

Fitoremediasi Sebagai Solusi Efektif Menurunkan Kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada Air Limbah Domestik: *Scoping Review* (2018-2023)

Nurlia Sila^{1*}, R. Azizah¹, Agus Bintara Birawida²

¹Universitas Airlangga, Indonesia

²Universitas Hasanuddin, Indonesia

ABSTRACT

As the population increases, the production of domestic wastewater has also significantly increased. One of the main indicators of pollution in domestic wastewater is Biological Oxygen Demand (BOD). An effective solution is needed to reduce BOD levels, one of which is through the application of the phytoremediation method. This study aims to evaluate the effectiveness of the phytoremediation method in reducing BOD levels in domestic wastewater using a modern technological approach. The method used in this study is a Scoping Review, with article searches conducted through databases such as Google Scholar, Science Direct, PubMed, and ProQuest, following the Arksey and O'Malley framework. Out of the initial 1,329 articles, 8 articles met the eligibility criteria. The analysis results show that the phytoremediation method is capable of reducing BOD levels in domestic wastewater, with a highest reduction of 97.1% using the plant *Nelumbo nucifera* over a 30-day treatment period. The effectiveness of this phytoremediation depends on the type of plant used and the retention time in the wastewater. The implementation of phytoremediation technology indicates that the higher the plant's tolerance to organic matter and the longer the retention time, the more ions can be absorbed, resulting in a significant decrease in BOD levels. This technology offers a sustainable and environmentally friendly solution for domestic wastewater management, helping to reduce water pollution and improve environmental quality.

ABSTRAK

Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, produksi air limbah domestik juga mengalami peningkatan yang signifikan. Salah satu indikator utama pencemaran dalam air limbah domestik adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD). Diperlukan solusi yang efektif untuk menurunkan kadar BOD, salah satunya melalui penerapan metode fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas metode fitoremediasi dalam mengurangi kadar BOD pada air limbah domestik dengan pendekatan teknologi modern. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Scoping Review*, dengan pencarian artikel melalui database Google Scholar, Science Direct, PubMed, dan ProQuest, menggunakan kerangka kerja Arksey dan O'Malley. Dari 1329 artikel awal, sebanyak 8 artikel memenuhi kriteria kelayakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode fitoremediasi mampu menurunkan kadar BOD pada air limbah domestik, dengan penurunan tertinggi sebesar 97,1% menggunakan tanaman *Nelumbo nucifera* selama 30 hari perlakuan. Keefektifan fitoremediasi ini bergantung pada jenis tanaman yang digunakan serta durasi waktu tinggalnya dalam air limbah. Penerapan teknologi fitoremediasi menunjukkan bahwa semakin tinggi toleransi tanaman terhadap bahan organik dan semakin lama waktu tinggalnya, semakin banyak ion yang dapat diserap sehingga kadar BOD menurun secara signifikan. Teknologi ini menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk pengelolaan air limbah domestik, membantu mengurangi pencemaran air, serta meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

KONTAK

nurliasila@gmail.com

KATA KUNCI

Biological Oxygen Demand (BOD), Fitoremediasi, Air Limbah Domestik

PENDAHULUAN

Air limbah domestik merupakan sumber pencemaran lingkungan yang signifikan (Walker *et al.*, 2020). Di beberapa tempat, air limbah domestik langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan apapun (Wang, *et al.*, 2021). Air limbah domestik mengacu pada air limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga sehari-hari seperti mencuci pakaian, mencuci piring, mandi, dan menggunakan toilet. Selanjutnya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis

berdasarkan komposisinya. *Yellowwater* berisi urin, *brownwater* berisi air yang disiram bersama feses, *blackwater* berisi urin, feses, dan bakteri, dan *greywater* berisi air dari dapur, laundry, *shower*, dan cuci tangan (Kuol, B et al., 2022).

Permasalahan pengelolaan air limbah di Indonesia merupakan permasalahan yang sangat penting. Sebagian besar penduduk Indonesia melakukan praktik pembuangan limbah rumah tangga mereka ke lingkungan atau badan air, termasuk laut. Sejumlah pusat kota besar belum menerapkan praktik pengelolaan kolektif dalam pengolahan air limbah rumah tangga. DKI Jakarta, sebagai pusat perkotaan terkemuka di Indonesia, menunjukkan kinerja yang kurang optimal dalam pengelolaan air limbah rumah tangga. Bukti empiris menunjukkan bahwa hanya 20% sampah rumah tangga yang menjalani pengolahan yang tepat. Selain itu, perlu dicatat bahwa ada kota-kota tertentu yang tingkat pengolahan air limbahnya di bawah 20% atau bahkan tidak memiliki infrastruktur pengolahan air limbah perumahan (Al Kholif, dkk., 2023).

