

Kajian Pengaruh Ukuran Bahan Biofil Trasi Terhadap Nilai pH dan Kadar BOD Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik

Muhammad Sulthon Djundy

Program Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. Garuda Mas Jl. Mendungan No.6, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169

*Corresponding Author

E-mail Address: d500210039@student.ums.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh ukuran partikel bahan biofiltrasi terhadap perubahan nilai pH dan nilai BOD dalam pengolahan limbah cair domestik rumah tangga. Limbah cair domestik umumnya mengandung bahan organik yang dapat meningkatkan kadar BOD dan menyebabkan ketidakseimbangan pH, sehingga diperlukan proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian dilakukan dengan metode filtrasi menggunakan media kombinasi ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit dengan variasi ukuran partikel 20, 40, dan 70 mesh. Analisis pH dilakukan menggunakan pH meter, sedangkan nilai BOD diukur dengan DO meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin halus ukuran partikel media biofiltrasi (mesh lebih besar), semakin efektif proses penurunan nilai pH dan BOD. Nilai pH setelah filtrasi berada pada kisaran 7,9–8,3, sedangkan nilai BOD menurun signifikan dari 153 mg/L menjadi 33,9 mg/L. Meskipun nilai BOD belum sepenuhnya memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri LHK No. 11 Tahun 2025, namun hasil ini menunjukkan bahwa sistem biofiltrasi multi-media memiliki potensi sebagai metode pengolahan limbah cair domestik skala kecil yang ramah lingkungan

Kata Kunci : Biofiltrasi, Limbah Domestik Cair, pH, BOD

ABSTRACT

This study aims to examine the effect of biofiltration material particle size on changes in pH and BOD values in the treatment of domestic household wastewater. Domestic wastewater generally contains organic materials that can increase BOD levels and cause pH imbalance, so a treatment process is required before being discharged into the environment. The study was conducted using a filtration method using a combination of bagasse, coconut shell charcoal, and zeolite media with particle sizes varying from 20, 40, and 70 mesh. The pH analysis was carried out using a pH meter, while the BOD value was measured using a DO meter. The results showed that the finer the particle size of the biofiltration media (larger mesh), the more effective the process of reducing pH and BOD values. The pH value after filtration was in the range of 7.9–8.3, while the BOD value decreased significantly from 153 mg/L to 33.9 mg/L. Although the BOD value does not fully meet the quality standards according to the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 11 of 2025, these results indicate that the multi-media biofiltration system has potential as an environmentally friendly method for small-scale domestic wastewater treatment.

Keywords: Biofiltration, Liquid Domestic Waste, pH, BOD

PENDAHULUAN

Limbah merupakan sisa hasil dari suatu proses produksi, baik yang berasal dari kegiatan industri maupun rumah tangga, yang pada umumnya disebut sebagai sampah. Keberadaan limbah pada waktu dan tempat tertentu dianggap menimbulkan gangguan lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis serta berpotensi menjadi sumber pencemaran jika tidak dikelola (Faizah et al., 2022).

Biofiltrasi adalah salah satu metode pengolahan limbah secara biologis yang ramah dengan lingkungan, memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa yang menyebabkan bau. Metode ini banyak diterapkan dalam pengendalian emisi gas dan bau karena memiliki keunggulan berupa sistem operasi yang sederhana, kebutuhan biaya investasi dan operasional yang rendah, serta efektivitas yang tinggi dalam

menurunkan tingkat pencemaran udara (Yani & Juliana, 2012).

Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) digunakan untuk menilai kualitas air limbah berdasarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses penguraian. Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin besar kandungan bahan organik yang harus diuraikan, sehingga menunjukkan kualitas limbah yang semakin buruk. Dengan begitu, parameter BOD dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran dan konsentrasi bahan organik dalam limbah cair, selama tidak terdapat faktor yang menghambat aktivitas mikroorganisme (Sari et al., 2013).

pH merupakan satuan yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau larutan. Nilai pH diukur pada skala 0 hingga 14 dan didefinisikan sebagai negatif logaritma dari konsentrasi ion hidrogen $[H^+]$, yang dinyatakan dalam persamaan $pH = -\log[H^+]$. Nilai pH memberikan informasi kuantitatif mengenai aktivitas ion hidrogen dalam larutan, larutan bersifat asam jika $[H^+] > [OH^-]$ dengan $pH < 7$, dan bersifat basa jika $[OH^-] > [H^+]$ dengan $pH > 7$ (Jurusan et al., 2014).

