

EFEKTIVITAS BIOFILTER SEBAGAI TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA**Kamsul^{1*}, Khairil Anwar², Desty Pratiwi³, Tiara Cantia Aprilea⁴, Samira⁵,
Ramadhina Iriany⁶**¹²³⁴⁵⁶ Program Studi Sanitasi, Poltekkes Kemenkes Palembang, Indonesia*Corresponding Author: kamsul@poltekkespalembang.ac.id**Abstrak**

Limbah cair rumah tangga merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan yang berpotensi menurunkan kualitas badan air serta berdampak pada kesehatan masyarakat. Pengolahan limbah secara langsung sebelum dibuang ke lingkungan menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah biofilter, yang dinilai efektif, murah, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas berbagai media biofilter dalam proses pengolahan limbah cair rumah tangga. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* dengan menelusuri artikel melalui basis data Google Scholar menggunakan aplikasi Publish or Perish dan referensi dikelola melalui Mendeley. Berdasarkan hasil kajian literatur, diketahui bahwa media biofilter seperti arang aktif, serat kelapa, ijuk, kerikil, eceng gondok, dan akar mangrove terbukti mampu menurunkan parameter pencemar seperti BOD, COD, TSS, deterjen, minyak, serta logam berat. Sistem biofilter berpotensi besar diterapkan sebagai solusi teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah cair rumah tangga, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur pengolahan air.

Sejarah Artikel

Submitted: 2 Juli 2025

Accepted: 9 Juli 2025

Published: 10 Juli 2025

Kata Kunci

Biofilter; Limbah cair rumah tangga; Pengolahan air; Teknologi tepat guna; Sistem sanitasi

PENDAHULUAN

Pengelolaan air limbah rumah tangga merupakan isu lingkungan yang terus mendapat perhatian, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan urbanisasi, volume limbah cair rumah tangga juga semakin meningkat. Limbah cair domestik, yang berasal dari kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci, memasak, dan buang air besar, umumnya dibuang langsung ke saluran terbuka atau badan air tanpa melalui proses pengolahan yang memadai. Kondisi ini sangat memprihatinkan, terutama di kawasan padat penduduk dan daerah perdesaan yang belum memiliki sistem pengolahan air limbah terpusat. Akibatnya, pencemaran air permukaan dan air tanah menjadi masalah yang sangat serius, yang berpotensi mengancam kesehatan masyarakat serta merusak keseimbangan ekosistem lokal (Nabegu et al., 2020).

Berdasarkan data dari (UNICEF&WHO, 2021), lebih dari 2 miliar orang di dunia masih belum memiliki akses terhadap sistem sanitasi yang aman, dan sebagian besar dari mereka tinggal di kawasan pedesaan dan pemukiman informal. Limbah cair rumah tangga mengandung berbagai zat pencemar, termasuk bahan organik, senyawa nitrogen dan fosfor, deterjen, serta mikroorganisme patogen seperti bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella*. Tanpa pengolahan yang layak, bahan pencemar ini dapat mencemari sumber air minum, menyebabkan eutrofikasi pada perairan, serta memicu wabah penyakit seperti diare, kolera, dan hepatitis A. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem pengolahan air limbah yang efektif, terjangkau, dan ramah lingkungan, terutama pada tingkat rumah tangga yang seringkali menjadi titik awal sumber pencemaran.

Salah satu teknologi pengolahan limbah cair rumah tangga yang semakin populer dan menunjukkan potensi besar dalam skala kecil maupun menengah adalah **biofilter**. Biofilter merupakan suatu sistem pengolahan limbah yang menggabungkan proses penyaringan mekanik dan biologis. Teknologi ini memanfaatkan berbagai media filter seperti pasir, kerikil, arang aktif, ijuk, zeolit, dan bahan organik lainnya yang berfungsi sebagai tempat tumbuh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut, terutama bakteri pengurai, akan memanfaatkan

senyawa organik dalam limbah sebagai sumber energi dan nutrisi, sehingga terjadi proses degradasi biologis terhadap polutan (Mahapatra et al., 2020). Biofilter dapat dirancang dalam berbagai bentuk dan konfigurasi, seperti biofilter vertikal, horizontal, atau kombinasi keduanya, tergantung pada kondisi lokal, jenis limbah, dan kapasitas pengolahan yang dibutuhkan.