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah indikator yang dipakai untuk menilai tingkat pencemaran dalam air limbah. BOD mengukur jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air limbah (Afifi, 2023). Parameter ini menggambarkan kebutuhan oksigen bagi mikroba, terutama bakteri, dalam proses dekomposisi aerobik zat organik. Dalam penguraian ini, mikroorganisme memperoleh energi melalui oksidasi dan konsumsi bahan organik yang ada di lingkungan air. Pemahaman terhadap BOD air sangat penting untuk mengetahui tingkat polusi akibat limbah rumah tangga atau industri. Pengetahuan ini juga mendukung pengembangan metode pengolahan biologis yang efisien bagi sumber air yang tercemar (Daroini, 2021).

Peningkatan BOD dalam air limbah dapat disebabkan oleh berbagai sumber, termasuk pembuangan limbah rumah tangga, industri, dan pertanian. Pembuangan air limbah yang tidak diolah yang mengandung bahan organik ke lingkungan memulai proses biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme. Kehadiran oksigen di dalam air merupakan kondisi yang diperlukan untuk tindakan ini, yang menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Masuknya faktor tersebut berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem perairan sehingga berdampak buruk terhadap kesejahteraan dan kelangsungan hidup makhluk perairan (Sofiana, 2022).

Peningkatan kadar BOD dalam air limbah rumah tangga dapat menimbulkan berbagai masalah ekologi, termasuk penurunan kualitas air, penurunan keanekaragaman hayati perairan, dan potensi dampak buruk terhadap kesehatan manusia bagi individu yang memanfaatkan sumber daya air tersebut. Oleh karena itu, sangat penting untuk merancang solusi yang efisien untuk mengurangi tingkat BOD dalam air limbah rumah tangga (Iloms, 2020).

Fitoremediasi merupakan strategi remediasi potensial yang dapat digunakan. Fitoremediasi adalah teknik mapan yang digunakan dalam pengolahan air limbah, dimana tanaman digunakan sebagai agen untuk menghilangkan polutan. Tanaman yang digunakan dalam proses fitoremediasi memiliki kapasitas untuk menyerap dan memitigasi konsentrasi kontaminan yang ada dalam air limbah, termasuk BOD (Mustafa, 2021).

Selain kelebihan yang disebutkan sebelumnya, fitoremediasi memiliki sejumlah keuntungan lain, seperti efisiensi biaya, sifat yang ramah lingkungan, dan kemudahan dalam penerapannya. Metode ini dapat digunakan pada berbagai skala, mulai dari pengolahan air limbah rumah tangga hingga pengolahan air limbah industri secara luas (Yadav, 2022).

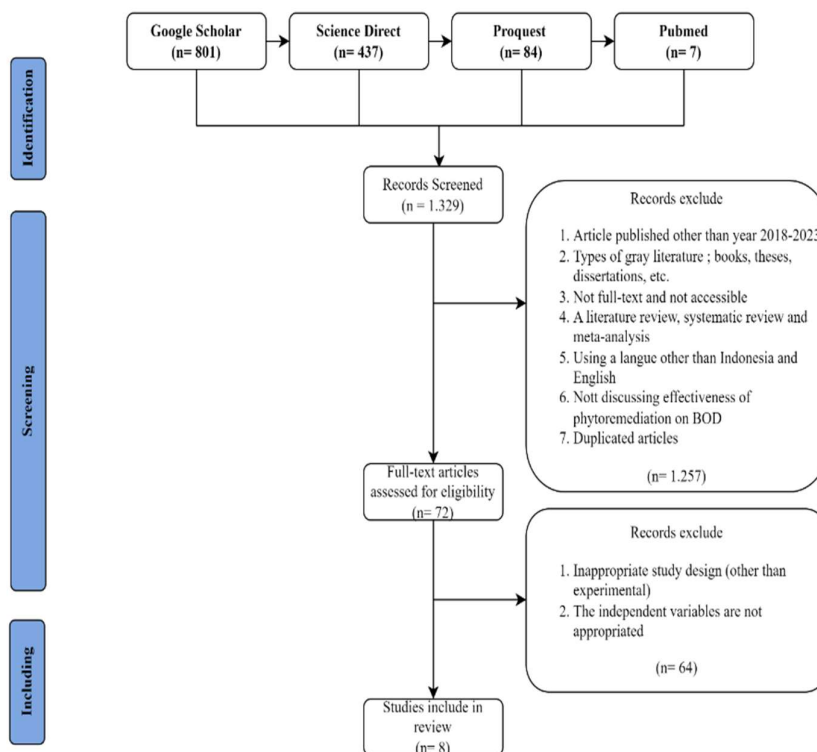
Penggunaan fitoremediasi sebagai opsi potensial diharapkan mampu menurunkan tingkat BOD dalam air limbah rumah tangga secara efektif. Langkah ini diharapkan menghasilkan peningkatan kualitas air, mendukung keanekaragaman hayati, dan memberi manfaat bagi masyarakat yang menggunakan air hasil pengolahan (Polińska et al., 2021). Dengan demikian, penting untuk meningkatkan kesadaran dan mendorong kerja sama semua pemangku kepentingan dalam menerapkan teknik fitoremediasi sebagai pendekatan yang tepat dalam mengatasi masalah pencemaran dari air limbah domestik.

METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan adalah *scoping review*, dengan tujuan untuk mengevaluasi bukti efektivitas fitoremediasi dalam mengurangi kadar BOD pada air limbah domestik. Proses ekstraksi data diawali melalui pencarian di empat basis data: Google Scholar, Science Direct, PubMed, dan ProQuest, menggunakan *framework* dari Arksey dan O'Malley. Kata kunci yang digunakan meliputi "air limbah domestik," "fitoremediasi," dan "penurunan *Biological Oxygen Demands* (BOD)." Setelah pencarian, judul dan abstrak artikel yang sesuai ditinjau, dengan kriteria seleksi berupa artikel penelitian asli yang dipublikasikan di jurnal bereputasi antara tahun 2018-2023, yang berbahasa Indonesia atau Inggris, tersedia dalam *full text*, dan menggunakan desain penelitian eksperimental untuk uji efektivitas..

Kriteria eksklusi meliputi artikel duplikat dan studi literatur. Pemilihan artikel dilakukan berdasarkan kriteria PICOS: Populasi (air limbah domestik), Intervensi (fitoremediasi), Hasil (penurunan kadar BOD pada air limbah

domestik), dan Desain Studi (Eksperimental). Pencarian ini menghasilkan delapan artikel terbaru dalam lima tahun terakhir. Untuk mempermudah penulisan tinjauan pustaka, penulis menggunakan pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*), guna membantu pelaporan hasil tinjauan sistematik dan meta-analisis. Penyusunan PRISMA pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Bagan Alir PRISM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berikut hasil scoping review fitoremediasi sebagai solusi efektif menurunkan kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada air limbah domestik. Hasil Scoping Review dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil scoping review fitoremediasi sebagai solusi efektif menurunkan kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada air limbah domestik

No.	Judul/Peneliti /Tahun	Tujuan	Jenis Tanaman	Sampel air	Hasil (Efektivitas Penurunan BOD)
1	Evaluasi air permukaan yang diolah dengan tanaman teratai; <i>Nelumbo nucifera</i> (Rasid, Abd dkk, 2019)	Penelitian ini mengevaluasi efektivitas tanaman <i>Nelumbo nucifera</i> (teratai) dan spesies <i>Nymphaea</i> dalam pengolahan air permukaan yang tercemar, dengan fokus pada efisiensi mereka dalam mengurangi berbagai parameter kualitas air. Parameter yang dianalisis meliputi tingkat keasaman (pH), kebutuhan oksigen biologis (BOD5), kebutuhan oksigen kimiawi (COD), kadar nitrat (NO3-), dan tingkat kekeruhan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan seberapa baik kedua	<i>Nelumbo nucifera</i> Dan Spesies <i>Nymphaea</i>	Air permukaan yang terkontami nasi diambil dari pupuk <i>limpasan</i> kolam di Lapangan 10, UPM.2	Setelah 30 hari pengobatan menggunakan <i>Nelumbo nucifera</i> , nilai BOD air olahan mengalami penurunan signifikan hingga 97,1%.

		jenis tanaman tersebut dalam menghilangkan kontaminan dan meningkatkan kualitas air secara keseluruhan..			
2	Penghapusan nutrisi air limbah dan koliform di lahan basah buatan aliran pasang surut: Pengaruh tanaman (<i>Typha</i>) stand dan penambahan biochar (Chand, Naveen dkk, 2021)	Mengevaluasi efektivitas penggunaan lahan basah buatan dengan sistem aliran pasang surut, yang dilengkapi dengan tanaman <i>Typha</i> dan tambahan biochar, dalam pengolahan air limbah domestik. Fokus penelitian adalah untuk mengukur efisiensi penyisihan berbagai parameter kualitas air limbah, termasuk BOD, COD, TSS dan tingkat kontaminasi <i>fecal coliform</i> .	<i>Typha sp.</i>	Air limbah domestik	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan basah buatan dengan aliran pasang surut, tanaman <i>Typha</i> , dan penambahan biochar dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah dan menurunkan BOD hingga 96,07%.
3	Fitoremediasi dengan Sistem Lahan Basah Buatan Menggunakan Tanaman Pakis Air (<i>Azolla Pinnata</i>) untuk Mengolah Air Limbah Domestik (Magfira dkk, 2022)	Menguji efisiensi penyisihan konsentrasi BOD, COD, dan amonia dalam air limbah domestik menggunakan sistem lahan basah buatan yang ditanami Pakis Air. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghitung waktu optimal yang diperlukan dalam proses penyisihan setiap parameter kualitas air tersebut..	<i>Azolla pinnata</i>	Air limbah domestik yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	Penggunaan lahan basah buatan yang ditanami Pakis Air (<i>Azolla pinnata</i>) dalam pengolahan air limbah domestik menunjukkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 32,83%..
4	Penurunan BOD, COD dan TSS Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Lahan Basah Terapung Lahan Basah Buatan Lanjutan (Hadi, dkk, 2022)	Menemukan solusi efektif dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS pada limbah domestik dengan menggunakan kombinasi lahan basah terapung dan lahan basah yang dibangun menggunakan tanaman eceng gondok, bambu air, dan tanaman melati air.	<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Kuda di musim dingin</i> , dan <i>Echinodorus palaefolius</i>	Air limbah domestik	Pada reaktor A (Water Bamboo), efisiensi penurunan BOD berkisar antara 37,28% hingga 54,44%, dengan rata-rata efisiensi sebesar 45,36%. Sedangkan pada reaktor B (Melati Air), efisiensi penurunan BOD berkisar antara 26,53% hingga 66,67%, dengan rata-rata efisiensi sebesar 40,56%.
5	Fitoremediasi Eceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>) pada Limbah Domestik dan Timbal di Hilir	Mengatasi pencemaran air di bagian hilir sungai Bengawan Solo Gresik dengan menggunakan fitoremediasi menggunakan eceng gondok.	<i>Eichhornia crassipes</i>	Air limbah terdapat di daerah hilir sungai	Persentase efektivitas penurunan BOD menggunakan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng

	Sungai Bengawan Solo Gresik Sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih Saat Ini dan Masa Depan (Zahro, Ni'matul dkk, 2020)				gondok sebesar 72,71%.
6	Analisis potensi tanaman rumput Napier, Vetiver dan Equisetum untuk pengolahan greywater domestik menggunakan lahan basah buatan tipe kotak (Sijimol dkk, 2021)	Mengevaluasi potensi rumput Napier, Vetiver, dan Equisetum sebagai tanaman yang dapat digunakan pada konstruksi lahan basah tipe kotak untuk mengolah limbah rumah tangga. <i>air limbah greywater</i> .	Makasar (<i>sen dolar merah</i>), Akar wangi (<i>Vetiveria zizanioides</i>), dan Equisetum (<i>Kuda di musim dingin</i>).	Air limbah domestik (<i>air abu-abu</i>)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga tanaman mampu menurunkan BOD secara signifikan. Rumput gajah mampu menurunkan BOD sebesar 81,4%, Vetiver sebesar 78,6%, dan Equisetum sebesar 87,5%.
7	Kinerja Buluh Biasa (<i>Phragmites australis</i>) di Lahan Basah Buatan untuk Pengolahan Air Abu-abu di Akure, Nigeria (Alao dkk, 2022)	Menjelajahi kinerja <i>Phragmites australis</i> tanaman di lahan basah buatan untuk pengolahan air grey di Akure, Nigeria, sebagai sumber air alternatif untuk produksi pertanian di daerah yang mengalami kelangkaan air tawar.	<i>Phragmites australis</i>	Air limbah domestik (<i>air abu-abu</i>)	Penurunan BOD yang dicapai pada penelitian ini sebesar 90,92%.
8	Evaluasi Sistem Selada Air, Salvinia Raksasa dan Eceng Gondok dalam Fitoremediasi Air Limbah Domestik (Mustafa, Hauwa Mohammed dkk, 2021)	Menentukan kondisi ideal untuk penerapan tanaman selada, salvinia raksasa, dan eceng gondok yang efisien untuk meningkatkan kualitas air limbah domestik.	Selada air (<i>Strategi Pistia</i>), salvinia raksasa (<i>Salvinia menganiaya</i>), dan eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Air limbah domestik	Efektivitas penurunan BOD tertinggi diperoleh oleh salvinia raksasa (74,7%), diikuti eceng gondok (58%) dan selada air (53,2%).

Pembahasan

Berdasarkan hasil delapan artikel di atas, terlihat bahwa kedelapan artikel yang dianalisis menggunakan metode eksperimental untuk mengevaluasi efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar kebutuhan oksigen biokimia (BOD) pada air limbah rumah tangga. Penelitian ini berfokus pada temuan dari artikel-artikel yang menggunakan sampel air limbah domestik dan menerapkan teknik fitoremediasi sebagai solusi untuk menurunkan tingkat BOD. Limbah rumah tangga umumnya memiliki karakteristik seperti kandungan tinggi deterjen, sabun, nitrogen, dan bahan organik (BOD) (Khanam, 2022). BOD tetap menjadi parameter penting dalam penilaian kualitas air (Omer, 2019). Tanaman air memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar BOD dengan mengurangi oksigen yang dibutuhkan mikroba dalam mengoksidasi senyawa organik di air limbah rumah tangga (Sonawane, 2020). Fitoremediasi sendiri melibatkan penggunaan tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau

menguraikan berbagai jenis polutan, baik organik maupun anorganik, sehingga menjadi teknik remediasi yang efektif dalam mengurangi kontaminasi air limbah rumah tangga (Yadav, et al., 2022).