Tempurung kelapa berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap ion positif (kation), ion negatif (anion), serta berbagai senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam air (Salim et al., 2018).

Ampas tebu (*sugarcane bagasse*) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu dan umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dalam industri gula untuk menghasilkan energi. Material ini berpotensi dimanfaatkan sebagai media filtrasi alami. Struktur porinya yang berserat memungkinkan ampas tebu berfungsi sebagai penyaring partikel tersuspensi dan sebagai tempat tumbuhnya mikroorganisme dalam proses biofiltrasi (Andaka, 2011).

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah dengan struktur tiga dimensi berongga. Material ini banyak dimanfaatkan karena kemampuannya penyerap molekul, media filtrasi, katalis, serta penukar ion. Berdasarkan asalnya, zeolit dibedakan menjadi zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam terbentuk secara alami dari proses transformasi abu vulkanik oleh air yang mengendap di dasar laut, sedangkan zeolit sintetis dibuat dengan meniru proses hidrotermal pembentukan zeolit alam menggunakan gel aluminosilikat yang berasal dari campuran natrium aluminat, natrium silikat, dan natrium hidroksida. Struktur berpori dan luas permukaannya yang tinggi menjadikan zeolit efektif digunakan dalam proses filtrasi dan penyerapan ion-ion pencemar dalam pengolahan air limbah (Marsidi, 2001).

Penelitian yang dilakukan oleh (Nababan et al., 2019) mengevaluasi pengaruh variasi jenis media biofilter dalam proses pengolahan air limbah domestik. Tiga jenis media yang digunakan pada penelitian tersebut meliputi batu pecah, lembaran plastik, dan arang dari tempurung kelapa. Berdasarkan hasil pengujian, media berbentuk lembaran plastik menunjukkan efektivitas tertinggi dengan kemampuan menurunkan nilai BOD hingga sekitar 84,76% serta menghasilkan pH akhir yang mendekati kondisi netral. Temuan ini menunjukkan bahwa sifat fisik media, seperti tingkat porositas dan luas permukaan kontak, memiliki peranan penting terhadap efektivitas sistem biofiltrasi dalam meningkatkan kualitas air limbah.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sa et al., 2024), diterapkan teknologi *Biological Aerated Filter* (BAF) dengan menggunakan media bioball sebagai sarana pengolahan air limbah domestik. Kombinasi antara sistem aerasi dan bentuk media yang bulat serta berongga mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme pada proses oksidasi senyawa organik, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap penurunan kadar BOD dan kestabilan nilai pH pada air hasil olahan.

Menurut hasil tinjauan sistematis yang dilakukan oleh (Zairinayati et al., 2025) baik proses biofiltrasi aerob maupun anaerob terbukti mampu menurunkan kadar BOD pada limbah cair domestik secara efektif. Tingkat efisiensi penurunan tersebut berkisar antara 60 hingga 90%, yang dipengaruhi oleh desain sistem biofilter, lama waktu tinggal hidraulik, serta sifat fisik media filtrasi yang digunakan. Kajian tersebut menekankan bahwa pengaturan karakteristik media, seperti ukuran partikel dan luas area permukaan kontak, memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja proses biofiltrasi secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, hasil dari berbagai studi sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik fisik media biofiltrasi, seperti luas area permukaan dan ukuran pori, memiliki pengaruh yang nyata terhadap kemampuan sistem dalam menurunkan nilai BOD serta menjaga kestabilan pH air limbah. Meski demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih terfokus pada variasi jenis media, bukan pada perbedaan ukuran partikel sebagai variabel utama. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis lebih mendalam pengaruh ukuran bahan biofiltrasi dengan variasi 20, 40, dan 70 mesh terhadap perubahan pH dan BOD pada limbah cair domestik rumah tangga.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel media biofiltrasi terhadap nilai pH dan BOD pada limbah cair domestik rumah tangga. Variabel bebas yang digunakan adalah ukuran partikel media biofiltrasi.

