Envirous

Vol. 7, No. 1, 2026, Page 1-6
e-ISSN 2777-1032 | p-ISSN 2777-1040

Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Air dalam Menurunkan Parameter Pencemar pada Air Limbah: Tinjauan Literatur

Rasyad Fadil Riyanto[1*], Shally Yanova[1]

[1] Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Jambi

*Corresponding author: fadilriyantorasyad@gmail.com

Diterima: 16-09-2026
Disetujui: 30-09-2026
Diterbitkan: 30-09-2026

Kata Kunci:
Fitoremediasi, Tanaman air, Air limbah, Parameter pencemar, Kualitas air

ABSTRAK

Air limbah mengandung berbagai bahan pencemar yang dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Fitoremediasi menggunakan tanaman air merupakan salah satu alternatif pengolahan yang ramah lingkungan dan relatif sederhana untuk mengurangi berbagai parameter pencemar. Artikel ini bertujuan mengkaji kemampuan berbagai tanaman air dalam proses fitoremediasi berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Metode yang digunakan adalah kajian pustaka dengan mengumpulkan dan menganalisis literatur yang relevan mengenai fitoremediasi dan pemanfaatan tanaman air dalam pengolahan air limbah. Hasil kajian menunjukkan bahwa beberapa tanaman air memiliki kemampuan dalam menurunkan parameter pencemar yang berbeda. Melati air (*Echinodorus palaefolius*) mampu menurunkan TSS, COD, Total Nitrogen, amonia, dan kekeruhan, sedangkan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berpotensi menurunkan BOD, TDS, fosfat, serta meningkatkan DO. *Hydrilla* sp. dan *Hydrilla verticillata* efektif dalam menyerap logam berat seperti Zn dan Pb, sementara *Typha angustifolia* mampu menurunkan Pb, Cu, COD, dan TSS. Efektivitas fitoremediasi dipengaruhi oleh jenis dan biomassa tanaman, waktu kontak, karakteristik limbah, serta kondisi lingkungan. Dengan demikian, tanaman air berpotensi dikembangkan sebagai alternatif pengolahan air limbah yang efektif dan ramah lingkungan.

Received: 16-09-2026
Accepted: 30-09-2026
Published: 30-09-2026

Keywords:
Phytoremediation, Aquatic plants, Wastewater, Pollutant parameters, Water quality

ABSTRACT

Wastewater contains various pollutants that can deteriorate environmental quality if not properly managed. Phytoremediation using aquatic plants is an environmentally friendly and relatively simple alternative for reducing various wastewater pollutants. This article aims to review the ability of various aquatic plants in phytoremediation based on previous studies. The method used was a literature review by collecting and analyzing relevant literature on phytoremediation and the utilization of aquatic plants for wastewater treatment. The results show that several aquatic plants have the ability to reduce different pollutant parameters. Water jasmine (*Echinodorus palaefolius*) can reduce TSS, COD, Total Nitrogen, ammonia, and turbidity, while water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) has the potential to reduce BOD, TDS, and phosphate while increasing DO. *Hydrilla* sp. and *Hydrilla verticillata* are effective in absorbing heavy metals such as Zn and Pb, whereas *Typha angustifolia* can reduce Pb, Cu, COD, and TSS. The effectiveness of phytoremediation is influenced by plant species and biomass, contact time, wastewater characteristics, and environmental conditions. Therefore, aquatic plants have considerable potential to be developed as an effective and environmentally friendly alternative for wastewater treatment.

1. PENDAHULUAN

Air limbah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian karena pembuangan tanpa pengolahan yang memadai dapat menurunkan kualitas badan air. Kandungan bahan organik, nutrien, padatan tersuspensi, dan berbagai senyawa lainnya dalam air limbah dapat memengaruhi kondisi fisik, kimia, maupun biologis perairan (Sulistia & Septisya, 2020). Tingginya beban bahan organik dapat meningkatkan kebutuhan oksigen dalam proses penguraian sehingga berpotensi mengurangi ketersediaan oksigen bagi organisme akuatik. Oleh karena itu, pengolahan air limbah diperlukan untuk mengurangi kandungan pencemar sebelum air limbah dialirkan ke lingkungan. Penelitian pada air limbah domestik menunjukkan bahwa keberadaan bahan organik dalam limbah dapat memengaruhi kualitas badan air dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Imron *et al*., 2019).