Penelitian Rasid, Abd dkk. (2019) membahas tentang evaluasi air permukaan yang diolah dengan tanaman teratai, *Nelumbo nucifera*. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi tanaman ini dalam mengolah air permukaan yang terkontaminasi, dan hasilnya menjanjikan. Penelitian ini menargetkan berbagai kontaminan, dan tanaman teratai efektif dalam mengurangi tingkat kontaminasi tersebut. Penelitian tersebut juga membandingkan kinerja tanaman teratai dengan bunga air, *Nymphaea*, dan menemukan bahwa tanaman teratai lebih efektif. Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa tanaman teratai mempunyai potensi dalam mengolah air permukaan yang terkontaminasi. Ampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air permukaan terkontaminasi yang diambil dari kolam limpasan pupuk di Lapangan 10, UPM. Karakteristik air permukaan diukur pada awal penelitian kemudian diuji selama 30 hari dengan interval pengambilan sampel setiap 5 hari. Setelah 30 hari fitoremediasi, nilai BOD dan COD air yang diberi *Nelumbo nucifera* turun secara signifikan masing-masing menjadi 97,1% dan 55%. Hal ini disebabkan oleh mekanisme transpor gas yang unik, yaitu secara termodinamika mendorong gas O₂ dari daun di permukaan air ke rimpang yang terletak di sedimen anoksik. Dengan demikian, tanaman teratai mampu menghilangkan kontaminan organik dari permukaan air dengan menyediakan O dalam jumlah yang cukup gas untuk meningkatkan aktivitas mikroba. Potensi fitoremediasi menggunakan tanaman *Nelumbo nucifera* dalam mengolah air permukaan yang terkontaminasi cukup menjanjikan. Setelah 30 hari pengolahan, nilai kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), kekeruhan, dan penurunan nitrat mengalami penurunan yang signifikan. Selain itu, fitoremediasi juga merupakan metode yang ramah lingkungan dan biaya operasionalnya rendah. Proses fitoremediasi dilakukan dalam jangka waktu tertentu, dan penelitian ini mengalami beberapa tantangan dan keterbatasan.

Penelitian yang dilakukan oleh Chand, Naveen dkk. (2021) membahas tentang pemanfaatan lahan basah buatan dengan aliran pasang surut, tanaman *Typha*, dan penambahan biochar untuk mengolah air limbah domestik. Studi menunjukkan bahwa pendekatan berkelanjutan ini efektif dalam menghilangkan berbagai parameter dari air limbah, termasuk BOD, COD, NH₄⁺, NO₃-N, dan fecal coliforma. Penambahan biochar meningkatkan efisiensi penghilangan nutrisi dan fecal coliforma. Studi ini bisa menjadi alternatif yang menjanjikan untuk pengolahan air limbah yang ramah lingkungan. Objek penelitian dalam artikel ini adalah pemanfaatan lahan basah buatan dengan aliran pasang surut, tanaman *Typha*, dan penambahan biochar untuk mengolah air limbah domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan ini dalam menghilangkan berbagai parameter dari air limbah. Penurunan BOD (Biochemical Oxygen Demand) pada penelitian ini terjadi karena beberapa faktor, seperti adanya resirkulasi air limbah, transfer oksigen melalui pendekatan aliran pasang surut, penambahan biochar, dan sistem perakaran *Typha* sp. tanaman. yang meningkatkan efisiensi penghilangan nutrisi dan *fecal coliform*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan basah buatan dengan aliran pasang surut, tanaman *Typha*, dan penambahan biochar dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah dan menurunkan BOD hingga 96,07%. Selain itu penelitian lain juga menunjukkan bahwa tanaman *Typha* dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD₅ pada HSSFCW hingga 88,3% dan 84,5% dengan menggunakan *Typha latifolia* Dan *Phragmites australis*, masing-masing.

Penelitian oleh Magfihira et al. (2022) mengkaji penggunaan fitoremediasi dengan tanaman Pakis Air (*Azolla pinnata*) dalam pengolahan air limbah domestik jenis *grey water*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi pengurangan konsentrasi parameter BOD, COD, dan amonia dengan menggunakan sistem lahan basah buatan. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menghitung waktu optimal yang diperlukan untuk proses penyisihan zat pencemar tersebut, sekaligus mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya Tujuan 6 yang berfokus pada akses air bersih dan sanitasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Pakis Air efektif dalam menurunkan kadar polutan pada air limbah domestik, dengan tingkat efisiensi penghilangan sebesar 32,83% untuk BOD, 29,72% untuk COD, dan 18,01% untuk amonia. Dengan demikian, penggunaan sistem lahan basah buatan yang ditanami Pakis Air dianggap sebagai metode yang efektif untuk pengolahan air limbah domestik.