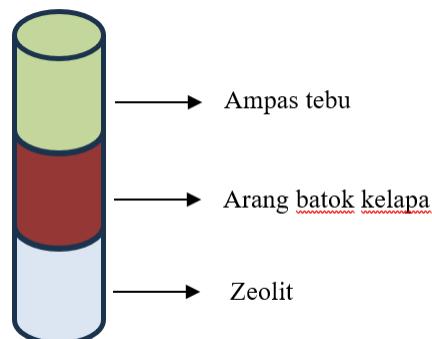
Alat dan Bahan

Alat yang mendukung pelaksanaan penelitian ini mencakup Pipa PVC berukuran $\frac{3}{4}$ inch dengan panjang 1,5 meter dibagi menjadi 3 bagian, penutup pipa, kawat kassa, dan ember. Dan bahan yang digunakan penelitian ini berupa ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit.

zeolit.

Persiapan Bahan Dan Pembuatan Alat Filtrasi

Pencucian media filtrasi berupa ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit guna untuk menghilangkan pengotornya lalu keringkan setiap bahan media filtrasi. Merangkai alat filtrasi yaitu Pipa PVC berukuran $\frac{3}{4}$ inch kemudian susun media filtrasi pada pipa dan kawat kassa sebagai pembatas tiap stage media filtrasi sesuai dengan variabel yang ditentukan.

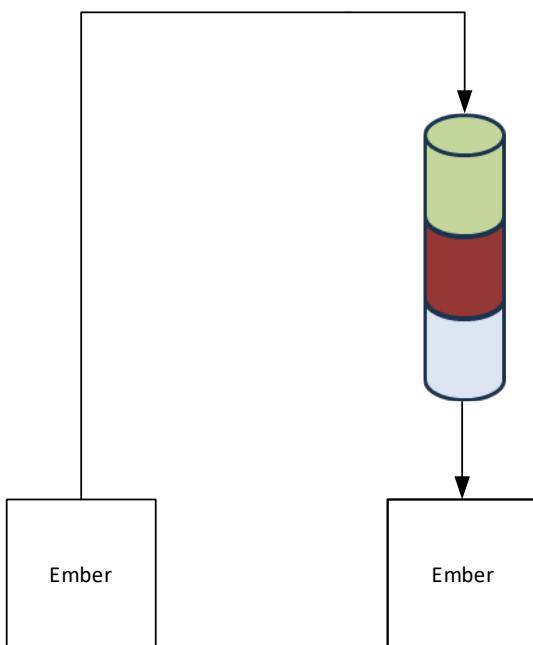


Gambar 1. Rancangan Alat Filtrasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Filtrasi

Pada penelitian ini menggunakan sampel limbah domestik rumah tangga dengan menggunakan rangkaian alat filtrasi dari berbagai jenis ukuran pipa, media filtrasi berupa arang batok kelapa, ampas tebu, dan zeolit.



Gambar 2. Mekanisme Filtrasi

Efektivitas penurunan kadar pH pada limbah laundri yang bersifat basa dengan menggunakan sistem filtrasi multi-media yang terdiri dari zeolit, karbon aktif, dan ampas tebu didasarkan pada serangkaian proses fisika-kimia dan biokimia yang saling mendukung. Limbah laundri umumnya memiliki pH tinggi akibat kandungan natrium karbonat dan surfaktan dari deterjen. Penurunan pH dalam sistem ini terjadi bukan karena reaksi netralisasi langsung oleh media, melainkan sebagai hasil dari aktivitas biologis oleh media filter tersebut. Mekanisme utama yang berperan adalah proses nitrifikasi, yaitu transformasi amonia (NH_4^+) yang berasal dari limbah organik menjadi nitrat (NO_3^-). Dengan reaksi oksidasi amonia menjadi nitrit sebagai berikut :



Proses ini melepaskan ion hidrogen (H^+) ke dalam air. Pelepasan ion H^+ inilah yang bersifat asam dan secara efektif menurunkan pH limbah yang tadinya basa, membawanya ke tingkat yang lebih netral. Setiap komponen media memainkan peran yang spesifik dan sinergis. Ampas tebu, yang diletakkan pada lapisan awal, berfungsi sebagai pre-filter mekanis untuk menyaring partikel tersuspensi dan busa deterjen, sehingga

mencegah penyumbatan (clogging) pada lapisan media di bawahnya. Sementara itu, karbon aktif berperan penting dalam mengadsorpsi senyawa organik kompleks dari sisa deterjen, pewangi, serta menetralkan sisa klorin yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Dengan menghilangkan senyawa inhibitor ini, karbon aktif menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi bakteri nitrifikasi untuk berkembang biak.