Penelitian empiris menunjukkan bahwa biofilter mampu menurunkan kadar polutan secara signifikan. Sebagai contoh, penelitian oleh (Damayanti et al., 2020) menemukan bahwa biofilter tiga tahap yang menggunakan media ijuk dan arang aktif mampu menurunkan kadar Biological Oxygen Demand (BOD) hingga 85% dan Total Suspended Solids (TSS) hingga 78% dalam waktu lima hari pengolahan. Sementara itu, (Wahyuni et al., 2022) melaporkan bahwa biofilter vertikal berbasis pasir dan batu zeolit mampu menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) hingga 90%. Efektivitas ini tidak hanya menunjukkan kinerja yang memadai, tetapi juga menunjukkan bahwa teknologi biofilter cocok untuk diterapkan pada skala rumah tangga dengan biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah. Selain itu, biofilter juga memiliki keunggulan berupa fleksibilitas desain, kemampuan beradaptasi terhadap beban limbah yang fluktuatif, serta tidak memerlukan energi listrik yang besar, sehingga cocok untuk daerah dengan infrastruktur terbatas.

Selain aspek teknis dan efisiensi, teknologi biofilter juga dinilai ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya dan dapat dikombinasikan dengan teknologi pengolahan lainnya seperti kolam stabilisasi, constructed wetlands, atau reaktor anaerobik untuk meningkatkan hasil akhir pengolahan limbah (Farizawati et al., 2021). Dengan kata lain, biofilter tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga menawarkan pendekatan ekosistemik dalam pengelolaan limbah cair. Hal ini sangat relevan dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi sumber daya, konservasi lingkungan, dan partisipasi masyarakat. Beberapa model biofilter bahkan dapat dibangun dengan memanfaatkan bahan lokal yang mudah diperoleh, sehingga mendorong pemberdayaan komunitas dalam pengelolaan limbah.

Merujuk pada fakta-fakta tersebut, penelitian terkait efektivitas biofilter dalam mengolah limbah cair rumah tangga menjadi semakin penting dan relevan, terutama dalam mendukung pembangunan berkelanjutan serta pengelolaan air limbah yang inklusif. Oleh karena itu, studi ini dilakukan dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) guna menganalisis dan merangkum berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan terkait implementasi biofilter untuk pengolahan limbah cair domestik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tren penggunaan biofilter, menilai efektivitasnya berdasarkan indikator kualitas air, serta mengevaluasi tantangan dan peluang pengembangannya di masa depan. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat menjadi landasan teoritis dalam mengembangkan teknologi biofilter yang lebih efisien dan aplikatif untuk skala rumah tangga, terutama di wilayah yang belum memiliki sistem pengolahan limbah yang memadai.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kajian pustaka (library research), sebagaimana dikemukakan oleh (Sugiyono, 2021), yaitu suatu kegiatan pengumpulan data atau informasi yang bersumber dari berbagai dokumen dan literatur ilmiah untuk mendukung perumusan teori, konsep, serta analisis masalah penelitian. Pendekatan yang digunakan dalam studi ini adalah Systematic Literature Review (SLR), sebagaimana dijelaskan oleh (Snyder, 2020), yang menekankan pentingnya proses seleksi literatur yang sistematis, objektif, dan dapat direplikasi.