Penelitian oleh Hadi dkk. (2022) mengeksplorasi penggunaan berbagai jenis tanaman untuk pengolahan limbah domestik dengan memanfaatkan kombinasi antara lahan basah terapung dan lahan basah buatan. Beberapa tanaman yang digunakan dalam penelitian ini meliputi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), bambu air, dan melati air (*Echinodorus palaeifolius*). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana jenis tanaman tersebut mempengaruhi pengolahan limbah domestik melalui lahan basah terapung dan buatan, khususnya dalam menurunkan kandungan BOD, COD, dan TSS agar sesuai dengan standar kualitas air yang tercantum dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72. Proses penurunan BOD dilakukan dengan menggunakan kombinasi lahan basah terapung yang ditanami eceng gondok, dan lahan basah buatan yang memanfaatkan bambu air serta melati air. Eceng gondok di

lahan basah terapung berperan dalam menyerap bahan organik dari limbah rumah tangga, sementara pada lahan basah buatan, bambu air dan melati air digunakan untuk menyerap sisa bahan organik dan menurunkan konsentrasi BOD. Proses ini juga didukung oleh aktivitas mikroorganisme di sekitar akar tanaman yang terdapat dalam reaktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi lahan basah terapung dan buatan dengan tanaman-tanaman tersebut dapat menurunkan konsentrasi BOD dalam limbah domestik, dari 210,67 mg/L menjadi 41 mg/L di reaktor A (Bambu Air) dan dari 78 mg/L menjadi 26 mg/L di reaktor B (Melati Air). Berdasarkan hasil ini, kombinasi tersebut terbukti efektif dalam menurunkan konsentrasi BOD, meskipun tingkat efisiensinya bervariasi. Pada reaktor A (Bambu Air), efisiensi penurunan BOD berkisar antara 37,28% hingga 54,44%, dengan rata-rata efisiensi 45,36%. Sementara itu, pada reaktor B (Melati Air), efisiensi penurunan BOD berada di kisaran 26,53% hingga 66,67%, dengan rata-rata efisiensi 40,56%.

Penelitian yang dilakukan oleh Zahro, Ni'matul dkk. (2020) mengkaji penggunaan fitoremediasi dengan eceng gondok sebagai alternatif untuk meningkatkan ketersediaan air bersih di bagian hilir Sungai Bengawan Solo di wilayah Gresik. Studi ini menekankan bahwa akses terhadap air bersih sangat penting dan menjadi bagian dari tujuan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 2030. Meskipun demikian, pencemaran menjadi salah satu penyebab utama berkurangnya kualitas air bersih yang tersedia. Wilayah hilir Sungai Bengawan Solo di Gresik teridentifikasi mengalami pencemaran, yang dibuktikan melalui pengukuran parameter seperti BOD, TDS, kandungan logam timbal, dan pH. Fitoremediasi menggunakan eceng gondok terbukti efektif dalam menurunkan konsentrasi limbah domestik dan logam timbal (Pb). Efektivitas proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis dan konsentrasi polutan, jenis tanaman yang digunakan, serta kondisi lingkungan. Fitoremediasi dengan eceng gondok secara khusus menunjukkan kemampuan yang tinggi dalam menurunkan BOD dalam air limbah, dengan rata-rata efektivitas sebesar 72,71% berdasarkan hasil studi literatur. Proses ini melibatkan beberapa tahapan: pertama, eceng gondok menyerap nutrisi dan senyawa organik dari air limbah; kemudian, senyawa tersebut dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana oleh mikroorganisme yang hidup di akar eceng gondok. Senyawa sederhana ini kemudian dioksidasi oleh oksigen terlarut, yang akhirnya menyebabkan penurunan BOD pada air limbah.

Penelitian Sijimol et al. (2021) membahas tentang potensi rumput Napier, Vetiver, dan Equisetum untuk mengolah air abu domestik dengan menggunakan konstruksi lahan basah tipe kotak. Ketiga tanaman terpilih memiliki kemampuan untuk meningkatkan perkembangan komunitas mikroba di sekitar akar dan menghilangkan senyawa organik lainnya melalui degradasi mikroba aerobik dan anaerobik. Ketiga tanaman tersebut mempunyai sifat penyerapan kontaminan, translokasi, transformasi, kompartementalisasi, rhizofiltrasi, mineralisasi, dan biodegradasi sehingga mampu mereduksi polutan secara signifikan. Studi menunjukkan bahwa tanaman ini dapat secara efektif menghilangkan polutan dari air abu, menjadikannya pilihan yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk pengelolaan air abu. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air abu domestik. Air abu domestik merupakan air limbah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari dalam rumah tangga, seperti mencuci piring, mencuci pakaian, mandi, dan lain sebagainya. Efektivitas penurunan BOD dari air abu domestik yang diolah menggunakan ketiga tanaman tersebut telah diuji dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga tanaman mampu menurunkan BOD secara signifikan. Rumput gajah mampu menurunkan BOD sebesar 81,4%, Vetiver sebesar 78,6%, dan Equisetum sebesar 87,5%. Oleh karena itu, ketiga pembangkit ini dapat dijadikan alternatif teknologi pengolahan air limbah domestik yang efektif dalam menurunkan BOD.