Pengolahan air limbah dapat dilakukan melalui proses fisik, kimia, maupun biologis. Pengolahan air limbah secara biologis menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan pencemar dengan memanfaatkan aktivitas organisme hidup. Salah satu metode biologis yang relatif sederhana dan ramah lingkungan adalah fitoremediasi (Imron *et al*., 2019). Fitoremediasi merupakan

teknologi pengolahan yang memanfaatkan kemampuan tanaman dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan sistem perakaran tanaman untuk menyerap, menguraikan, mengakumulasi, atau mengubah berbagai jenis pencemar yang terdapat dalam air limbah (Ryanita *et al*., 2020). Penggunaan tanaman air dalam fitoremediasi memiliki keuntungan karena tanaman dapat tumbuh pada lingkungan perairan serta mempunyai sistem perakaran yang berperan sebagai tempat berlangsungnya interaksi antara tanaman, mikroorganisme, dan bahan pencemar (Nurdin *et al*., 2024). Selain itu, fitoremediasi dapat menjadi alternatif pengolahan yang relatif mudah diterapkan dan membutuhkan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan beberapa teknologi pengolahan konvensional.

Fitoremediasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan berbagai jenis tumbuhan air yang memiliki kemampuan dalam menyerap atau mengakumulasi bahan pencemar, seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), ekor kucing (*Typha angustifolia*), purun tikus (*Eleocharis dulcis*), dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan tanaman lainnya (Paulina & Faradika, 2024). Kemampuan tanaman air dalam proses fitoremediasi telah banyak diteliti pada berbagai jenis air limbah. Tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) berpotensi membantu menurunkan konsentrasi beberapa parameter pencemar dalam air, seperti TSS, COD, Total Nitrogen, dan amonia. Selain itu, keberadaan tanaman ini juga dapat memengaruhi kondisi pH dan suhu selama proses pengolahan (Pramesti & Mirwan, 2023) dan (Alivia *et al*., 2024). Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) diketahui mampu membantu menurunkan parameter pencemar seperti TDS, DO, CO2 terlarut, BOD, fosfat, suhu air, pH, serta parameter lainnya (Utami & Puteri, 2024). Tanaman air seperti *Hydrilla sp* dapat menurunkan parameter logam berat seperti Seng (Zn) dan Timbal (Pb) (Novi *et a*l., 2019) dan (Mutmainnah et al., 2015). Selain itu, tanaman air yang berbentuk seperti rerumputan yaitu Rumput lembang (*Typha angustifolia*) dapat menurunkan parameter seperti COD, TSS, Timbal (Pb) dan Tembaga (Lestari *et al*., 2025) dan (Sajidah *et al*., 2024). Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman air memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam pengolahan berbagai karakteristik air limbah.

Efektivitas fitoremediasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman, jumlah tanaman, waktu kontak, serta karakteristik air limbah. Perbedaan kemampuan setiap tanaman dalam beradaptasi dan menyerap pencemar dapat menghasilkan tingkat penurunan yang berbeda. Selain parameter organik, beberapa tanaman air juga berpotensi menurunkan kandungan nutrien seperti nitrogen total melalui proses penyerapan dan aktivitas mikroorganisme pada sistem perakaran (Ningrum & Rachmanto, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan tanaman air sebagai agen fitoremediasi memiliki potensi sebagai salah satu alternatif dalam pengolahan air limbah. Namun, perbedaan jenis tanaman, karakteristik limbah, dan kondisi proses menyebabkan efektivitas yang diperoleh pada setiap penelitian tidak selalu sama. Oleh karena itu, diperlukan kajian terhadap penelitian terdahulu untuk mengetahui kemampuan berbagai jenis tanaman air dalam menurunkan parameter pencemar serta faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan tanaman air dalam proses fitoremediasi untuk menurunkan berbagai parameter pencemar pada air limbah berdasarkan hasil penelitian terdahulu.

2. METODE

Kajian pustaka dilakukan melalui penelusuran literatur dengan kata kunci *fitoremediasi*, *tanaman air*, *phytoremediation*, *aquatic plants*, *wastewater treatment*, *pollutant removal*, serta nama tanaman dan parameter pencemar yang relevan. Literatur dibatasi pada publikasi 10 tahun terakhir (2016–2026). Artikel dipilih berdasarkan kriteria inklusi, yaitu penelitian yang membahas penggunaan tanaman air untuk pengolahan limbah dan melaporkan kemampuan penurunan parameter pencemar serta tersedia dalam teks lengkap. Artikel yang tidak relevan dengan topik, tidak membahas pengolahan limbah, atau tidak menyajikan hasil penurunan parameter dikeluarkan dari kajian. Literatur terpilih kemudian dianalisis secara deskriptif berdasarkan jenis tanaman, jenis limbah, parameter pencemar, waktu pengolahan, dan kemampuan penurunan parameter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*)

Melati air (*Echinodorus palaefolius*) merupakan tumbuhan akuatik yang memiliki warna hijau pada bagian daun dan batang, sedangkan bunganya berwarna putih. Tanaman ini memiliki batang dengan panjang sekitar 50–100 cm dan diameter 1–3 cm. Daunnya bertekstur kasar, berbentuk bulat menyerupai telur, serta memiliki tepi yang rata. Sistem perakarannya berupa akar serabut yang panjang dan menyebar, sehingga membentuk perakaran yang cukup kuat dan mendukung kemampuan tanaman dalam menyerap berbagai zat dari lingkungan perairan (Riyanti *et al*., 2019).

