dilakukan dengan variasi kombinasi massa dengan perbandingan 1:0; 0:1; 1:1; 1:2; dan 2:1. Analisis konsentrasi ion Pb (II) menggunakan SPS dan karakterisasi iklan adsorben serbuk gergaji dan sekam padi menggunakan FTIR.
- Air limbah diberi perlakuan menggunakan sistem wetland dengan tanaman bambu air (*Equisetum hyemale*). Perlakuan pada penelitian menggunakan variasi berat (0,5 dan 0,75 kg), lalu dihitung agar didapatkan nilai efektifitas bambu air dalam fitoremediasi limbah rumah tangga.
- Disiapkan wadah dari styrofoam yang terdapat sistem aerasi untuk digunakan sebagai unit pengolahan. Lalu dimasukkan 24 L larutan deterjen yang sudah berisi 5 tanaman kangkung. Untuk kelompok kontrol dibuat unit pengolahan dan jumlah deterjen yang sama tetapi tidak diberi tanaman kangkung. Kemampuan kangkung untuk mengurangi bahan-bahan pencemar yaitu surfaktan dan fosfat dalam waktu 30 hari menjadi fokus yang diamati pada penelitian ini.
- Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengukur pH, BOD, suhu, TDS, dan DO air limbah. Selanjutnya dilakukan aklimatisasi pada tanaman di reaktor yang sudah diisi air dan wetland dengan waktu aklimatisasi yaitu 1 minggu. Terdapat empat perlakuan yaitu P1 sebagai kontrol dengan campuran air limbah dan wetland, P2 dengan campuran air limbah dan wetland dan 1 eceng gondok, P3 dengan campuran air limbah dan wetland dan 1 genjer, P4 dengan campuran air limbah dan wetland dan 1 semanggi. Saat dilakukan retensi 12 hari dilakukan juga 2 kali pengulangan dan variasi pengenceran yang digunakan yaitu 10x dan 100x.
- Metode penelitian yang digunakan adalah konsep blended, kombinasi virtual, online, dan laboratorium/lapangan kegiatan (offline/luar jaringan). Tahap Pendahuluan yakni memperoleh data dari laboratorium tentang ciri kualitas air limbah domestik (*grey water*) dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kampus A Universitas Trisakti dan membandingkannya dengan Keputusan Menteri LHK RI No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Tahap Penelitian yakni memperoleh persentase (%) parameter penyisihan konsentrasi BOD, COD, dan Amoniak air limbah domestik pada Sistem wetland dengan memanfaatkan *Azolla pinnata*. Proses mengalisa dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan mengenai waktu optimal yang dibutuhkan untuk menghapus BOD, COD, dan amoniak.
- Penelitian menggunakan rancangan faktorial. Konsentrasi awal berupa 2,5 mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, 10 mg/L, dan faktor tingkat pertumbuhan
- Perbandingan 2:1 dari campuran serbuk gergaji kayu jati dan sekam padi mampu mengurangi timbal (Pb) sebanyak 87,01% dan memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,86 µg/g.
- Tanaman bambu air dengan berat 0,5 kg mampu mengurangi nilai BOD sebanyak 80,55 % dan COD sebanyak 76,35%. Lalu untuk bobot 0,75 kg dapat mengurangi nilai BOD sebanyak 86,19% dan COD sebanyak 73,69%. Pengurangan COD belum sampai pada efektifitas sebesar 85%. Sehingga diharapkan adanya studi lanjutan yang menggunakan perbedaan debit dan waktu tinggal.
- Pengurangan nilai surfaktan dan fosfat berturut-turut setelah proses selama 30 hari yaitu sebanyak 97,76%; dan 90,77%. Nilai ini lebih tinggi dibanding pada kelompok kontrol untuk parameter yang sama berturut-turut sebanyak 50,79% dan 51,53%.
- Tanaman genjer mampu meningkatkan kadar DO sebanyak 50% dan mengurangi kadar BOD sebesar 78%. Tanaman semanggi mampu menurunkan kadar TDS sebesar 41,4%. Dengan demikian tanaman berpotensi besar dalam membantu pemurnian air.
- System Wetland buatan memiliki efisiensi penyisihan BOD 32,83%, COD 29,72% dan Amoniak 18,01%. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap teknologi tepat guna di bidang bioteknologi lingkungan yaitu pengolahan air limbah dengan sistem sederhana, biaya murah, hemat energi, dan ramah lingkungan, yang dapat menciptakan tingkat kebersihan dan kenyamanan bagi masyarakat serta menjaga kelestarian lingkungan masa depan.
- Hasil menerangkan bahwa *P. stratiotes* dapat menyerap Cd sebesar 1,41 – 4,57 mg/L (58,1 ±