Penelitian Alao, dkk. (2022) ingin mengeksplorasi kinerja tanaman alang-alang di lahan basah buatan untuk pengolahan air abu-abu di Akure, Nigeria, sebagai sumber air alternatif untuk produksi pertanian di daerah yang mengalami kelangkaan air tawar. Studi tersebut menemukan bahwa lahan basah buatan (CW) ditanami dengan tanaman biasa. alang-alang efektif dalam pengolahan greywater, dengan penurunan BOD sebesar 91,4%, COD sebesar 91,5%, dan TDS sebesar 38,7%. CW juga memiliki efek penghilangan logam berat yang cukup besar, dengan pengurangan mangan (Mn), besi (Fe), timbal (Pb), dan seng (Zn) hingga batas yang diizinkan. Studi ini menyimpulkan bahwa penggunaan buluh di lahan basah yang dibangun untuk pengolahan greywater direkomendasikan bagi petani yang terlibat dalam irigasi dengan greywater, terutama selama musim kemarau, dan yang paling penting di tengah meningkatnya kelangkaan air global akibat perubahan iklim. Efektivitas fitoremediasi dapat bervariasi tergantung pada jenis tanaman yang digunakan, jenis kontaminan yang ada dalam air, dan kondisi lingkungan tempat tanaman tersebut tumbuh. Beberapa penelitian yang dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis tanaman menunjukkan efektivitas fitoremediasi yang berbeda-beda, namun secara umum fitoremediasi terbukti efektif dalam menurunkan kandungan BOD, COD, dan logam berat dalam air limbah.

Penelitian oleh Mustafa (2021) berfokus pada identifikasi kondisi ideal untuk penggunaan tanaman selada air (*Stratiotes pistoria*), salvinia raksasa (*Salvinia molesta*), dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam meningkatkan

kualitas air limbah domestik melalui metode budidaya hidroponik. Penelitian ini menggunakan sampel air limbah domestik berkadar rendah, baik yang disaring melalui sistem hidroponik maupun yang tidak disaring. Efektivitas dari masing-masing tanaman dalam menurunkan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) diukur pada waktu retensi 6, 12, dan 24 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa ketiga tanaman mampu mengurangi kadar BOD dalam air limbah hingga batas standar dalam waktu retensi 12 jam, dengan efektivitas tertinggi pada salvinia raksasa (74,7%), diikuti oleh eceng gondok (58%), dan selada air (53,2%)..

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 8 artikel yang ditinjau, metode fitoremediasi mampu menurunkan kadar BOD pada air limbah domestik secara efektif, dengan nilai penurunan tertinggi sebesar 97,1% menggunakan tanaman *Nelumbo nucifera* setelah 30 hari perlakuan. *Nelumbo nucifera* telah diteliti secara luas terkait potensinya dalam fitoremediasi dan terbukti mampu mengurangi berbagai polutan pada air limbah, baik limbah domestik maupun sintetis. Penelitian sebelumnya menunjukkan tanaman ini dapat menurunkan parameter seperti pH, EC, TDS, BOD, COD, TP, serta logam berat seperti Cd, Cu, Co, Ni, Pb, dan Zn. Hasil penelitian Mustafa sejalan dengan penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh Al-Huqail (2022), yang mengeksplorasi penggunaan *Nelumbo nucifera* dalam mengurangi beban polutan pada limbah industri komposit (CIE). (Al-Huqail, 2022).

Metode fitoremediasi terbukti efektif dalam menurunkan BOD pada air limbah domestik. Efektivitas ini dipengaruhi oleh jenis tanaman yang digunakan dan lamanya waktu retensi. Semakin tinggi toleransi tanaman terhadap kontaminasi organik dan semakin lama waktu tinggalnya dalam air limbah, semakin banyak ion yang diserap, sehingga mempercepat penurunan kadar BOD.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang mengkaji 8 artikel, ditemukan bahwa metode fitoremediasi sangat efektif dalam menurunkan kadar BOD pada air limbah domestik, dengan penurunan tertinggi mencapai 97,1% menggunakan tanaman *Nelumbo nucifera* selama 30 hari perlakuan. Keefektifan metode ini bergantung pada jenis tanaman yang digunakan dan durasi waktu tinggalnya di dalam air limbah. Semakin tinggi toleransi tanaman terhadap kontaminasi bahan organik dan semakin lama waktu tinggalnya, semakin banyak ion yang diserap, sehingga penurunan kadar BOD menjadi lebih signifikan.