Penelitian pengolahan air lindi dilakukan untuk mengkaji penyisihan parameter TSS, COD, dan Total Nitrogen menggunakan metode *constructed wetland*. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-6, 8, 10, 12, dan 14 dengan menerapkan tiga variasi debit aliran, yaitu 5 L/hari, 7 L/hari, dan 9 L/hari. Menurut penelitian Pramesti & Mirwan (2023), persentase penyisihan TSS pada debit 5 L/hari berkisar 40,7–96,3% dengan nilai tertinggi 96,3% pada hari ke-14, sedangkan debit 7 L/hari sebesar 33,3–90,7% dan debit 9 L/hari sebesar 24,1–87%, dengan kecenderungan peningkatan penyisihan seiring bertambahnya waktu pengolahan. Penyisihan COD pada debit 9 L/hari berkisar 61,1–83,3%, sementara debit 7 L/hari meningkat dari 66,7% pada hari ke-6 menjadi 86,7% pada hari ke-14, dan debit 5 L/hari dari 72,2% menjadi 94,4% pada periode yang sama. Adapun penyisihan Total Nitrogen pada debit 5 L/hari meningkat dari 55,9% pada hari ke-6 menjadi 89,6% pada hari ke-14, debit 7 L/hari berkisar 55,2–89,4%, sedangkan debit 9 L/hari mencapai 53,49% pada hari ke-6 dan 88,92% pada hari ke-14.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa reaktor dengan tanaman melati air memiliki nilai pH rata-rata sebesar 7,9 dan suhu rata-rata 26,7 °C. Nilai pH tersebut masih berada dalam kisaran yang sesuai untuk mendukung aktivitas mikroorganisme dalam proses pengolahan air lindi, yaitu sekitar 6–9. Kondisi pH yang terlalu tinggi, terutama di atas 9, dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses degradasi bahan pencemar. Selain itu, melati air memiliki sistem perakaran serabut yang panjang dan menyebar, sehingga menyediakan area permukaan yang lebih luas untuk melekatnya partikel atau koloid serta mendukung proses penyerapan zat pencemar. Keberadaan akar tersebut juga dapat membantu aktivitas mikroorganisme di sekitar zona perakaran sehingga bahan

organik terlarut lebih mudah mengalami penguraian dan sebagian bahan organik dapat mengalami pengendapan (Riyanti *et al*., 2019).

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen menggunakan sistem *constructed wetland* atau lahan basah buatan. Rancangan yang digunakan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yang terdiri atas tiga variasi perlakuan komposisi tanaman dengan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, sehingga diperoleh sembilan unit percobaan. Jenis tanaman yang digunakan meliputi Iris (*Iris pseudacorus*), melati air (*Echinodorus palaefolius*), serta kombinasi kedua tanaman tersebut. Setiap unit percobaan menggunakan media berupa kerikil dan pasir. Efektivitas pengolahan selanjutnya ditentukan berdasarkan persentase penyisihan parameter amonia dan kekeruhan. Menurut Alivia *et al* (2024), Pengolahan air limbah kolam ikan menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) dalam sistem *constructed wetland* menunjukkan hasil penyisihan amonia sebesar 91,7% dan kekeruhan sebesar 65,8%. Komposisi tanaman melati air berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan amonia (NH_3^-), sedangkan kombinasi melati air dengan Iris (*Iris pseudacorus*) memberikan pengaruh terhadap efektivitas penyisihan kekeruhan pada sistem tersebut.

ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

Eceng gondok merupakan tumbuhan akuatik yang dapat hidup mengapung bebas di permukaan perairan. Pada kondisi perairan yang dangkal, tanaman ini mampu mengembangkan sistem perakaran hingga mencapai dasar perairan. Karakteristik tersebut membuat eceng gondok banyak dimanfaatkan dalam proses pengolahan air limbah karena kemampuan sistem perakarannya dalam menyerap dan mengakumulasi berbagai bahan pencemar, sehingga dapat mendukung peningkatan kualitas air limbah domestik (Pratiwi, 2022).