Berbagai Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>). MAIYAH, 1(1), 23-35.	konsentrasi awal oleh <i>P.stratiotes</i> yang berbeda tingkat pertumbuhan.	<i>P.stratiotes</i> yaitu ukuran muda, sedang, dan tua. Analisis Cd memakai instrumen <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i> .	14,2) dan tingkat pertumbuhan terbaik pada <i>P.stratiotes</i> muda dengan konsentrasi 2,5 mg/L
Tambunan, C., Tarigan, B. L., Pasaribu, R. M., Butarbutar, A. K., Rangkyu, M. N. S., & Febriyossa, A. 2024. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Tumbuhan Kiambang (<i>Pistia stratiotes</i>) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan. <i>Jurnal Biogenerasi</i> , 9(2), 1412-1419.	Mengetahui kapabilitas fitoremediasi kiambang (<i>Pistia stratiotes</i>) untuk mengurangi dan memperbaiki air yang tercemar limbah detergen.	Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan massa kiambang yang berbeda yaitu 50 g, 100 g, 150 g pada sampel air limbah detergen.	Nilai pH yang mengalami penurunan terbesar mencapai nilai 7,78 terdapat pada kiambang dengan massa 150 g setelah 7 hari. Oleh karena itu disimpulkan bahwa efektivitas kiambang dalam menurunkan pH dipengaruhi oleh besarnya massa kiambang.
Putri, N. N. A., & Putro, R. K. H. 2025. Efektivitas Bambu Air (<i>Equisetum hyemale</i>) dalam Fitoremediasi untuk Penurunan Kadar COD dan Surfaktan Pada Limbah Laundry. <i>Jurnal Serambi Engineering</i> , 10(1), 12630-12635.	Melihat kemampuan tanaman bambu air untuk mengurangi kadar COD dan surfaktan (MBAS) dalam limbah laundry.	Penelitian ini menggunakan sistem batch dengan jumlah bambu air sebanyak 15 tanaman disertai perbedaan waktu tinggal selama 12, 24, 48, dan 72 jam.	Hasil menunjukkan bahwa waktu tinggal terbaik dalam menurunkan kadar COD dan surfaktan pada limbah laundry yaitu selama 72 jam dengan persentase penurunan COD sebesar 44,64% dan surfaktan sebesar 29,36%.
Febrianti, R. I., Wibowo, P. A., & Marsanti, A. S. 2024. Effectiveness of Apuwood Plants (<i>Pistia stratiotes</i>) Using the Phytoremediation Method in Reducing BOD Levels in Ciprat Langitan Magetan Batik Waste. <i>Jurnal Health Sains</i> , 5(8), 520-534.	Melihat kemampuan tanaman kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>) dalam mengurangi kadar BOD di limbah batik Ciprat Langitan Simbatan Magetan.	Penelitian ini menggunakan rumus federer dalam menentukan jumlah replikasi yaitu sebanyak 6 kali replikasi dengan perlakuan 3, 6, dan 9 hari serta 1 kelompok kontrol.	Kadar dan persentase penurunan BOD setelah diberi perlakuan fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu pada hari ketiga adalah 114 mg/L (9,78%), hari keenam adalah 71 mg/L (45,31%), dan hari kesembilan adalah 53 mg/L (58,20%). Waktu pemaparan kayu apu terbaik dalam menurunkan BOD terdapat pada hari kesembilan.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Kondisi Air Limbah Sebelum dan Sesudah Penelitian

Referensi	Kondisi Sebelum Penelitian	Kondisi Sesudah Penelitian
Rahmawati, Afifah, Badrus Zaman, dan Purwono. 2016. Kemampuan Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) dalam menyisihkan BOD dan Fosfat pada Limbah Domestik (Grey Water) dengan sistem Fitoremediasi Secara Kontinu. <i>Jurnal Teknik Lingkungan</i> , 5(4): 1-10.	Reaktor 1: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 61,74% dan 44,92%. Reaktor 2: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 69,94% dan 50,43%. Reaktor 3: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 71,99% dan 60,28%. Reaktor 4: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 86,35% dan 69,35%. Reaktor 5: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 83,16% dan 71,71%.	Reaktor 1: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 23,68% dan 40,11%. Reaktor 2: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 50,21% dan 50,71%. Reaktor 3: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 34,22% dan 51,10%. Reaktor 4: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 42,11% dan 56,59%. Reaktor 5: Kadar efisiensi BOD dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 47,35% dan 59,94%.
Pribadi, Reny Norma, Badrus Zaman, dan Purwono. 2016. Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>) Terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, dan Nitrat pada Limbah Cair Domestik (Grey Water) dengan Sistem Kontinu. <i>Jurnal Teknik Lingkungan</i> , 5 (4): 1-10.	Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 247 mg/L. Konsentrasi amonia pada air limbah yaitu sebesar 1,154 mg/L. Konsentrasi nitrit pada air limbah yaitu sebesar 10,56 mg/L. Konsentrasi nitrat pada air limbah yaitu sebesar 73,37 mg/L.	Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 24,7 mg/L. Konsentrasi amonia pada air limbah yaitu sebesar 0,02 mg/L. Konsentrasi nitrit pada air limbah yaitu sebesar 5,96 mg/L. Konsentrasi nitrat pada air limbah yaitu sebesar 12,6 mg/L.
Netti Herlina, Annisa Khairani, and Safrina shiddiq. 2020. Study of Anaerobic Biofilter Tofu Wastewater Treatment with Bioball Media and Phytoremediation by Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>). <i>IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering</i> : 1-10.	Konsentrasi COD dan TSS pada air limbah berturut-turut pada kelima reaktor diantaranya yaitu: Reaktor 1: 224,4 mg/L dan 595 mg/L. Reaktor 2: 199,92 mg/L dan 521 mg/L. Reaktor 3: 183,6 mg/L dan 549 mg/L. Reaktor 4: 163,2 mg/L dan 550 mg/L. Reaktor 5: 232,56 mg/L dan 572 mg/L.	Konsentrasi COD dan TSS pada air limbah berturut-turut pada kelima reaktor diantaranya yaitu: Reaktor 1: 107,2 mg/L dan 63 mg/L. Reaktor 2: 100,57 mg/L dan 75 mg/L. Reaktor 3: 97,92 mg/L dan 93 mg/L. Reaktor 4: 93,84 mg/L dan 152 mg/L. Reaktor 5: 93,94 mg/L dan 149 mg/L.
Sweta Kumari, Baidyanath Kumar, and Rimjhim Sheel. 2017. Biological Control of Heavy Metal Pollutants in Water by <i>Salvinia molesta</i> . <i>International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences</i> , 6 (4): 2838-2843.	Tidak dicantumkan dalam jurnal.	Reaktor 1: Konsentrasi Hg dan Pb adalah sama yaitu sebesar 0 ppm. Reaktor 2: Konsentrasi Hg dan Pb adalah sama yaitu sebesar 7675 ppm. Reaktor 3: Konsentrasi Hg dan Pb yaitu sebesar 11765 ppm dan 12545 ppm. Reaktor 4: Konsentrasi Hg dan Pb adalah sama yaitu sebesar 14550 ppm.