Terakhir, zeolit tidak hanya berfungsi sebagai substrat bagi biofilm, tetapi juga membantu mengurangi beban amonia awal melalui mekanisme pertukaran ion, sehingga menstabilkan proses nitrifikasi secara keseluruhan. Penurunan nilai BOD pada air limbah setelah melalui proses filtrasi menggunakan media ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit terjadi karena adanya kombinasi mekanisme penyisihan fisik dan biologis. Pada tahap awal, media ampas tebu berperan sebagai penyaring awal (pre-filter) yang mampu menahan partikel padatan tersuspensi dan zat organik berukuran besar. Struktur ampas tebu yang berserat juga menyediakan permukaan luas bagi pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut kemudian memanfaatkan senyawa organik terlarut sebagai sumber nutrisi, sehingga terjadi proses biodegradasi yang menurunkan kandungan bahan organik yang menjadi penyumbang nilai BOD. Namun, efektivitas media ini sangat dipengaruhi oleh tahap persiapan; ampas tebu harus dicuci terlebih dahulu agar tidak melepaskan sisa gula yang justru dapat meningkatkan BOD awal.

Selanjutnya, air yang telah melalui proses biofiltrasi dialirkan ke media arang batok kelapa, yang bekerja sebagai adsorben. Struktur pori arang yang luas memungkinkan terjadinya adsorpsi senyawa organik terlarut yang tidak terdegradasi oleh mikroorganisme pada lapisan sebelumnya. Proses ini membantu menurunkan konsentrasi bahan organik yang bersifat mudah maupun sulit terurai sehingga kebutuhan oksigen untuk penguraiannya dalam air juga menurun.

Media terakhir yaitu zeolit bekerja melalui mekanisme pertukaran ion, terutama dalam mengurangi kandungan amonia (NH_4^+) yang juga berkontribusi terhadap nilai BOD. Dengan berkurangnya amonia dan senyawa nitrogen terlarut, maka kebutuhan oksigen mikroba dalam proses penguraian senyawa tersebut ikut menurun. Zeolit juga membantu menstabilkan pH filtrat sehingga kondisi lingkungan mikroba tetap optimal dan tidak terjadi fluktuasi kualitas air setelah proses filtrasi. Secara keseluruhan, ketiga media ini saling melengkapi. Ampas tebu menangani penyisihan awal melalui biodegradasi, arang batok kelapa mengurangi senyawa organik terlarut melalui adsorpsi, dan zeolit memperbaiki kualitas air melalui pertukaran ion dan stabilisasi pH. Dengan mekanisme bertahap ini, nilai BOD effluent menjadi lebih rendah dibanding sebelum filtrasi.

Uji Kandungan pH

Proses perancangan pada penelitian kali ini menghasilkan alat dalam bentuk sebenarnya. Proses tersebut yaitu proses filtrasi.

Tabel 1. Hasil pengukuran nilai pH

Mesh	Sebelum Filtrasi	Sesudah Filtrasi	Baku Mutu Menteri Lingkungan Hidup No. 11 Tahun 2025
20		8,3	
40		8,2	
70		7,9	

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium terhadap kadar pH pada sampel air limbah laundri sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media filter zeolit, karbon aktif, dan ampas tebu di dapatkan data penurunan kadar pH dari 8,5 menjadi 8,3;8,2;7,9. Hasil tersebut telah sesuai dengan kadar yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 11 Tahun 2025 dengan kadar pH

maksimal sebesar 9 hasil uji ini, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Tumimomor et al., 2020) yang menunjukkan bahwasannya nilai kadar pH menurun setalah dilakukan perlakuan filtrasi.