Penelitian Utami & Puteri (2024) menggunakan metode fitoremediasi dengan memanfaatkan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk mengolah air limbah laundry. Rancangan yang diterapkan adalah RAL dengan empat perlakuan berdasarkan bobot basah tanaman, yaitu 0 g sebagai kontrol, 100 g, 200 g, dan 300 g, dengan masing-masing perlakuan diulang sebanyak lima kali. Proses fitoremediasi dilakukan selama 15 hari. Parameter yang dianalisis meliputi panjang akar sebagai parameter biotik serta suhu, pH, TDS, DO, CO_2 terlarut, BOD, dan fosfat sebagai parameter kualitas air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bobot basah eceng gondok mampu meningkatkan kualitas air limbah laundry, meskipun pengaruhnya berbeda pada setiap parameter. Perlakuan 300 gram memberikan hasil terbaik secara umum, terutama dalam menurukan kadar DO sebesar 38,42% dan menurunkan BOD sebesar 50,09% serta TDS sebesar 48,42%. Penurunan CO_2 terlarut tertinggi juga terjadi pada perlakuan 300 gram, yaitu sebesar 100%. Sementara itu, penurunan fosfat tertinggi justru diperoleh pada perlakuan 200 gram dengan persentase 78,40%, sedangkan variasi bobot tanaman tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH, TDS, dan fosfat berdasarkan analisis statistik. Peningkatan kualitas air dikaitkan dengan aktivitas tanaman dan mikroorganisme pada zona perakaran, termasuk proses fotosintesis dan penyerapan senyawa terlarut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar biomassa eceng gondok tidak selalu menghasilkan penurunan tertinggi pada setiap parameter karena efektivitas fitoremediasi juga dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan kondisi lingkungan (Dewi & Akbari, 2020).

Dengan demikian, kemampuan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyisihkan bahan pencemar berkaitan erat dengan sistem perakarannya yang berkembang di dalam air. Akar tanaman berperan dalam menyerap dan mengakumulasi berbagai unsur serta senyawa pencemar, sementara zona perakaran juga menjadi tempat berlangsungnya aktivitas mikroorganisme yang membantu proses penguraian bahan organik. Eksudat yang dihasilkan oleh akar dapat mendukung aktivitas mikroorganisme sehingga proses perubahan dan mineralisasi pencemar di sekitar akar menjadi lebih optimal. Oleh karena itu, perkembangan akar yang baik dapat meningkatkan kontak tanaman dengan air limbah dan mendukung proses penyerapan serta penyisihan zat pencemaran (Novita *et al*., 2022).

Hydrilla sp* dan *Hydrilla verticillata

Penelitian Novi *et al* (2019) meliputi pengujian karakteristik awal limbah, *Range Finding Test* (RFT), aklimatisasi tanaman selama 5 hari, serta proses fitoremediasi menggunakan 75 g *Hydrilla* sp. Tanaman ditempatkan pada dua reaktor berdiameter 45 cm yang masing-masing berisi 5 L akuades sebagai kontrol dan 5 L limbah industri kertas. Proses fitoremediasi dilakukan selama 18 hari, dengan pengambilan sampel pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, 15, dan 18. Parameter pendukung yang diamati meliputi pH, suhu, dan perubahan warna daun, sedangkan kadar Zn dianalisis menggunakan ICP-OES setelah sampel melalui proses destruksi menggunakan HNO_3 dan HCl.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Hydrilla* sp. mampu menyerap dan menurunkan konsentrasi Zn dalam limbah industri kertas. Selama proses fitoremediasi, kadar Zn mengalami perubahan secara fluktuatif, dengan persentase logam yang hilang sebesar 50% pada hari ke-3 hingga hari ke-15, kemudian menurun menjadi 25% pada hari ke-18. Penurunan Zn berkaitan dengan mekanisme fitoremediasi, terutama rizofiltrasi, yaitu proses adsorpsi atau absorpsi logam oleh akar tanaman. Logam yang berada di sekitar rizosfer kemudian diserap melalui akar, ditranslokasikan melalui jaringan tanaman, dan dapat diakumulasi pada bagian tertentu untuk mengurangi efek toksiknya. Perubahan warna daun dari hijau menjadi kuning kecokelatan juga menunjukkan adanya pengaruh paparan Zn terhadap tanaman, terutama karena logam dapat menghambat sintesis klorofil. Dengan demikian, *Hydrilla* sp. berpotensi digunakan sebagai agen fitoremediasi untuk menyisihkan logam Zn dari air limbah, meskipun efektivitasnya dapat menurun apabila tanaman mengalami stres akibat paparan pencemar dalam waktu yang lebih lama.