Muhammad Rijal, Moh. Amin, Fatchur Rohman, Endang Suarsini, Nur Alim Natsir, Subhan. 2018. The effectiveness *Pistia stratiotes*, *Limnocharis flava*, and *Hydrilla verticellata* to increase the Quality of Polluted Water by Waste Detergents. *International Journal of TechnoChem Research*, 4 (1): 40-43.

Indri Oktoviana, Tengku Abu Hanifah, dan Ganis Fia Kartika. 2015. Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II). *JOM FMIPA*, 2 (2), 1-7.

Saputro, S., Mahardiani, L., dan D A Wulandari. 2018. Combination of Sawdust from Teak Wood And Rice Husk Activated Carbon as Adsorbent of Pb (II) ion and Its Analysis Using Solid-Phase Spectrophotometry (SPS). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 567, 1-7.

Destara Margowati, Sugeng Abdullah. 2016. Efisiensi Fitoremediasi Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Rumah Tangga di desa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016. *Keslingmas*, 35: 316-321.
N.G.A.M Dwi Adhi Suastuti, I Wayan Suarsa, dan Dwi Kurnia Putra R. 2015. Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*, 9 (1): 98-104.

Iin Inayatun Nadhifah, Putri Fajarwati, dan Eka Sulistiyowati. 2019. Fitoremediasi dengan Wetland System Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Genjer (*Limnocharis flava*), dan Semanggi (*Marsilea crenata*) Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Al-Kaunyah*, 12(1): 38-45.
A. Magfhira, P. Kinasih, D. Salsabila, E. Marchella, dan M.F. Fachrul. 2021. Domestic Wastewater Treatment with Household-Scale Constructed Wetland System Using Water Fern Plant (*Azolla pinnata*). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 894, 1-8.
Hidayati, N. V., Nurfarida, N., Siregar, A. S., & Syakti, A. D. 2022. Biosorpsi Kadmium pada Berbagai Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *MAIYAH*, 1(1), 23-35.

Tambunan, C., Tarigan, B. L., Pasaribu, R. M., Butarbutar, A. K., Rangkuty, M. N. S., & Febriyossa, A. 2024. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes*) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1412-1419.

Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 6,55 ppm.
Konsentrasi DO pada air limbah yaitu sebesar 6,75 ppm.
Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 8 ppm.

Reaktor 1: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 19,159 mg/L.
Reaktor 2: Konsentrasi Pb di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 19,159 mg/L.

Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 49,18 µg/L.

Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 1075 mg/L.
Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 313 mg/L.

Konsentrasi surfaktan LAS pada air limbah yaitu sebesar 286,28 mg/L.
Konsentrasi fosfat pada air limbah yaitu sebesar 277,74 mg/L.

Konsentrasi DO pada air limbah yaitu sebesar 2,5 ppm.
Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 7 ppm.
Konsentrasi TDS pada air limbah yaitu sebesar 397,5 ppm.
Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 67 mg/L.
Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 185 mg/L.
Konsentrasi amonia pada air limbah yaitu sebesar 16,1 mg/L.
Air mengandung logam berat kadmium (Cd) dengan konsentrasi awal 2,5 mg/L, 5 mg/L, 7,5 mg/L, dan 10 mg/L.

Rata-rata nilai pH pada hari ke-1
Kontrol: 9.18
A1: 9.08
A2: 8.97
A3: 8.72
Rata-rata nilai suhu pada hari ke-1
Kontrol: 30.46°C
A1: 30.30°C
A2: 30.40°C
A3: 30.30°C

Reaktor 3: Konsentrasi Hg dan Pb yaitu sebesar 17575 ppm dan 17675 ppm.

Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 3,129 ppm (dengan penurunan 52,22%).
Konsentrasi DO pada air limbah yaitu sebesar 14,982 ppm (dengan penurunan 54,95%).
Konsentrasi COD pada air limbah yaitu sebesar 2,88 ppm (dengan penurunan 64%).

Reaktor 1: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 0,139 mg/L.
Reaktor 2: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 19,159 mg/L.

Reaktor 1: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 9,17 µg/L.
Reaktor 2: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 9,63 µg/L.
Reaktor 3: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 8,66 µg/L.
Reaktor 4: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 7,87 µg/L.
Reaktor 5: Konsentrasi Pb (II) di dalam larutan ion timbal yaitu sebesar 6,39 µg/L.

Reaktor 1: Konsentrasi BOD dan COD pada air limbah yaitu sebesar 786 mg/L dan 74 mg/L.
Reaktor 2: Konsentrasi BOD dan COD pada air limbah yaitu sebesar 209 mg/L dan 74,67 mg/L.
Reaktor 3: Konsentrasi BOD dan COD pada air limbah yaitu sebesar 149 mg/L dan 82,34 mg/L.
Reaktor 1: Konsentrasi surfaktan LAS dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 60,67 mg/L dan 134,62 mg/L.
Reaktor 2: Konsentrasi surfaktan LAS dan fosfat pada air limbah yaitu sebesar 6,4 mg/L dan 25,64 mg/L.