Uji Kandungan BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Hasil pengolahan air yang di filtrasi menggunakan media ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit. Hasil pemeriksaan dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Nilai BOD

Mesh	Sebelum Filtrasi (mg/l)	DO ₁ (mg/l)	DO ₅ (mg/l)	Sesudah Filtrasi (mg/l)	Baku Mutu Peraturan Menteri LHK No. 11 Tahun 2025
20		8,2	5,5	68,2	30
40			6,6	49,3	
70			7,1	33,9	

Berdasarkan hasil dari pemeriksaan di laboratorium terhadap kadar BOD sebelum difiltrasi menggunakan media ampas tebu, arang batok kelapa, dan zeolit didapatkan data awal nilai BOD sebesar 153 mg/l. Pengujian BOD dilakukan tanpa reagen winkler, menggunakan DO meter digital tipe JPB-70A untuk mengukur kadar oksigen terlarut. Penurunan kadar BOD ini juga terlihat dari perubahan nilai oksigen terlarut (DO). Nilai DO awal (DO₁) sebelum inkubasi adalah 8,2 mg/L, sedangkan nilai DO akhir (DO₅) setelah inkubasi meningkat seiring halusnya media filtrasi, yaitu 5,5 mg/L pada mesh 20, 6,6 mg/L pada mesh 40, dan 7,1 mg/L pada mesh 70. Peningkatan DO akhir menunjukkan bahwa semakin sedikit oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme, karena bahan organik di

dalam air sudah semakin sedikit setelah melewati proses filtrasi.

Setelah didapatkan nilai kadar awal sampel, sampel air limbah yang sudah di filtrasi lalu di inkubasi dalam botol BOD pada suhu 20°C selama 5 hari dalam kondisi gelap. Didapatkan penurunan kadar dari 153 mg/l menjadi 68,2, 49,3 dan 33,9 dengan masing-masing ukuran mesh 20, 40, dan 70 hasil tersebut belum sesuai dengan kadar yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri LHK NO.11 Tahun 2025 dengan kadar pH maksimal sebesar 30 mg/l, namun hasil uji sejalan dengan yang telah dilakukan oleh (Pungus et., al 2019) yang menunjukkan penurunan kadar BOD

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ukuran bahan biofiltrasi berpengaruh terhadap nilai pH dan kadar BOD pada limbah cair domestik rumah tangga. Semakin halus ukuran partikel media (mesh lebih besar), maka semakin efektif media biofiltrasi dalam menurunkan nilai pH dan BOD hingga mendekati kisaran netral sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Selain itu, sistem filtrasi multi-media yang digunakan terbukti mampu menurunkan pH dan BOD air limbah domestik secara signifikan, sehingga metode ini berpotensi untuk diterapkan sebagai alternatif pengolahan limbah rumah tangga skala kecil yang efisien dan ramah lingkungan. Saran penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan parameter lain selain pH dan BOD, seperti COD, TSS, dan kandungan amonia, agar diperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas sistem biofiltrasi dan perlu dilakukan aktivasi media biofiltrasi (misalnya dengan asam atau pemanasan) sebelum digunakan untuk meningkatkan daya serap dan luas permukaan aktif bahan seperti arang dan zeolit.

REFERENSI

- Afriani, R. (2023). PENGARUH BIOFILTER SERAT BENANG DALAM MENURUNKAN PARAMETER pH, BOD, COD DAN TSS TERHADAP LIMBAH CAIR TEKSTIL DI PT ARGO PANTES TBK, TANGERANG. *Jurnal Techlink*, 3(2), 1–9. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v3i2.497>
- Amri, K., & Wesen, P. (2017). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (Bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–66.
- Andaka, G. (2011). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 4(2), 180–188. jurtek.akprind.ac.id/sites/default/files/180-188_andaka.pdf
- Apelabi, M. M., Rasman, R., & Rostina, R. (2021). Pengaruh Proses Biofilter Aerob Anaerob Terhadap Penurunan Kadar Bod Pada Limbah Cair Rumah Tangga (Studi Literatur). *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 21(1), 104. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v21i1.2089>
- Audiana, M., Apriani, I., & Kadaria, U. (2014). *PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN DENGAN Pendahuluan*. Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang banyak mengandung senyawa organik dan anorganik . Limbah tersebut merupakan sisa bahan kimia yang digunakan dalam dibuang langsung. 1–10.
- Bahri, S., Fitriani, F., & Jalaluddin, J. (2021). Pembuatan Biofoam Dari Ampas Tebu Dan Tepung Maizena. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 24. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i1.4173>
- Faizah, M., Rizky, A., Zamroni, A., & Khasan, U. (2022). Pembuatan Briket sebagai Salah Satu Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bonggol Jagung di Desa Tampingmojo. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 65–68. <https://doi.org/10.32764/abdimasper.v3i2.2863>