Penelitian dari Mutmainnah *et al* (2016) menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor dan tiga kali ulangan untuk menguji kemampuan fitoremediasi tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* terhadap logam berat timbal (Pb). Faktor pertama adalah jenis tanaman (*H. verticillata* dan *N. indica*), sedangkan faktor kedua adalah variasi konsentrasi Pb (0 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L dan 15 mg/L). Persiapan dilakukan dengan mengaklimatisasi sampel tanaman seberat 300 gram berat basah selama lima hari, lalu dimasukkan ke dalam wadah reaktor statis berisikan 20 liter air. Pengamatan dan analisis kandungan Pb terlarut

dalam air serta akumulasinya pada jaringan tanaman dilakukan pada hari ke-5, 10, 15, dan 20.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *H. verticillata* dan *N. indica* terbukti mampu meremediasi logam Pb dengan akumulasi pada tanaman yang berbeda nyata antarperlakuan konsentrasi mulai dari 5 mg/L. *H. verticillata* memiliki daya tahan dan kapasitas akumulasi puncak yang lebih tinggi dibanding *N. indica*, yakni mencapai 24.700,4 mg/kg pada hari ke-20 untuk konsentrasi 15 mg/L. Sebaliknya, *N. indica* unggul dalam kecepatan penyerapan dengan waktu kontak optimum lebih singkat pada hari ke-15 (25.267,2 mg/kg), tetapi tanaman mengalami kematian pada hari ke-20 untuk konsentrasi 10mg/L dan 15 mg/L akibat dampak toksisitas logam. Tingginya daya serap kedua jenis tumbuhan *submerged* ini didorong oleh mekanisme pertukaran kation, pembentukan pembawa protein *phytochelatin* dan *metallothionein*, serta proses rhizofiltrasi. Penyerapan Pb ini juga dipengaruhi oleh perubahan pH air yang cenderung menjadi asam sehingga meningkatkan kelarutan ion logam, walau secara fisik memicu keretakan sel berupa klorosis dan nekrosis pada daun tanaman.

Secara umum, penyerapan logam berat oleh *Hydrilla sp.* dan *Hydrilla verticillata* terjadi melalui kontak antara logam yang terlarut dalam air dengan permukaan akar dan jaringan tanaman. Ion logam kemudian dapat terikat pada permukaan akar melalui proses adsorpsi dan selanjutnya masuk ke jaringan tanaman melalui penyerapan, sehingga sebagian logam berat terakumulasi pada akar, batang, maupun daun. Sistem perakaran *Hydrilla sp.* dan *Hydrilla verticillata* yang berkembang di dalam air memberikan area kontak yang cukup besar untuk mengikat dan menyerap ion logam, sehingga konsentrasi logam berat dalam air dapat berkurang. Kemampuan tersebut menjadikan *Hydrilla sp.* dan *Hydrilla verticillata* berpotensi digunakan sebagai tanaman fitoremediator untuk membantu mengurangi kandungan logam berat pada perairan tercemar (Amalia *et al*., 2023) .

RUMPUT LEMBANG (*Typha angustifolia*)

Typha angustifolia atau yang dikenal sebagai lembang (cattail) merupakan tumbuhan yang banyak ditemukan pada ekosistem lahan basah dan mampu beradaptasi pada lingkungan yang tergenang air. Tanaman ini memiliki sistem perakaran yang berkembang baik sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam proses fitoremediasi untuk membantu menyerap dan mengurangi berbagai bahan pencemar di dalam air maupun media perairan. Penelitian Suryati (2020) menjelaskan bahwa *Typha angustifolia* merupakan salah satu tanaman lahan basah yang telah dimanfaatkan dalam fitoremediasi logam berat dan limbah organik, serta memiliki potensi untuk menangani pencemaran hidrokarbon minyak bumi (Suryati, 2020).