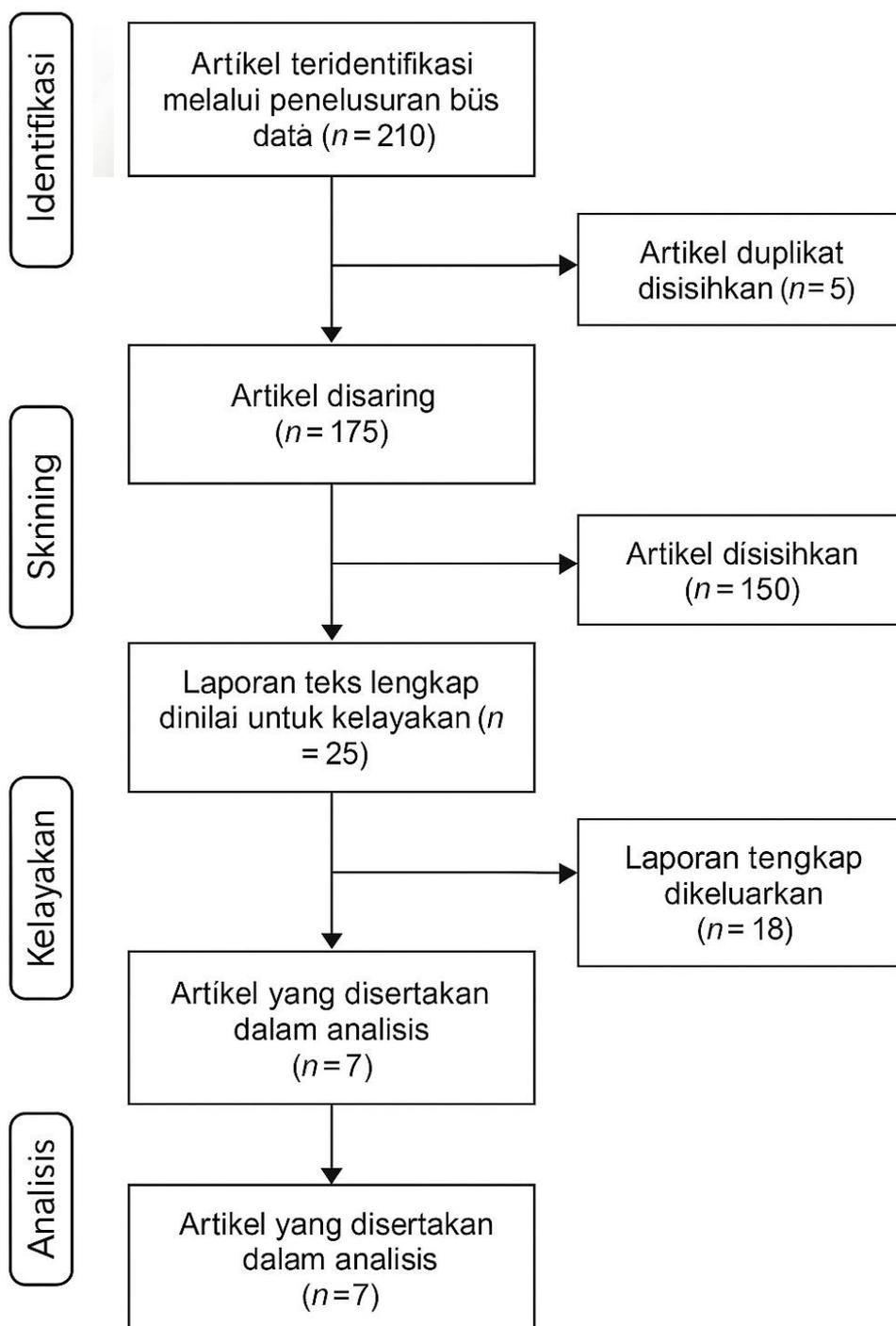
Proses penelusuran literatur dilakukan melalui mesin pencari Google Scholar dengan bantuan aplikasi Publish or Perish (PoP) untuk memperluas cakupan pencarian dan

meningkatkan efisiensi seleksi. Pengelolaan referensi dilakukan menggunakan Mendeley. Pencarian difokuskan pada topik “*Efektivitas Biofilter dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga*”, yang menghasilkan sebanyak 210 artikel ilmiah.

Untuk memastikan hanya artikel yang relevan dan berkualitas tinggi yang dianalisis, ditetapkan lima kriteria inklusi berikut:

1. Artikel memuat data empiris atau hasil studi kasus, bukan hanya opini atau teori semata.
2. Menggunakan pendekatan teknologi lingkungan atau teknik sipil dalam konteks pengolahan limbah cair.
3. Menampilkan informasi kuantitatif mengenai efektivitas sistem biofilter, seperti efisiensi penurunan BOD, COD, atau TSS.
4. Merupakan bagian dari jurnal terindeks nasional atau internasional yang seluruhnya open access.
5. Mengandung minimal abstrak atau ringkasan dalam bahasa Inggris, untuk mempermudah validasi isi oleh peneliti.