Konsentrasi DO pada air limbah yaitu sebesar 5 ppm.
Konsentrasi BOD pada air limbah yaitu sebesar 1,5 ppm.
Konsentrasi TDS pada air limbah yaitu sebesar 233 ppm.
Kadar efisiensi BOD pada air limbah yaitu sebesar 32,83%.
Kadar efisiensi COD pada air limbah yaitu sebesar 29,72%.
Kadar efisiensi amonia pada air limbah yaitu sebesar 18,01%.
Tanaman *P. stratiotes* menyerap logam Cd sebesar 1,12 - 4,56 mg/L atau 45-78,6% dari total logam dalam air. Efisiensi tertinggi terdapat pada tanaman muda di konsentrasi awal 2,5 mg/L, yaitu mampu menyerap 1,96 mg/L (78,4%). Tanaman sedang menyerap rata-rata 44,5 ± 14,7%, sedangkan tua hanya 35,3 ± 15,8%.

Rata-rata nilai pH dihitung pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7
Kontrol: 9.47
A1: 7.90
A2: 7.84
A3: 7.80
Rata-rata nilai suhu dihitung pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7
Kontrol: 27.67°C
A1: 27.68°C
A2: 27.75°C
A3: 27.57°C

Putri, N. N. A., & Putro, R. K. H. 2025. Efektivitas Bambu Air (<i>Equisetum hyemale</i>) dalam Fitoremediasi untuk Penurunan Kadar COD dan Surfaktan Pada Limbah Laundry. <i>Jurnal Serambi Engineering</i> , 10(1), 12630-12635.	Kadar COD pada limbah laundry sebesar 1836,07 Mg/L Kadar surfaktan (MBAS) pada limbah laundry sebesar 11,61 Mg/L	Kadar COD pada limbah laundry setelah 12 jam; 24 jam; 48 jam; 72 jam berturut-turut sebesar 1245,90 Mg/L; 1114,75 Mg/L; 1081,97 Mg/L; 1016,39 Mg/L. Kadar surfaktan pada limbah laundry setelah 12 jam; 24 jam; 48 jam; 72 jam berturut-turut sebesar 9,87 Mg/L; 9,28 Mg/L; 8,72 Mg/L; 8,20 Mg/L.
Febrianti, R. I., Wibowo, P. A., & Marsanti, A. S. 2024. Effectiveness of Apuwood Plants (<i>Pistia stratiotes</i>) Using the Phytoremediation Method in Reducing BOD Levels in Ciprat Langitan Magetan Batik Waste. <i>Jurnal Health Sains</i> , 5(8), 520-534.	Kadar BOD pada limbah batik Ciprat Langitan Magetan sebesar 128 Mg/L.	Kadar BOD pada limbah batik setelah 3 hari; 6 hari; dan 9 hari berturut-turut sebesar 115.5 Mg/L; 70 Mg/L; dan 53.5 Mg/L.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang tertulis pada Tabel 1 dan 2, diketahui bahwa kiambang (*Salvinia molesta*), kangkung (*Ipomoea crassicaulis*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), semanggi (*Marsilea crenata*), bambu air (*Equisetum hyemale*), *Azolla pinata*, dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki potensi untuk digunakan dalam bioremediasi limbah. Penggunaan teknik fitoremediasi untuk menghilangkan zat seperti bahan organik, radionuklida, dan logam beracun yang mencemari suatu lingkungan dikarenakan teknik ini tidak membutuhkan banyak biaya dan dapat dilakukan dengan cepat. Guna mengurangi dan menghilangkan sifat berbahaya suatu polutan maka tumbuhan fitoremediasi akan melibatkan mikroorganisme pada media yang digunakan seperti tanah, air, dan koral. Mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan untuk menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar. Bahkan dalam beberapa kondisi zat polutan dapat diubah menjadi bahan lain yang bernilai secara ekonomi (Dhir, 2013; Irhamni, 2018). Berikut adalah tiga tahapan proses tumbuhan dalam menyerap logam berat pada air limbah ketika proses fitoremediasi (Handayani et al., 2013).

1. Akar sebagai bagian tumbuhan yang bersentuhan langsung dengan air limbah akan mulai melakukan penyerapan terhadap logam berat
2. Logam berat yang diserap oleh akar akan disalurkan ke bagian tubuh tumbuhan yang lain yaitu batang dan daun melalui jaringan pengangkut floem dan xilem
3. Keberadaan logam berat pada tubuh tumbuhan akan ditimbun atau dipusatkan pada organ tertentu sehingga tidak mengganggu metabolisme tubuh.

Tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) masuk dalam divisi Pteridophyta dan genus *Salvinia*. Tanaman kiambang atau biasanya dikenal sebagai paku air merupakan jenis tanaman yang belum banyak diketahui orang ditambah dengan nilai ekonomi yang rendah menyebabkan pemanfaatannya masih sangat sedikit. Meski demikian kiambang memiliki kemampuan dalam membantu proses persebaran udara dalam perairan melalui penyerapan zat hara berlebih yang

dapat mencemari air. Kemampuan lain kiambang ialah ia mampu hidup dengan baik meskipun kadar nutrisi di perairan tempat ia hidup tergolong rendah. Berdasarkan morfologinya kiambang dicirikan sebagai tanaman dengan perakaran yang panjang dan daun berukuran kecil yang berdiameter rata-rata 2- 4 cm (Rahmawati et al., 2016).

Tanaman-tanaman tersebut dapat digunakan pada fitoremediasi sistem batch maupun kontinu. Namun, sebelumnya perlu melalui proses aklimatisasi dengan tujuan membuat tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan hidup yang baru. Aklimatisasi diawali dengan mengaliri air limbah ke tanaman, baru setelah itu tanaman dapat dipindahkan ke lingkungan baru untuk dilakukan perlakuan selanjutnya. Kemudian dilakukan proses penanaman pada reaktor (Permadi, 2019). Pada metode adsorpsi, dapat dilakukan secara batch dengan sistem pengadukan menggunakan bejana, maupun secara kontinu dengan sistem kolom baik itu kolom tunggal, banyak, paralel, atau secara seri dalam operasi kontinu (Zaini, 2017).