Penelitian oleh Lestari *et al* (2025) penelitian menggunakan metode *true experiment* dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas tiga perlakuan biomassa tanaman, yaitu P0 tanpa tanaman (0 g), P1 dengan biomassa 80 g, dan P2 dengan biomassa 160 g, masing-masing dilakukan sebanyak tiga ulangan. Penelitian dilaksanakan secara terpisah pada dua stasiun, yaitu Stasiun 1 di Desa Bajomulyo dan Stasiun 2 di Desa Doropayung, sehingga terdapat sembilan unit percobaan pada setiap stasiun atau 18 unit secara keseluruhan. Setiap unit menggunakan ember plastik berkapasitas 15 L yang diisi 10 L air sungai dan diinkubasi bersama tanaman selama tujuh hari. Sampel air dianalisis pada hari ke-0, ke-3, dan ke-7 untuk mengetahui perubahan kadar Pb dan Cu. Tanaman Typha angustifolia yang digunakan dipilih dari habitat alami dengan kondisi sehat, ukuran relatif seragam, dan bebas kontaminan, dengan total biomassa 1.200 g.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal Sungai Silugonggo telah mengalami pencemaran Pb dan Cu yang cukup tinggi. Konsentrasi awal Pb pada Stasiun 1 sebesar 2,3 mg/L dan Cu sebesar 1,17 mg/L, sedangkan pada Stasiun 2 Pb sebesar 1,28 mg/L dan Cu sebesar 0,86 mg/L; seluruh nilai tersebut berada di atas baku mutu air kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, yaitu 0,03 mg/L untuk Pb dan 0,02 mg/L untuk Cu. Setelah perlakuan, *biomassa 160 g (P2) memberikan kinerja fitoremediasi terbaik, terutama pada hari ke-7. Pada Stasiun 1, P2 mampu menurunkan Pb sebesar 98,87%, dari 2,3 mg/L menjadi 0,026 mg/L, sedangkan pada Stasiun 2 penurunannya mencapai 98,13%, dari 1,28 mg/L menjadi 0,024 mg/L. Untuk Cu, P2 menghasilkan penurunan sebesar 91,76% di Stasiun 1, dari 1,17 mg/L menjadi 0,0964 mg/L, dan 94,88% di Stasiun 2, dari 0,86 mg/L menjadi 0,044 mg/L. Secara ekologis, peningkatan biomassa menyebabkan bertambahnya sistem perakaran dan rimpang sehingga luas permukaan untuk adsorpsi logam serta proses rizofiltrasi menjadi lebih besar. Efektivitas juga meningkat dari hari ke-3 menuju hari ke-7 karena tanaman membutuhkan waktu untuk beradaptasi terhadap cekaman logam dan membentuk kondisi rizosfer yang lebih stabil. Pada Pb, mekanisme utama yang dijelaskan dalam penelitian adalah rizofiltrasi dan fitostabilisasi, yaitu Pb^{2+} teradsorpsi pada permukaan akar dan sebagian ditahan dalam jaringan akar melalui pengikatan oleh fitokelatin dan metallothionein. Sementara itu, Cu lebih banyak mengalami fitostabilisasi dan fitoekstraksi terbatas karena Cu merupakan unsur mikro esensial yang penyerapannya dikendalikan oleh mekanisme homeostasis tanaman. Dengan demikian, *Typha angustifolia L*. terbukti efektif dalam menurunkan Pb dan Cu, dengan perlakuan 160 g dan waktu kontak tujuh hari sebagai kondisi paling optimal dalam penelitian ini.

Proses penyerapan logam berat oleh *Typha angustifolia L*. berlangsung melalui sistem perakaran, di mana logam yang terlarut dalam air terlebih dahulu berada di sekitar zona perakaran kemudian terikat pada permukaan akar dan diserap masuk ke dalam jaringan tanaman. Setelah masuk ke jaringan akar, sebagian logam dapat diakumulasi sebagai bentuk toleransi tanaman terhadap kondisi pencemar, sehingga konsentrasi logam terlarut dalam air menjadi berkurang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem perakaran *T. angustifolia* berperan penting dalam proses penyerapan dan akumulasi logam, sehingga tanaman ini berpotensi digunakan sebagai fitoremediator untuk mengurangi kandungan logam berat pada perairan tercemar (Habibullah *et al*., 2021).

Penelitian Sajidah *et al* (2024) menggunakan metode fitoremediasi sistem *constructed wetland* secara kontinu dengan waktu kontak selama 15 hari pada limbah cair industri tahu menggunakan tanaman *Typha angustifolia*. Sebelum pengujian fitoremediasi utama, tanaman terlebih dahulu melewati beberapa tahapan persiapan yang meliputi propagasi vegetatif selama 1 bulan, aklimatisasi secara bertahap dalam reaktor dengan meningkatkan persentase volume air limbah dari 25% hingga 100%, serta *Range Finding Test* (RFT) selama 96 jam. Pada tahap fitoremediasi, sebanyak 4 tanaman *T. angustifolia* yang telah diaklimatisasi dimasukkan ke dalam

reaktor berdimensi 75 x 50 x 40 cm dengan debit air limbah masuk sebesar 14 L/hari. Pengujian terhadap nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan secara berkala setiap 3 hari sekali (hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 15).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tanaman *T. angustifolia* efektif menurunkan kadar pencemar pada limbah cair tahu yang semula memiliki nilai COD awal 7.299 mg/L dan TSS 426 mg/L. Pada hari ke-15, konsentrasi COD turun menjadi 1.479,5 mg/L pada reaktor fitoremediasi (dibandingkan reaktor kontrol sebesar 2.423 mg/L), di mana penurunan maksimal terjadi hingga hari ke-12 (1.363 mg/L) sebelum mengalami kenaikan akibat tanaman yang telah melewati titik jenuh penyerapan. Sementara itu, kadar TSS pada reaktor fitoremediasi berhasil diturunkan secara signifikan hingga mencapai 45 mg/L pada hari ke-15, yang mana nilai ini telah memenuhi baku mutu PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 (200 mg/L). Penurunan COD dan TSS ini didorong oleh mekanisme dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme di area perakaran, penyaringan massa akar, suplai oksigen terlarut dari fotosintesis, serta proses sedimentasi gravitasi.