Tahapan seleksi artikel meliputi: identifikasi awal, skrining judul dan abstrak, seleksi berdasarkan isi, dan pembacaan penuh untuk analisis. Proses seleksi dilakukan mengikuti kerangka kerja PRISMA 2020 (Moher et al, 2021) yang menjamin transparansi dalam pelaporan hasil review. Setelah melalui tahapan penyaringan, diperoleh 7 artikel ilmiah yang memenuhi seluruh kriteria dan dijadikan dasar dalam analisis dan pembahasan. Diagram alur proses seleksi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses skrining artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Publish or Perish* merupakan alat bantu yang sangat efektif dalam mendukung proses pencarian dan analisis literatur ilmiah secara sistematis. Dalam penelitian ini, aplikasi ini digunakan untuk menelusuri artikel-artikel yang relevan dari berbagai basis data terkemuka seperti Google Scholar, Scopus, Web of Science, dan PubMed. Pencarian artikel difokuskan pada topik “Efektivitas Biofilter Dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga”.

Penggunaan kata kunci spesifik dan pembatasan tahun publikasi memungkinkan penelusuran yang lebih terarah dan efisien.

Salah satu keunggulan dari *Publish or Perish* adalah kemampuannya menyajikan berbagai indikator bibliometrik seperti h-index, g-index, hA-index, dan jumlah sitasi artikel, yang sangat membantu peneliti dalam menilai kualitas dan pengaruh suatu publikasi atau penulis dalam bidang tertentu. Dengan demikian, proses pemilihan literatur tidak hanya berdasarkan kecocokan topik, tetapi juga mempertimbangkan kredibilitas akademik dari artikel yang dipilih. Berbagai kajian ilmiah telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir mengenai teknologi penjernihan air menggunakan metode koagulasi, baik dengan memanfaatkan koagulan sintetik maupun alami (Tabel 2). Koagulan sintetik seperti aluminium sulfat (alum), besi(III) klorida, dan poli aluminium klorida (PAC) masih banyak digunakan dalam sistem pengolahan air bersih karena mudah diperoleh, biaya produksi yang relatif rendah, dan efektivitasnya dalam menurunkan kekeruhan air. Namun, sejumlah penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan koagulan sintetik secara terus-menerus dan dalam jumlah besar dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Koagulan sintetik umumnya tidak bersifat biodegradable, sehingga residunya dapat tertinggal dalam air minum atau mencemari lingkungan perairan (Krupińska, 2020; Zamani et al, 2017; Mustafiah, 2018). Dampak jangka panjangnya antara lain gangguan neurologis, risiko kanker, dan gangguan reproduksi, terutama jika senyawa seperti alum atau akrilamida tidak tereliminasi secara sempurna dalam proses pengolahan.

Salah satu tahapan penting dalam perbaikan kualitas air adalah proses koagulasi. Koagulasi merupakan teknik pengolahan air yang bertujuan untuk menstabilkan partikel-partikel koloid dalam air melalui penambahan zat kimia (koagulan), sehingga partikel-partikel tersebut dapat menggumpal dan membentuk flok yang lebih besar. Flok ini kemudian mudah mengendap dalam tahap selanjutnya seperti sedimentasi dan filtrasi. Proses ini tidak hanya efektif dalam menurunkan kekeruhan, tetapi juga mengurangi warna, bau, rasa, logam berat, dan kandungan mikroorganisme patogen. Efektivitas koagulasi dipengaruhi oleh sejumlah parameter, antara lain jenis dan dosis koagulan, pH air, suhu, kekuatan pengadukan, serta waktu (Harahap et al., 2018; Rachmayanti, et al., 2020).