Kelebihan penggunaan reaktor batch yaitu dapat digunakan untuk mereaksikan bahan dalam bentuk cairan, ketika reaksi terjadi maka tidak terdapat aliran pada produk, lalu tidak adanya massa yang keluar ataupun masuk, sehingga bahan yang masuk akan mengalami reaksi lalu dikeluarkan dalam bentuk produk. Kekurangan metode ini yaitu butuh waktu yang tidak sebentar dan hanya bisa dilakukan dalam jumlah kecil. Untuk sistem kontinu memiliki kelebihan yaitu saat proses reaksi berlangsung produk dapat dikeluarkan dan proses dapat tetap dilanjutkan. Sistem batch dilakukan dengan memasukkan seluruh reaktan ke dalam reaktor pada awal proses lalu produk dapat dikeluarkan ketika proses sudah berakhir (Permadi, 2019). Jenis reaktor yang digunakan pada sistem batch adalah reaktor tunggal. Tahapan yang dilakukan pada sistem batch terdiri dari mengisi reaktor, meraksikan air limbah, sedimentasi, dan mengeluarkan air limbah (Barsan et al., 2017).

Beberapa kelebihan pada reaktor batch yaitu perawatan, pembersihan, penggunaan mudah, peralatan tidak memerlukan biaya banyak, reaksi dapat dihentikan kapanpun, umumnya digunakan untuk air yang tercemar zat beracun yang cukup kuat. Namun terdapat juga kekurangan diantaranya ialah hanya dapat digunakan dalam skala kecil, untuk membersihkan, mengisi, dan mengosongkan reaktor dibutuhkan waktu yang tidak sebentar, lalu kondisi reaktor yang tidak tetap mengharuskan untuk selalu dilakukan pemantauan dan prosedur harus diawasi dari awal sampai akhir proses mengakibatkan diperlukan tenaga kerja dalam jumlah banyak (Hibatullah, 2019). Perkembangan sistem batch menjadi sistem kontinu terjadi karena alasan kapasitas pada sistem batch yang hanya mampu untuk skala kecil, sehingga pada sistem kontinu pengolahan limbah cair dapat dilakukan pada skala yang lebih besar. Selain itu pada sistem kontinu aliran limbah diberikan terus-menerus hingga jenuh oleh karena itu memudahkan ketika pengoperasian dalam mengolah limbah cair (Utama, 2015). Kelebihan lain pada sistem kontinu yaitu ketika proses reaksi berlangsung hasil produk dapat tetap dikeluarkan, hal itu membuat biaya produksi tergolong lebih rendah dibandingkan sistem batch (Permadi, 2019).

Salah satu metode dalam fitoremediasi adalah sistem lahan basah (*wetland system*). Sistem lahan basah dilakukan dengan meniru proses yang terjadi di rawa-rawa dalam menjernihkan air melalui pemanfaatan tumbuhan air (*Hydrophita*) dalam memperbaiki kualitas air kembali seperti semula (Mardianto, 2014). Metode ini dianggap lebih efisien karena hanya menggunakan ember besar (kolam) sederhana oleh karena itu tidak perlu ada biaya tambahan untuk pemasangan instalasi. Bukan hanya itu pada sistem lahan basah sistem pengoperasian tergolong mudah karena hanya berfokus dalam memanfaatkan hubungan antara tanaman dan mikroba secara alami. Jenis tanaman seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), semanggi (*Marsilea crenata*), bambu air (*Equisetum hyemale*), dan azolla pinata banyak digunakan untuk mengolah limbah domestik menggunakan sistem lahan basah.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mempunyai kelebihan yaitu mudah diperoleh dan mampu tumbuh dengan baik di lingkungan ekstrem (Siswoyo et al., 2020). Tanaman ini disebut sebagai agen fitoremediator karena mampu tumbuh pada perairan tercemar, dapat menghasilkan biomassa, dan dapat mengetahui keberadaan timbal (Pb) serta menyerapnya (Nadhifah et al., 2019). Genjer (*Limnocharis flava*) banyak hidup di rawa-rawa maupun persawahan yang berair. Genjer digolongkan sebagai tanaman liar seperti kangkung dan eceng gondok. Tingkat reproduksi tanaman genjer yang

tinggi mengakibatkan keberadaannya di alam menjadi sangat berlimpah. Hasil studi terdahulu mengatakan bahwa genjer dapat berpotensi menjadi tumbuhan akumulator dengan menyerap polutan melalui jaringan akar dan disebarkan ke seluruh bagian tubuhnya (Hasanah, 2020).

Semanggi (*Marsilea crenata*) termasuk dalam golongan tumbuhan air yang masuk kelompok paku-pakuan dan biasa hidup di sekitar danau, kolam, sawah, ataupun rawa. Semanggi memiliki bentuk daun yang khas yaitu seperti payung dan memiliki kelopak daun yang saling berhadapan berjumlah empat (Rahmadanita et al., 2021). Semanggi mempunyai kemampuan untuk memfilter dan menyerap zat organik maupun logam berupa logam berat pada air yang tercemar limbah (Musapana et al., 2020). Bambu air (*Equisetum hyemale*) adalah salah satu tumbuhan yang banyak dimanfaatkan dalam fitoremediasi. Hal ini karena bambu air memiliki kelebihan berupa perawatan yang mudah dan ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh luar. Selain itu bambu air juga mempunyai akar serabut yang dapat mempercepat proses penyerapan, batang mengandung silikat, dan diketahui mampu menyerap logam berat seperti timbal (Anisa, 2020).