REFERENSI

- Abd Rasid, N.S., dkk. Evaluasi air permukaan yang diolah dengan tanaman teratai; *Nelumbo nucifera*. Jurnal Teknik Kimia Lingkungan, 2019, 7.3: 103048.
- Affi, Samir A., dkk. Penggunaan Filter Pasir Lambat untuk Menghilangkan Bahan Organik dan Padatan Tersuspensi sebagai Unit Pasca Pengolahan Limbah Air Limbah. Ilmu Lingkungan: Riset & Teknologi Air, 2023.
- Al Kholif, Muhammad, et al. Kombinasi Teknologi Filtrasi dan Anaerobik Buffled Reaktor (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik. Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia, 2023, 15.2: 19-24.
- Alao, F., dkk. Kinerja Buluh Biasa (*Phragmites australis*) di Lahan Basah Buatan untuk Pengolahan Air Abu-abu di Akure, Nigeria. Jurnal Ilmu Pertanian NASS, 2022, 4.1:15-20.
- Al-Huqail, Arwa A., dkk. Fitoremediasi limbah industri komposit menggunakan teratai suci (*Nelumbo nucifera* Gaertn): penyelidikan eksperimental skala laboratorium. Keberlanjutan, 2022, 14.15: 9500.
- Chand, Naveen; Suthar, Surindra; Kumar, Kapil. Penghapusan nutrisi air limbah dan koliform di lahan basah buatan aliran pasang surut: Pengaruh tegakan tanaman (*Typha*) dan penambahan biochar. Jurnal Teknik Proses Pengairan, 2021, 43:102292.
- Daroini, Tamamu Azizid; Ansariadi, Apri. Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan, 2020, 1.4: 558-566.
- Hadi, Syavira Nurlita; Pungut, Pungut. Penurunan Bod, Cod Dan Tss pada Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Floating Wetland Dilanjutkan Constructed Wetland. Waktu: Jurnal Teknik Unipa, 2022, 20.02: 94-102.
- Iloms, Eunice, dkk. Menyelidiki dampak limbah industri pada instalasi pengolahan air limbah kota di Vaal, Afrika Selatan. Jurnal internasional penelitian lingkungan dan kesehatan masyarakat, 2020, 17.3: 1096.
- Khanam, Khadijah; Patidar, S. K. Karakteristik greywater di negara maju dan berkembang. Materi Hari Ini: Prosiding, 2022, 57: 1494-1499.
- Koul, Bhupendra, dkk. Wawasan mengenai sistem pengolahan air limbah domestik (DWWT): sebuah tinjauan. Air, 2022, 14.21: 3542.

- Magfhira, Azzahra, et al. Fitoremediasi dengan Sistim Lahan Basah Buatan Menggunakan Tanaman Pakis Air (*Azolla Pinnata*) untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 2022, 7.1: 101-110.
- Mustafa, Hauwa M.; Hayder, Gasim. Studi terbaru tentang penerapan tanaman gulma air dalam fitoremediasi air limbah: Sebuah artikel review. *Jurnal Teknik Ain Syams*, 2021, 12.1: 355-365.
- Mustafa, Hauwa Muhammad; Hayder, Gasim. Evaluasi sistem selada air, *salvinia* raksasa dan eceng gondok dalam fitoremediasi air limbah domestik. *Jurnal H2Open*, 2021, 4.1: 167-181.
- Omer, Nayla Hassan. Parameter kualitas air. *Ilmu, penilaian dan kebijakan kualitas air*, 2019, 18: 1-34.
- Polińska, Weronika, dkk. Wawasan mengenai penggunaan proses fitoremediasi untuk menghilangkan mikropolutan organik dari air dan air limbah; sebuah ulasan. *Air*, 2021, 13.15: 2065.
- Sijimol; ML, Mansa; JOSEPH, Sabu. Analisis potensi tanaman rumput Napier, Vetiver dan Equisetum untuk pengolahan greywater domestik menggunakan lahan basah buatan tipe kotak. *Ilmu dan Teknologi Perairan*, 2021, 84.10-11:2913-2922.
- Sofiana, Masdarina; Kadarsah, Anang; Sofarini, Dini. Kualitas Air Terdampak Limbah sebagai Indikator Pembangunan Berkelanjutan di Sub DAS Martapura Kabupaten Banjar. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 2022, 8.1.
- Sonawane, Jayesh M.; Ezugwu, Chizoba I.; Ghosh, Prakash C. Sensor kebutuhan oksigen biologis berbasis sel bahan bakar mikroba untuk memantau air limbah: aplikasi canggih dan praktis. *Sensor ACS*, 2020, 5.8: 2297-2316.
- Walker, David I., dkk. Indikator virus untuk melacak kontaminasi air limbah domestik di lingkungan perairan. *Penelitian air*, 2020, 181: 115926.
- Wang, Rongjia, dkk. Produksi pertanian yang lebih bersih di wilayah sumber air minum untuk mengendalikan polusi non-point source di Tiongkok. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2021, 285: 112096.
- Yadav, Rajni, dkk. Fitoremediasi: Alat luar biasa yang hemat biaya. Dalam: *Teknologi Hemat Biaya untuk Pengolahan Limbah Padat dan Air Limbah*. Elsevier, 2022. hal. 179-208.
- Yadav, Rajni, dkk. Fitoremediasi: Alat luar biasa yang hemat biaya. Dalam: *Teknologi Hemat Biaya untuk Pengolahan Limbah Padat dan Air Limbah*. Elsevier, 2022. hal. 179-208.
- Zahro, N. M., & Nisa, V. C. (2020). Fitoremediasi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) pada limbah domestik dan timbal di hilir sungai bengawan solo gresik sebagai solusi ketersediaan air bersih sekarang dan masa depan. *JCAE (Journal of Chemistry and Education)*, 4(2), 73-83.