Dalam praktiknya, koagulan dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu koagulan sintetik dan koagulan alami atau biokoagulan. Koagulan alami berasal dari bahan nabati yang umumnya memiliki kandungan protein bermuatan positif, polisakarida, atau senyawa aktif lainnya yang mampu menetralkan muatan negatif partikel koloid dalam air. Beberapa jenis tanaman yang telah diteliti potensinya sebagai biokoagulan antara lain *Moringa oleifera* (kelor), *Strychnos potatorum*, *Cassia angustifolia*, *Cactus latifaria*, dan *Prosopis juliflora*. Penelitian dari (Hoa, H. D., & Son, 2017) serta (Edogbanya et al., 2017) menunjukkan bahwa ekstrak biji kelor maupun buah *Adansonia digitata* dapat mengurangi kekeruhan air hingga 96–99% tergantung pada dosis dan kondisi air baku. Hasil serupa juga diperoleh dari studi dalam *Applied Water Science* (2019), yang menunjukkan bahwa kombinasi antara biji kelor dan *Strychnos potatorum* dapat menurunkan kekeruhan hingga 99% pada air dengan kekeruhan tinggi. Menariknya, sejumlah penelitian bahkan menunjukkan bahwa efektivitas biokoagulan dalam beberapa kasus dapat menyamai atau melebihi performa koagulan sintetik seperti alum, khususnya dalam konteks pengolahan air di daerah pedesaan atau sumber air dengan kontaminasi ringan hingga sedang.

Efektivitas biokoagulan ini menjadikannya alternatif yang menjanjikan dalam pengolahan air ramah lingkungan. Selain bersifat biodegradable dan aman bagi kesehatan, bahan-bahan alami tersebut juga mudah diperoleh secara lokal dan berkelanjutan, menjadikannya solusi tepat guna terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi modern dan infrastruktur pengolahan air yang memadai. Oleh karena itu, pengembangan biokoagulan

untuk penjernihan air tidak hanya merupakan pendekatan ilmiah, tetapi juga strategi praktis yang mendukung ketahanan air bersih secara berkelanjutan.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan dari berbagai studi lainnya yang juga menggunakan biokoagulan untuk meningkatkan kualitas air (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Penggunaan Biofilter dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga

No	Topik Penelitian	Jenis Biofilter yang Digunakan	Hasil Penelitian	Sumber
1	Efektivitas biofilter aerob-anaerob dalam menurunkan parameter pencemar limbah rumah tangga	Biofilter aerob-anaerob dengan media ijuk, batu kerikil, dan arang aktif	Terjadi penurunan kadar COD dari 400 mg/L menjadi 56 mg/L (efisiensi 86%) dan BOD dari 250 mg/L menjadi 38 mg/L (efisiensi 84%).	(Widyaningsih et al., 2020)
2	Penggunaan biofilter vertikal tanaman eceng gondok untuk pengolahan grey water	Biofilter vertikal dengan tanaman eceng gondok dan media pasir-zeolit	BOD menurun sebesar 85%, COD sebesar 90%, dan kandungan deterjen sebesar 78% setelah 5 hari pengolahan.	(Hartono & Anjani, 2024)
3	Sistem biofilter aerob substrat campuran untuk pengolahan limbah rumah tangga di daerah padat penduduk	Biofilter aerob substrat campuran (arang bambu, pasir, ijuk)	Penurunan BOD dari 210 mg/L menjadi 23 mg/L (efisiensi 89%) dan TSS dari 120 mg/L menjadi 19 mg/L (efisiensi 84%).	(Fitria et al., 2025)
4	Kinerja biofilter bertingkat dalam pengolahan air limbah domestik perkotaan	Biofilter aerob bertingkat menggunakan sabut kelapa dan arang aktif	Efektivitas pengurangan COD 91%, NH ₃ -N sebesar 76%, dan TSS sebesar 85% setelah 7 hari pemrosesan.	(Pratiwi et al., 2019)
5	Kombinasi biofilter anaerob horizontal dan vegetasi akar mangrove dalam menurunkan E. coli dan klorida	Biofilter anaerob horizontal dengan akar mangrove	E. coli turun 98% dan klorida dari 450 mg/L menjadi 67 mg/L, efisiensi 85,1%.	(Lestari et al., 2023)
6	Efektivitas biofilter dari limbah organik padat rumah tangga dalam menurunkan TSS dan minyak	Biofilter berbahan limbah dapur dan biofilm (limbah sayur, sabut kelapa)	TSS menurun 79% dan minyak & lemak sebesar 73% pada hari ke-6 pengolahan.	(Hamidah et al., 2022)
7	Penggunaan constructed wetland berbasis tanaman hias dalam pengolahan limbah cucian rumah tangga	Biofilter CW dengan tanaman <i>Canna indica</i> dan media kerikil-pasir	Penurunan COD mencapai 86% dan surfaktan sebesar 75%, serta peningkatan kualitas estetika air.	(Wulandari et al., 2021)