Bambu air dikenal sebagai tanaman fitoremediator karena kemampuannya dalam mengakumulasi polutan masuk ke tubuhnya dengan bantuan mikroba rhizosfera yang melekat pada bagian akar, mikroba inilah yang nantinya akan menyerap zat-zat pencemar yang berada di perairan (Margowati dan Abdullah, 2016). *Azolla pinnata* adalah tumbuhan berjenis paku air yang bisa dengan mudah ditemukan di daerah persawahan. Tumbuhan ini dapat hidup di lingkungan yang memiliki suhu rata-rata sekitar 28°C-35°C (Setiawati et al., 2017). *Azolla pinnata* mempunyai kemampuan untuk menyerap kontaminan berupa logam ringan dan berat pada air yang sudah tercemar limbah (Exaputra, 2016).

Tanaman kangkung (*Ipomoea crassicaulis*) juga menjadi tanaman pilihan untuk mengurangi keberadaan zat-zat polutan seperti BOD, COD, TSS, pH, amonia total, dan sulfida yang umum ditemukan pada limbah pencelupan tekstil. Selain itu, kangkung memiliki kelebihan yaitu mampu hidup dengan mudah tanpa adanya pemeliharaan khusus sehingga dapat ditemukan hidup liar di lingkungan sekitar dan memiliki daya tahan hidup pada kondisi tercemar. Tanaman ini digunakan pada metode pengolahan limbah detergen secara biologis yaitu biofilter yang dinilai efisien dalam menurunkan senyawa organik dan biayanya relatif murah. Teknik biofilter ialah teknik yang memanfaatkan tanaman yang memiliki mikroba rhizosfer, mikroorganisme tersebut mampu menguraikan berbagai bahan organik ataupun benda anorganik pada limbah (Suastuti, et al., 2015).

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) termasuk tanaman bioaccumulator dengan tingkat pertumbuhan tinggi dan mampu menyerap unsur hara langsung dari air. Bagian akar *P. stratiotes* dapat menghasilkan fitokelatein yaitu protein yang memiliki kemampuan mengikat logam berat (Hidayati et al., 2022). Selain bagian akar, batang kayu apu juga dapat menyerap logam berat. Keunggulan lain yang dimiliki kayu apu yaitu mampu mengolah limbah dari zat organik maupun anorganik, tingginya tingkat penyerapan air dan nutrisi, serta mudah beradaptasi dengan iklim sekitarnya (Febrianti et al., 2024).

Berdasarkan analisis dari 15 judul jurnal yang dijadikan acuan pada artikel review ini maka jenis-jenis tanaman seperti kiambang (*Salvinia molesta*), kangkung (*Ipomoea crassicaulis*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), semanggi (*Marsilea crenata*), bambu air (*Equisetum hyemale*), *Azolla pinata*, dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) diketahui dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi untuk menangani pencemaran di DAS cakung. Pemilihan jenis tanaman harus disesuaikan dengan kondisi air serta polutan di DAS Cakung. Aplikasi fitoremediasi di DAS Cakung dapat dilakukan dengan membuat *Constructed Wetlands* (CWs). *Constructed Wetlands* adalah lahan basah buatan yang berfungsi untuk memurnikan air limbah. Metode ini memanfaatkan mekanisme alami tanaman dalam mengolah air limbah yang melibatkan proses fisika, kimia dan biologi (Pramesti dan Mirwan, 2023). Kelebihan penggunaan *Constructed Wetlands* yaitu pengolahan dilakukan secara in situ (limbah dapat diolah langsung tanpa perlu pemindahan ke area lain). Metode ini mampu mengurangi kadar COD hingga 85% dan TSS hingga 95% (Parde et al., 2021). Pembuatan instalasi fitoremediasi dapat menggunakan instalasi Co-West seperti pada penelitian Irawanto dan Afifudin, (2022) Co-West atau *Constructed Wetland with Ecological Sustainability Treatment* adalah model *Constructed Wetlands* (CWs) menggunakan media terapung yang memanfaatkan material alami berupa bambu dan tali ijuk yang akan ditanami fitoremediator di atasnya. Penggunaan material tersebut karena lebih ramah lingkungan dan dapat terdegradasi menjadi bahan organik. Mekanisme kerja dari Co-West yaitu menggunakan simbiosis antara tanaman air, perfiton, dan mikroorganisme (nekton) yang hidup di sekitar akar tanaman. Guna menjaga efektivitas penggunaan tanaman fitoremediasi maka harus diperhatikan durasi dan frekuensi penggantian tanaman. Selama proses fitoremediasi dilakukan juga diperlukan sistem monitoring kualitas air secara berkala sebagai evaluasi untuk melihat perkembangan dari proses fitoremediasi.

Kesimpulan

DAS Cakung-Cilincing merupakan salah satu wilayah yang tercemar limbah industri dan rumah tangga. Sehingga perlu solusi untuk mengatasinya, salah satunya adalah pemanfaatan tanaman hiperakumulator untuk meremediasi kandungan limbah tersebut. Tanaman yang bisa dimanfaatkan seperti kiambang (*Salvinia molesta*), kangkung (*Ipomoea crassicaulis*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), genjer (*Limnocharis flava*), semanggi (*Marsilea crenata*), bambu air (*Equisetum hyemale*), *Azolla pinata*, dan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Beberapa system fitoremediasi yang dapat digunakan yaitu batch, kontinu, wetland, dan biofilter. Setiap metode tersebut mempunyai kelebihan, kekurangan, dan efektifitas degradasi masing-masing.