Proses penyisihan bahan organik oleh *Typha angustifolia* berlangsung melalui beberapa mekanisme yang saling mendukung. Peran langsung tanaman terutama berkaitan dengan penyerapan sebagian nutrien terlarut untuk kebutuhan pertumbuhan, sedangkan penurunan BOD dan COD lebih banyak dipengaruhi oleh proses tidak langsung di zona perakaran. Sistem perakaran *T. angustifolia* menyediakan permukaan bagi mikroorganisme untuk berkembang dan mendukung aktivitas biodegradasi dalam menguraikan senyawa organik. Selain itu, media dan akar tanaman dapat membantu proses filtrasi dan sedimentasi terhadap bahan tersuspensi, sementara sebagian senyawa dapat mengalami adsorpsi pada media maupun permukaan akar. Dengan demikian, penurunan bahan organik yang ditunjukkan oleh nilai BOD dan COD tidak semata-mata disebabkan oleh penyerapan tanaman, tetapi merupakan hasil interaksi antara tanaman, mikroorganisme, dan proses fisik-kimia di sekitar sistem perakaran. (Nasrullah *et al*., 2017).

Berdasarkan hasil kajian literatur, diperoleh beberapa jenis tanaman air yang telah digunakan dalam pengolahan berbagai jenis air limbah dengan kemampuan menurunkan parameter pencemar yang berbeda. Ringkasan hasil penelitian tersebut disajikan berdasarkan jenis tanaman, jenis air limbah, parameter yang dianalisis, waktu detensi, dan efektivitas penurunan sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1.** Data efektivitas yang disajikan merupakan hasil dari masing-masing penelitian dan tidak dimaksudkan untuk membandingkan efektivitas antar tanaman secara langsung karena terdapat perbedaan kondisi eksperimental dan karakteristik air limbah pada setiap penelitian.

Tabel 1. Ringkasan Pemanfaatan Tanaman Air dalam Menurunkan Parameter Pencemar Air Limbah

Tanaman Air	Air Limbah	Parameter	Waktu Detensi (Hari)	Efektivitas (Ef)
Melati Air (*Echinodors palaefolius*)	Air Lindi	TSS, COD, Nitrogen Total	6, 8, 10, 12, 14	96,3% 94,4% 89,6%
Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)	Air Laundry	pH, TDS, DO, CO2 terlarut, BOD, dan fosfat	15	8,74% 48,42% 38,42% 75,82% 50,09% 78,40%
Hydrilla sp	Limbah Industri Kertas	Seng (Zn)	3, 6, 9, 12, 15, 18	0-12: 50% 18: 25%
Hydrilla verticillata	Air Limbah Industri	Timbal (Pb)	5,10, 15,20	Waktu Optimum pada hari ke-20
Rumput Lembang *(Typha angustifoli)*	Industri Tahu dan Air Sungai	COD,TSS, danTimbal (Pb), Tembaga (Cu)	3, 6, 9, 12, 15 dan 3, 7	COD: 42,04% TSS: 73,78%, 77,18% 84,71% danTimbal (Pb): 98,87%, 98,13%, Tembaga (Cu): 91,76%, 94,88%

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, tanaman air seperti *Echinodorus palaefolius*, *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla* sp., *Hydrilla verticillata*, dan *Typha angustifolia* memiliki potensi menurunkan berbagai parameter pencemar. *E. palaefolius* pada air lindi dilaporkan menurunkan TSS, COD, dan nitrogen total dengan efektivitas masing-masing hingga 96,3%, 94,4%, dan 89,6%, sedangkan *E. crassipes* pada air limbah laundry selama 15 hari menunjukkan penurunan beberapa parameter dengan efektivitas 8,74–78,40%. *Hydrilla* sp. pada limbah industri kertas menunjukkan penyisihan Zn hingga 50%, sementara *H. verticillata* pada air limbah industri menunjukkan waktu optimum penyisihan Pb pada hari ke-20. *T. angustifolia* pada limbah industri tahu dan air sungai dilaporkan menurunkan COD sebesar 42,04%, TSS hingga 84,71%, Pb hingga 98,87%, dan Cu hingga 94,88%. Nilai efektivitas tersebut tidak dapat dibandingkan secara langsung karena setiap penelitian memiliki perbedaan jenis dan karakteristik air limbah, konsentrasi awal pencemar, parameter yang dianalisis, biomassa tanaman, waktu detensi, serta kondisi eksperimental. Dengan demikian, keberhasilan fitoremediasi dipengaruhi oleh interaksi antara tanaman dan proses pendukung seperti aktivitas mikroorganisme, filtrasi, sedimentasi, dan adsorpsi, sehingga pemilihan tanaman dan kondisi pengolahan perlu disesuaikan dengan karakteristik limbah dan parameter pencemar yang ditargetkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Jambi, atas dukungan yang diberikan selama penyusunan artikel ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penelusuran literatur, penyusunan, dan penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alivia, S. N., Winarno, H. S., Ayuningtyas, E., & Jumiati. (2024). Penurunan Parameter Amonia Dan Kekeruhan Air Limbah Kolam Ikan Dengan Tanaman Hias Iris (*Iris Pseuadacorus*) Dan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*). *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *24*(1), 64–70.

