

Penyisihan COD dan Amonia pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam (RPA) dengan Menggunakan Biofilter Anaerob

Venna Rienta Tri Arwiend Hazairin¹, Firra Rosariawari^{2*}

^{1,2}*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya 60924, Jawa Timur, Indonesia*

**Email: firra.tl@upnjatim.ac.id*

Abstrak

Limah cair Rumah Pemotongan Ayam (RPA) mengandung konsentrasi bahan organik dan senyawa nitrogen yang tinggi, sehingga berpotensi mencemari lingkungan perairan apabila dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Parameter utama yang menjadi perhatian adalah Chemical Oxygen Demand (COD) dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan eutrofikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis media biofilter dan variasi waktu detensi terhadap efisiensi penyisihan COD dan amonia menggunakan sistem biofilter anaerob. Penelitian dilakukan secara batch dengan dua jenis media biofilter, yaitu bioball jenis rambutan dan tempurung kelapa, serta variasi waktu detensi selama 4, 8, dan 12 jam. Proses diawali dengan tahap seeding dan aklimatisasi untuk membentuk biofilm mikroorganisme pada media, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan limbah cair RPA. Parameter yang dianalisis meliputi COD dan amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$). Hasil penelitian menunjukkan kedua jenis media mampu mendukung pertumbuhan biofilm dan meningkatkan efisiensi penyisihan polutan. Efisiensi tertinggi dicapai pada waktu detensi 12 jam, mengindikasikan bahwa peningkatan waktu kontak antara limbah dan biofilm berkontribusi terhadap optimalisasi proses biodegradasi. Dengan demikian, biofilter anaerob berbasis media lokal berpotensi menjadi teknologi pengolahan limbah RPA yang efektif, sederhana, dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Biodegradasi, biofilm, media filtrasi, limbah organik, waktu detensi*

PENDAHULUAN

Industri Rumah Pemotongan Ayam (RPA) di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap sumber protein hewani, khususnya daging ayam. Aktivitas pemotongan, pencucian, serta pengolahan karkas menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar yang umumnya mengandung darah, lemak, sisa jaringan, dan bahan organik lainnya. Limbah cair tersebut memiliki karakteristik khas berupa tingginya beban pencemar organik dan kandungan nitrogen, yang secara kuantitatif tercermin dari nilai *Chemical Oxygen*

Demand (COD) dan amonia (NH₃-N) yang tinggi (Al Kholif & Ratnawati, 2017). Pengelolaan yang tidak memadai, pembuangan limbah ini berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan perairan, seperti penurunan kadar oksigen terlarut, peningkatan kekeruhan, serta percepatan proses eutrofikasi yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik (Halim *et al.*, 2023). Selain itu, keberadaan amonia dalam konsentrasi tinggi bersifat toksik bagi organisme perairan dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan apabila mencemari sumber air yang digunakan oleh masyarakat. Dampak kumulatif dari pembuangan limbah cair RPA yang tidak terolah juga berpotensi memperburuk kondisi sanitasi lingkungan dan menimbulkan masalah sosial di sekitar lokasi industri (Israfiyar, 2023). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair RPA menjadi suatu kebutuhan mendesak untuk memastikan bahwa air buangan yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu lingkungan sebagaimana diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dengan batasan COD \leq 200 mg/L dan amonia \leq 25 mg/L. Berbagai teknologi pengolahan limbah cair telah dikembangkan, baik secara fisika, kimia, maupun biologis. Namun, untuk limbah dengan kandungan bahan organik tinggi seperti limbah RPA, pendekatan biologis dinilai lebih efisien dan ekonomis karena memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana (Al Kholif, dkk., 2022). Salah satu teknologi yang digunakan adalah sistem biofilter anaerob yang bekerja berdasarkan prinsip pertumbuhan mikroorganisme dalam bentuk biofilm yang melekat pada media tertentu. Dalam kondisi tanpa oksigen, mikroorganisme anaerob mampu menguraikan bahan organik menjadi gas seperti metana dan karbon dioksida, sekaligus menurunkan konsentrasi polutan dalam limbah cair (Farahdiba, dkk., 2019).