Referensi

- Anisa, F. (2020). Analisis Laju Dan Daya Serap Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale* l.) Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) [Skripsi]. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Barsan, N., Nedeff, V., Temea, A., Mosnegutu, E., Chitimus, A. D., & Tomozei, C. (2017). A Perspective for Poor Wastewater Infrastructure Regions: A Small-scale Sequencing Batch Reactor Treatment System. *Chemistry Journal of Moldova*, 12(1), 61–66. [dx.doi.org/10.19261/cjm.2017.387](https://doi.org/10.19261/cjm.2017.387)
- Dhir, B. (2013). *Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean Up*. New Delhi: Springer.
- Edward, Munawir, K., Yogaswara, D., Falahuddin, D., Kusnadi, A., Triandiza, T., Helfinalis, Wulandari, I., Lestari, dan R.N. Pesilette. (2021). Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, Ni dan Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam Sedimen di Teluk Jakarta. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(1), 1-20. [10.46252/jsai-fpik-unipa.2021.Vol.5.No.1.104](https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2021.Vol.5.No.1.104)
- Exaputra, H. (2016). Pengaruh Pemberian Tumbuhan Air Pada Air Limbah Rumah Tangga Terhadap Pertumbuhan Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) Sebagai Informasi Bagi Masyarakat Tentang Pencemaran Lingkungan Dan Daur Ulang Limbah. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 7(1), 55-60. <http://dx.doi.org/10.24127/bioedukasi.v7i1.492>
- Febrianti, R. I., Wibowo, P. A., & Marsanti, A. S. (2024). Effectiveness of Apuwood Plants (*Pistia stratiotes*) Using the Phytoremediation Method in Reducing BOD Levels in Ciprat Langitan Magetan Batik Waste. *Jurnal Health Sains*, 5(8), 520-534.
- Handayani, I. F., Setyowati, E., & Santoso, A. M. (2013). Efisiensi Fitoremediasi Pada Air Terkontaminasi Cu Menggunakan *Salvinia molesta* Mitchel. In Proceeding Biology Education Conference:

- Biology, Science, Enviromental, and Learning (Vol. 10, No. 1).
- Harsanto, P., Sari, M. A. B., dan S. B. Lesmana. (2014). Evaluasi Muka Air Cakung Drain Hilir terhadap Hujan Maksimum 2013 dan 2014. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 17(1), 32-37. <https://doi.org/10.18196/st.v17i1.406>
- Hasanah, U. (2020). Fitoremediasi Logam Tembaga (Cu) Oleh Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) Dari Sawah Di Daerah Malang Berdasarkan Variasi Konsentrasi Dan Waktu Pemaparan [Skripsi]. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Herlina, N., Khairani, A., & S. Shiddiq. (2020). Study of Anaerobic Biofilter Tofu Wastewater Treatment With Bioball Media And Phytoremediation By Kiambang (*Salvinia molesta*). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 1-10.
- Hibatullah, H. F. (2019). Fitoremediasi Limbah Domestik (*Grey Water*) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Dengan Sistem Batch [Skripsi]. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Hidayati, N. V., Nurfarida, N., Siregar, A. S., & Syakti, A. D. (2022). Biosorpsi Kadmium pada Berbagai Konsentrasi Awal dan Tingkat Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *MAIYAH*, 1(1), 23-35. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2022.1.1.6632>
- Irawanto, R., & Afifudin, A. F. M. (2022). Fitoremediasi model "COWEST" dalam Pengelolaan Kualitas Air di Bumiaji-Batu, Jawa Timur. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 2(3), 550-557. <https://doi.org/10.33379/icom.v2i3.1825>
- Irhanni, S. P. (2018). Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha latifolia*, Enceng Gondok, Kiambang) dalam Menyerap Logam Berat. *Serambi Engineering*, 3(2), 344-351. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i2.439>
- Irianti, T., Kuswandi, Nuranto, S., & Budiyatni, A. (2017). *Logam Berat dan Kesehatan*. Yogyakarta: CV Grafika Indah
- Kumari, S., B.Kumar, & R. Sheel. (2017). Biological Control of Heavy Metal Pollutants in Water by *Salvinia molesta*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2838-2843. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.325>
- Leka, E. S. K., Cahyadi, T. A., Nurkhamim, N., Ernawati, R., & Winarno, E. (2024). Overview Metode Fitoremediasi Dalam Pengelolaan air Tercecar Timbal (Pb): Overview of Phytoremediation Methods in Management of Lead (Pb) Polluted Water. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 9(1), 31-37. <https://doi.org/10.33084/mitl.v9i1.6372>
- Magfhira, A., Kinasih, P., Salsabila, D., Marchella, E., & M.F. Fachrul. (2021). Domestic Wastewater Treatment with Household-Scale Constructed Wetland System Using Water Fern Plant (*Azolla pinnata*). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 894, 1-8.
- Makmur, M., Wisnubroto, D. S., Kusnopranto, H., Moersidi, S.S., & D.S. Wisnubroto. (2012). Pengaruh Limbah Organik dan Rasio N/P Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Kawasan Budidaya Kerang Hijau Cilincing. *Journal of Waste Management Technology*, 15(2), 51-64.
- Mardianto, W., Apriani, I., & Hayati, R. (2014). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Sistem Kombinasi ABR Dan Wetland Dengan Sistem Kontinu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.6746>
- Margowati, D., & Abdullah, S. (2016). Efisiensi Fitoremediasi Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Rumah Tangga di Desa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016. *Buletin Keslingmas*, 35(4), 316-321. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v35i4.1679>
- Marsandi, F., & Estuningsih, S. P. (2016). Asosiasi Konsorsium Bakteri *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Micrococcus luteus* dengan Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) De Wit) dalam Upaya Meningkatkan Bioremediasi Minyak Bumi. In *Prosiding Seminar Biologi*, 13(1), 807- 813.
- Melati, I. (2020). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 272-286.
- Mohebi, Z., & Nazari, M. (2021). Phytoremediation of wastewater using aquatic plants, A review. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 8(1), 50-58.
- Muhammad Rijal, Moh. Amin, Fatchur Rohman, Endang Suarsini, Nur Alim Natsir, Subhan. (2018). The effectiveness *Pistia stratiotes*, *Limnocharis flava*, and *Hydrilla verticellata* to increase the Quality of Polluted Water by Waste Detergents. *International Journal of TechnoChem Research*, 4(1), 40-43.
- Musapana, S., Dewi, E. R. S., & Rahayu, R. C. (2020). Efektivitas Semanggi Air (*Marsilea crenata*) Terhadap Kadar TSS Pada Fitoremediasi Limbah Cair Tahu. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 7(2), 92-97. <http://doi.org/10.25273/florea.v7i2.7645>
- Nadhifah, I.I., Fajarwati, P., & E. Sulistiyowati. (2019). Fitoremediasi dengan Wetland System Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Genjer (*Limnocharis flava*), dan Semanggi (*Marsilea crenata*) Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Al-*