- Jurusan, M., Elektro, T., Tadulako, U., Jurusan, D., & Elektro, T. (2014). *RANCANG BANGUN ALAT UKUR PH DAN SUHU BERBASIS SHORT MESSAGE*. 1(1), 47–55.
- Marsidi, R. (2001). Zeolit untuk mengurangi kesadahan air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3476-13.2014>
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3030>
- Montolalu, I. R. (2012). PERTUMBUHAN DAN BIOFILTRASI TANAMAN KANGKUNG (*Ipomea aquatic* Forsk) PADA AIR LIMBAH TAHU. *Jurnal Ilmiah Unklab*, 16(1), 8–14.
- Nababan, D., Ester, M., Sitorus, J., Elisabeth, I., Etalia, N., & Brahmana, B. (2019). Kemampuan Biofilter Anaerob Berdasarkan Jenis Media dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Tahun 2016. 4(2), 105–112
- Natsir, M.F., Amaludin, Liani, A.A, & Fahsa, A. D. (2019). Analisis Kualitas BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey Water) Pada Rumah Tangga Di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1–16.
- Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. *Fullerene Journ. Of Chem*, 4(2), 54–60.
- Salim, N., Rizal, N. S., & Vihantara, R. (2018). Komposisi Efektif Batok Kelapa sebagai Karbon Aktif untuk Meningkatkan Kualitas Airtanah di Kawasan Perkotaan.
- Sari, F. R., Annissa, R., & Tuhuloula, A. (2013). Perbandingan Limbah Dan Lumpur Aktif Terhadap Pengaruh Sistem Aerasi Pada Pengolahan Limbah Cpo. Konversi, 2(1), 39. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.128>
- Setiaji, G., & Said, N. I. (2018). PERANCANGAN PENGOLAHAN AIR MINUM TENAGA SURYA KAPASITAS 50 M3/HARI (Dengan Menggunakan Proses Biofiltrasi Dan Ultrafiltrasi). *Jurnal Air Indonesia*, 9(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v9i1.2472>
- Sumiyati, S., Sutrisno, E., & Wicaksono, F. (2023). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Teknologi Hybrid Bioreaktor Biofilm Fitoremediasi. *Lingkungan, Jurnal Ilmu*, 21(2), 403–407. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.403-407>
- Sa, K., Agung, M., Iswara, I., Dewi, L. C., & Anisa, F. (2024). Optimization of Domestic Wastewater Treatment with Biological Aerated Filter (BAF) Method Based on Bioball. 8(9), 82–88.
- Tumimomor, F., Palilingan, S., & Pungus, M. (2020). Pengaruh Filtrasi terhadap Nilai pH, Konduktansi, dan Suhu Air Limbah Laundry. *Jurnal Pendidikan Fisika Unima*, 1(1), 1–9.
- Warms, M., & Chiesa, S. (2018). Low-Tech Coconut Shell Activated Charcoal Production Mikel Warms. June 2012. <https://doi.org/10.24908/ijsls.v7i1.4244>
- Wirawan, W. A., Wirosedarmo, R., & Susanawati, L. D. (2014). Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) (Deep Flow Technique) Domestic Wastewater Treatment Using Water Lettuce (*Pistia stratiotes L.*) Planting With DFT (Deep Flow Technique) Hydroponic System. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1, 63–70.
- Yani, M., & Juliana, M. (2012). Karakteristik fisik dan kimia kompos, arang sekam, dan arang kayu terhadap penyerapan gas amonia physical and chemical characteristics of compost, husk charcoal and wood charcoal to ammonia gas absorption. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22(2), 73–81.
- Zairinayati. (2025). A SYSTEMATIC REVIEW OF THE EFFECTS OF AEROBIC AND ANAEROBIC BIOFILTER PROCESSES ON THE REDUCTION OF BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD) IN DOMESTIC. 17(4), 313–320. <https://doi.org/10.20473/jkl.v17i4.2025.313-320>
- Zhao, L., Dai, T., Qiao, Z., Sun, P., Hao, J., & Yang, Y. (2020). Application of

artificial intelligence to wastewater treatment: A bibliometric analysis and systematic review of technology, economy, management, and wastewater reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 169–182.

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.014>