Keunggulan sistem biofilter anaerob dibandingkan dengan metode lainnya adalah kebutuhan energi yang relatif rendah, produksi lumpur yang lebih sedikit, serta kemampuan untuk mengolah limbah dengan beban organik tinggi secara stabil. Selain itu, sistem ini juga memiliki potensi untuk diaplikasikan pada skala kecil hingga menengah, sehingga sesuai untuk kondisi industri RPA yang umumnya tersebar dan memiliki keterbatasan dalam pengelolaan limbah (Kurniawati & Rachmanto, 2024). Kinerja biofilter anaerob sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah jenis media yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. Media biofilter berfungsi sebagai substrat tempat melekatnya biofilm, sehingga karakteristik fisik dan kimia media akan menentukan luas permukaan kontak, stabilitas biofilm, serta efisiensi proses biodegradasi (Mnyoro *et al.*, 2022). Media yang ideal umumnya memiliki luas permukaan spesifik tinggi, porositas yang baik, serta ketahanan terhadap degradasi selama proses berlangsung. Bioball jenis rambutan merupakan salah satu media sintesis yang banyak digunakan dalam sistem biofilter karena memiliki struktur berongga dengan luas permukaan yang besar, sehingga mampu meningkatkan interaksi antara mikroorganisme dan substrat. Di sisi lain, pemanfaatan bahan alami seperti tempurung kelapa sebagai media biofilter menjadi alternatif menarik, terutama di negara tropis seperti Indonesia yang memiliki ketersediaan biomassa melimpah. Tempurung kelapa memiliki sifat fisik yang cukup kuat, porositas yang baik, serta potensi sebagai media yang ekonomis dan ramah lingkungan (Santo, dkk., 2021). Meskipun demikian, efektivitas tempurung kelapa dibandingkan dengan media sintesis dalam sistem biofilter anaerob masih perlu dikaji secara lebih mendalam, khususnya dalam konteks pengolahan limbah cair RPA. Selain jenis media, faktor operasional lain yang berpengaruh signifikan terhadap kinerja biofilter adalah waktu detensi hidraulik (*hydraulic retention time*, HRT). Waktu detensi menentukan lamanya kontak antara limbah cair dan mikroorganisme dalam sistem, sehingga memengaruhi tingkat degradasi bahan organik dan transformasi senyawa nitrogen. Waktu detensi yang terlalu singkat dapat menyebabkan proses pengolahan tidak optimal, sedangkan waktu detensi yang terlalu lama dapat menurunkan efisiensi sistem dari segi operasional (Afrilia, 2023). Oleh karena itu, diperlukan kajian untuk menentukan waktu detensi yang optimal dalam sistem biofilter anaerob.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan biofilter anaerob mampu menurunkan kadar bahan organik dan senyawa nitrogen dalam berbagai jenis limbah cair.

Penelitian oleh Farahdiba, dkk., (2019) menunjukkan bahwa media biofilter berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyisihan polutan melalui pembentukan biofilm yang stabil. Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan media alami memiliki potensi yang sebanding dengan media sintetis, namun masih memerlukan optimasi kondisi operasional. Meskipun demikian, kajian yang secara spesifik membandingkan efektivitas media sintetis dan alami serta variasi waktu detensi dalam pengolahan limbah cair RPA masih terbatas. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh jenis media biofilter, yaitu bioball jenis rambutan dan tempurung kelapa, serta variasi waktu detensi terhadap efisiensi penyisihan COD dan ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dalam sistem biofilter anaerob. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang efektif, sederhana, dan berkelanjutan, serta mendorong pemanfaatan bahan lokal sebagai media alternatif dalam sistem biofilter.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor biofilter anaerob sebanyak 6 unit, bak penampung limbah, pH meter, termometer, spektrofotometer, dan peralatan titrasi sesuai SNI.