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, biofilter merupakan salah satu teknologi yang efektif dalam pengolahan limbah cair rumah tangga karena mampu memanfaatkan proses biologis dan media filtrasi secara simultan. Prinsip kerja biofilter terletak pada peran mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media filter, yang berfungsi untuk menguraikan senyawa organik dan anorganik dalam limbah. Salah satu mekanisme utama dalam sistem biofilter adalah **biodegradasi**, yakni pemecahan senyawa-senyawa pencemar

oleh aktivitas mikroba yang menetap di media seperti arang aktif, kerikil, ijuk, pasir, atau serat tanaman (Fitria, et al., 2025). Proses ini umumnya dilakukan dalam kondisi aerob maupun anaerob, tergantung desain biofilternya.

Media biofilter seperti arang aktif, serat kelapa, dan kerikil memiliki permukaan luas yang memungkinkan mikroorganisme tumbuh dan membentuk lapisan biofilm. Lapisan biofilm ini memainkan peran penting dalam penyerapan dan degradasi senyawa pencemar seperti BOD, COD, TSS, minyak, deterjen, serta kandungan logam berat. Semakin tinggi kepadatan biofilm dan semakin optimal kondisi lingkungan (pH, suhu, dan oksigen), maka semakin tinggi pula efisiensi pengolahan limbah (Hamidah et al., 2022; Hartono & Anjani, 2024). Dalam beberapa studi, efisiensi penurunan BOD dan COD oleh biofilter mencapai lebih dari 80%, menunjukkan efektivitasnya dalam mengolah limbah domestik dengan beban pencemar ringan hingga sedang.

Biofilter tidak hanya bekerja melalui proses biologis, tetapi juga melalui filtrasi fisik dan adsorpsi kimia. Misalnya, arang aktif dalam biofilter tidak hanya menyediakan tempat tumbuh mikroba, tetapi juga menyerap senyawa organik dan logam berat yang terdapat dalam limbah cair (Widyaningsih et al., 2020). Tanaman air seperti eceng gondok atau akar mangrove yang digunakan dalam sistem biofilter basah juga berkontribusi terhadap penurunan polutan melalui serapan akar dan proses fitoremediasi. Oleh karena itu, desain sistem biofilter yang menggabungkan media biologis dan tanaman mampu memberikan hasil pengolahan limbah yang lebih optimal.

Berdasarkan hasil kajian literatur, pemanfaatan teknologi biofilter terbukti efektif dalam menurunkan parameter pencemar utama limbah cair rumah tangga seperti BOD, COD, TSS, minyak, deterjen, dan logam berat. Biofilter juga tergolong teknologi yang sederhana, hemat biaya, serta ramah lingkungan, sehingga sangat cocok diterapkan di permukiman padat penduduk, kawasan pesisir, dan daerah dengan keterbatasan infrastruktur pengolahan air. Dengan demikian, biofilter menjadi salah satu solusi alternatif yang menjanjikan dalam pengolahan limbah cair domestik serta mendukung penyediaan lingkungan yang bersih dan sehat.

SIMPULAN

Pemanfaatan teknologi biofilter terbukti efektif sebagai metode alami dan berkelanjutan dalam mengolah limbah cair rumah tangga. Berbagai media biofilter seperti arang aktif, kerikil, serat kelapa, ijuk, serta tanaman air seperti eceng gondok dan akar mangrove mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS, deterjen, minyak, hingga logam berat secara signifikan. Proses pengolahan ini berlangsung melalui kombinasi mekanisme filtrasi fisik, adsorpsi kimia, serta degradasi biologis oleh mikroorganisme yang hidup di media biofilter. Melalui pendekatan yang ramah lingkungan, biaya rendah, serta mudah diaplikasikan, sistem biofilter menjadi alternatif yang sangat potensial untuk diterapkan di kawasan permukiman padat, daerah pesisir, maupun wilayah yang belum memiliki sistem pengolahan limbah modern. Efektivitas biofilter ini mendukung rekomendasi bahwa limbah cair rumah tangga yang telah melalui proses pengolahan biofilter berpotensi memenuhi standar lingkungan dan aman untuk dilepaskan ke badan air atau dimanfaatkan kembali untuk keperluan terbatas non-konsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, Y., Nurhayati, T., & Sudiana, I. M. (2020). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Menggunakan Biofilter Tiga Tahap dengan Media Ijuk dan Arang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(2), 76–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jtl.2020.26.2.3>
- Edogbanya, P. R., Odiaka, C., & Afolabi, A. S. (2017). Coagulation efficacy of *Adansonia digitata* seed extract in water treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(5), 1115–1124.