Amalia, S., Fasya, A. G., Hasanah, U., & Aqli, M. R. (2023). Efektifitas *Limnocharis Flava* Dan *Hydrilla Verticillata* Sebagai Fitoremediator Logam Tembaga. *Alchemy: Journal Of Chemistry*, *11*(2), 1–8.

Dewi, M. O., & Akbari, T. (2020). Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Industri Tahu B Kota Serang. *Jurnalis*, *3*(1), 38–48.

Habibullah, A., Khamidah, N., & Saputra, R. (2021). Utilization of Typha angustifolia and Arbuscular Mycorrhiza Fungi for Acid Mine Drainage Phytoremediation. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, *17*(2), 95–105. https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol17.No2.2021.1163

Imron, Sriyani, N., Dermiyati, Suroso, E., & Yuwono, B. (2019). Fitoremediasi dengan Kombinasi Gulma Memperbaiki Kualitas Air Limbah Domestik Air untuk. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *17*(1), 51–60. https://doi.org/10.14710/jil.17.1.51-60

Lestari, S. A., Ulfah, M., & Dewi, E. R. S. (2025). Kinerja Fitoremediasi *Typha angustifolia L* dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal dan Tembaga di Sungai Silugonggo Juwana. *Jurnal Ilmiah Biologi*, *13*(4), 3165–3174.

Mutmainnah, F., Arinafril, & Suheryanto. (2016). Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*. *Jurnal Penelitian Sains*, *17*(3), 111–120.

Nasrullah, S., Hayati, R., & Kadaria, U. (2017). Typha angustifolia Industri pengolahan karet merupakan industri yang mengolah lateks (getah) karet menjadi karet setengah jadi. Hasil pengolahan karet berupa sit , krep, & karet remah. Industri karet dalam pengolahannya menggunakan bahan-bahan kimia. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *5*(1), 1–10.

Ningrum, A. P., & Rachmanto, T. A. (2025). Kombinasi Proses *Anoxide – Oxide* Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) untuk Penyisihan COD dan Total Nitrogen Pada Limbah Cair Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, *10*(3), 13912–13918.

Novi, C., Sartika, & Shobah, A. N. (2019). Fitoremediasi Logam Seng (Zn) Menggunakan Hydrilla sp . Pada Limbah Industri Kertas. *Jurnal Kimia Valensi*, *5*(1), 108–114. DOI:10.15408/jkv.v5i1.8814

Novita, E., Wahyuningsih, S., Safrizal, M. R., Puspitasari, A. I., & Pradana, H. A. (2022). Kajian Perbaikan Kualitas Air Limbah Pengolahan Kopi Menggunakan Metode Fitoremediasi Dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes). *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, *11*(1), 192–203. https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v11i1.45298

Nurdin, Ismail, A. Y., Kosasih, D., Deni, & Herlina, N. (2024). Tumbuhan Air Berpotensi sebagai Fitoremediator di Waduk Darma Kuningan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *22*(1), 175–183. https://doi.org/10.14710/jil.22.1.175-183

Paulina, M., & Faradika, M. (2024). Fitoremidiasi Dengan Berbagai Jenis Tumbuhan. *Journal of Global Forest and Environmental Science*, *4*(1), 127–131.

Pramesti, Thineza Ardea Mirwan, M. (2023). Penurunan TSS , COD , dan Total Nitrogen Air Lindi dengan Constructed Wetland Menggunakan Melati Air (Echinodorus palaefolius) Removal TSS , COD , and Total Nitrogen Leachate with Constructed Wetland. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *5*(2), 189–195.

Pratiwi, R. (2022). Fitoremediasi Air Tercemar. Penerbit NEM: Pekalongan.

Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. (2019). Efektivitas Penurunan Chemichal Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal DAUR LINGKUNGAN*, *2*(1), 16–20.

Ryanita, P. K. Y., Arsana, N., & Juliasih, N. K. A. (2020). Widya biologi. *Jurnal Biologi*, *11*(2), 76–89.

Sajidah, A. A., Dewi, T. U., & Astuti, U. P. (2024). Pengaruh Typha angustifolia dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, *7*(1), 95–100.

Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *12*(1), 41–57. https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658

Suryati, T. (2020). FITOREMEDIASI CEMARAN HIDROKARBON MINYAK BUMI MENGGUNAKAN POTENSI TUMBUHAN TYPHA ANGUSTIFOLIA. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *13*(1), 18–34.

Utami, L. B., & Puteri, T. I. C. (2024). Fitoremediasi Air Limbah Laundry Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Proceeding Biology Education Conference*, *21*(2018), 20–25.