- Kaunyah, 12(1), 38-45.
<https://doi.org/10.15408/kaunyah.v12i1.7792>
- Nursagita, Y.S., & Sulistyning, H. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), 22-28.
<http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.59848>
- Oktoviana, I., Hanifah, T. A., & Kartika, G. F. (2015). Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II). *JOM FMIPA*, 2(2), 1-7.
- Parde, D., Patwa, A., Shukla, A., Vijay, R., Killedar, D. J., & Kumar, R. (2021). A Review of Constructed Wetland on Type, Treatment and Technology of Wastewater. *Environmental Technology and Innovation*, 21, 1-23.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101261>
- Pengembangan Terpadu Pesisir Ibukota Negara [PTPIN]. (2014). Jakarta. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
- Permadi & Ilham, M. (2019). Pemanfaatan Bambu Air (*Equisetum* Sp.) untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch [Skripsi]. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Pramesti, T. A., & Mirwan, M. (2023). Penurunan TSS, COD, dan Total-Nitrogen pada Air Lindi dengan Metode Constructed Wetland Tanaman Typha Angustifolia. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(4), 745-753.
<https://doi.org/10.55123/insologi.v2i4.2309>
- Pribadi, R. N. (2016). Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap Penurunan COD, Amonia, Nitrit, dan Nitrat pada Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) Dengan Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1-10.
- Putri, N. N. A., & Putro, R. K. H. (2025). Efektivitas Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dalam Fitoremediasi untuk Penurunan Kadar COD dan Surfaktan Pada Limbah Laundry. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(1), 12630-12635.
- Rahmadanita, F. F., Agil, M., & Purwitasari, N. (2021). Aktivitas Analgesik Ekstrak N-Heksana Daun Semanggi (*Marsilea crenata* Presl.) Dengan Metode Geliat Pada Mencit. *Journal of Islamic Pharmacy*, 6(2), 68-72. <https://doi.org/10.18860/jip.v6i2.14118>
- Rahmawati, A. B. (2016). Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat pada Limbah Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Fitoremediasi Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1-10.
- Saputro, S., Mahardiani, L., & Wulandari, D. A. (2018). Combination of Sawdust from Teak Wood and Rice Husk Activated Carbon as Adsorbent of Pb (II) Ion and Its Analysis Using Solid-Phase Spectrophotometry. *International Conference Journal Materials Science and Engineering*, 333(1), 1-6.
- Setiawati, M. R., Suryatmana, P., & Chusnul, A. (2017). Karakteristik *Azolla pinnata* Sebagai Pengganti Bahan Pembawa Pupuk Hayati Padat Bakteri Penambat N₂ Dan Bakteri Pelarut P. *Soilrens*, 15(1), 1-7.
<http://dx.doi.org/10.24198/soilrens.v15i1.13346>
- Simbolon, A.R. (2018). Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Cilincing Pesisir DKI Jakarta. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(3), 197-208.
<http://dx.doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i3.207>
- Siswoyo, E., Faisal, F., Kumalasari, N., & Kasam, K. (2020). Constructed Wetlands Dengan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(1), 59-67.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol12.iss1.art5>
- Suastuti, N.G.A.M.D.A., Suarsa, I.W., & D.K. Putra R. (2015). Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia*, 9(1), 98-104. doi:<https://doi.org/10.24843/JCHEM.2015.v09.i01.p16>
- Tajmi, Y. (2015). Efektifitas Reaktor Roughing Filter dengan Media Karbon Karbon dan Fitoremediasi dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eicchornia Crassipes*) dalam Menurunkan COD, TSS, dan Minyak Lemak pada Limbah Domestik (*Grey Water*) [Skripsi]. Malang: Institut Teknologi Negeri Malang.
- Tambunan, C., Tarigan, B. L., Pasaribu, R. M., Butarbutar, A. K., Rangkyu, M. N. S., & Febriyossa, A. (2024). Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes*) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Biogenerasi*, 9(2), 1412-1419.
<https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i2.4759>
- Utama, T. Taruna. (2015). Biosorpsi Krom Heksavalen Menggunakan Mikroalga Amobil dalam Sistem Kontinyu [Thesis]. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Widyasari, N. L. (2021). Kajian tanaman hiperakumulator pada teknik remediasi lahan tercemar logam berat. *Jurnal Ecocentrism*, 1(1), 17-24. <https://doi.org/10.36733/jeco.v1i1.1748>
- Yang, C., Qiu, W.W., Chen, Z.X., Chen, W.Y., Li, Y.F., Zhu, J.L., Rahman, S.U., Han, Z.X., Jiang, Y., Yanf, G.J., Tian, J., Ma, Q., Zhang, Y., 2020. Phosphorus influence Cd

phytoextraction in *Populus* stems via modulating xylem development, cell wall Cd storage and antioxidant defense. *Chemosphere* 242, 125154. [10.1016/j.chemosphere.2019.125154](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125154)

Zaini, Halim, dan Muhammad Sami. (2017). Penyisihan Pb (II) dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Sistem Kolom dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. *ETHOS (Jurnal Penelitian dan Pengabdian)*, 5(1), 8-14. <http://dx.doi.org/10.29313/ethos.v0i0.2220>