- Farizawati, I., et al. (2021). The Effectiveness of Household-Scale Biofilters in Wastewater Treatment: A Case Study in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1), 012050. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012050>
- Fitria, D., Haryati, E., & Susilo, D. (2025). Efektivitas sistem biofilter aerob substrat campuran dalam pengolahan limbah rumah tangga di kawasan padat penduduk. *Jurnal Teknik Lingkungan Tropis*, 14(1), 22–30.
- Hamidah, N., Widodo, T. W., & Sari, R. (2022). Pemanfaatan limbah dapur sebagai biofilter alami dalam menurunkan TSS dan minyak pada limbah rumah tangga. *urnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 12(3), 133–140.
- Harahap, M. B., Sinulingga, M., & Sitorus, T. B. (2018). Koagulasi-flokulasi dengan PAC dan tawas dalam pengolahan air gambut. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(4), 11–18.
- Hartono, S., & Anjani, R. (2024). Efektivitas biofilter vertikal eceng gondok terhadap penurunan polutan dalam grey water. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 16(2), 45–52.
- Hoa, H. D., & Son, L. X. (2017). Evaluation of Moringa oleifera seed extract as a natural coagulant for surface water treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 291–296.
- Krupińska, I. (2020). Negative effects of aluminum on human health and possible mitigation through water treatment processes. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 22088–22104.
- Lestari, M. R., Hidayat, A., & Rahmawati, L. (2023). Integrasi biofilter anaerob horizontal dan vegetasi mangrove untuk pengolahan limbah domestik. *Journal of Environmental Sanitation*, 9(1), 55–63.
- Mahapatra, D. M., Chanakya, H. N., & Ramachandra, T. V. (2020). Microbial Biofilters for Wastewater Treatment: A Comprehensive Review. *Ecological Engineering*, 158, 106069. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106069>
- Mustafiah, M. (2018). Kajian pemanfaatan biokoagulan dalam pengolahan air bersih. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 24(1), 20–28.
- Nabegu, A. B., et al. (2020). Household Wastewater Management in Developing Countries: A Review. *Water Science and Technology*, 81(9), 1903–1915. <https://doi.org/https://doi.org/10.2166/wst.2020.155>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *B. MJ*, 372, n71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pratiwi, F. D., Wibowo, A., & Nugraha, B. (2019). Studi penggunaan biofilter bertingkat dalam pengolahan limbah cair domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), 101–108.
- Rachmayanti, Y., Prasetyo, T. A., & Anugrah, D. S. (2020). Efektivitas biji kelor sebagai koagulan alami dalam pengolahan air sumur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 145–152.
- Snyder, H. (2020). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (2nd ed.)* (Alfabeta.).
- Wahyuni, D., Hidayat, M., & Prasetya, B. (2022). Efektivitas Sistem Biofilter Vertikal dalam Menurunkan COD Air Limbah Domestik. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), C30–C35. <https://doi.org/https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i1.90143>
- WHO, U. &. (2021). *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000–2020: Five years into the SDGs*. <https://washdata.org/>
- Widyaningsih, D., Putri, S. N., & Laksmi, M. (2020). Penggunaan kombinasi media arang aktif dan batu kerikil dalam biofilter aerob-anaerob untuk menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 11(1), 15–22.
- Wulandari, A. T., & Nugroho, H. (2021). Penerapan constructed wetland berbasis tanaman hias

untuk pengolahan limbah cucian rumah tangga. *urnal Teknologi Lingkungan dan Kesehatan*, 13(2), 67–74.

Zamani, A., Hashim, M. A., & Abdullahi, T. (2017). Health risks of acrylamide: A review. *Science of the Total Environment*, 601–602, 1131–1144.