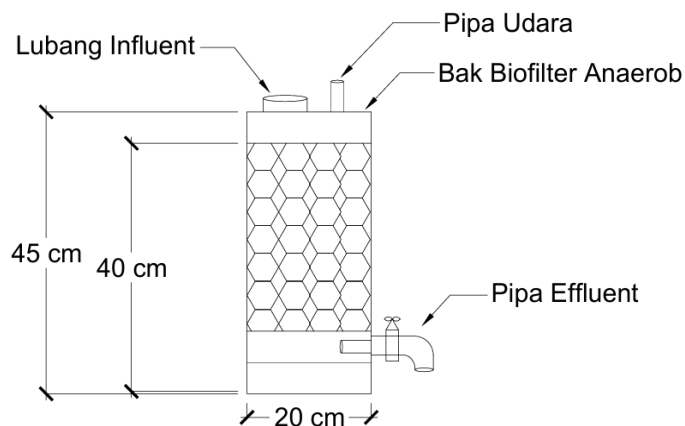
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah RPA dari proses pencucian, media biofilter bioball jenis rambutan, media biofilter tempurung kelapa, serta akuades sebagai pelarut dan pengencer. Air limbah RPA yang digunakan berasal dari tahap pencucian ayam yang memiliki karakteristik awal berupa pH air limbah 6.31, kandungan COD sebesar 1,102 mg/L, serta konsentrasi amonia sebesar 163 mg/L.

Persiapan Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan terdiri atas bioball jenis rambutan dalam kondisi bersih, serta tempurung kelapa yang dipotong berukuran ± 4 cm, Tempurung kelapa dicuci, direndam untuk menghilangkan kotoran dan serabut, kemudian dijemur hingga kering sebelum dimasukkan ke dalam reaktor.

Desain Reaktor dan Variabel Penelitian

Penelitian dilakukan dengan sistem batch menggunakan enam reaktor biofilter anaerob. Reaktor dibedakan berdasarkan dua jenis media biofilter (bioball rambutan dan tempurung kelapa) dan tiga variasi waktu detensi (4, 8, dan 12 jam). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis media dan waktu detensi, sedangkan variabel terikat adalah efisiensi penyisihan COD dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$).



Gambar 1. Desain Reaktor Biofilter Anaerob.

Tahap Seeding dan Aklimatisasi

Proses seeding dilakukan selama 21 hari dengan tujuan untuk menumbuhkan dan memperkuat pertumbuhan biofilm pada permukaan media biofilter, baik bioball jenis rambutan maupun tempurung kelapa. Pada tahap ini, reaktor diisi dengan limbah cair RPA yang digunakan sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme. Mikroorganisme secara perlahan mulai menempel dan berkembang pada permukaan media hingga membentuk lapisan biofilm yang berperan penting dalam proses degradasi bahan organik.

Pada tahap awal, sebelum proses aklimatisasi dimulai, dilakukan uji perbandingan pengenceran awal untuk memastikan kemampuan mikroorganisme dalam menyesuaikan diri dengan karakteristik limbah cair. Pada tahap ini, digunakan variasi pengenceran awal dengan perbandingan air limbah terhadap air pengencer (akuades) sebesar 1:2 dan 1:3. Tujuan pengenceran ini untuk menurunkan konsentrasi bahan organik dan senyawa pencemar, sehingga tidak membebani mikroorganisme pada awal proses pembentukan biofilm (Megantyaka, dkk., 2024). Setelah kondisi awal mikroorganisme dianggap stabil, air limbah kemudian dimasukkan secara bertahap dengan tingkat pengenceran yang dikurangi secara progresif, dimulai dari 50% air limbah yang dicampur dengan 50% sisa air seeding, kemudian ditingkatkan menjadi 70%, hingga akhirnya 100% air limbah tanpa pengenceran.

Proses Pengolahan Limbah

Pada tahap awal, sampel disaring untuk menghilangkan kotoran padat, seperti bulu dan sisa organik. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor biofilter anaerob secara sistem batch, yaitu sekaligus dengan volume 16 L. Selanjutnya, proses pengolahan dilakukan dengan menggunakan variasi waktu detensi sesuai perlakuan yang telah ditentukan yaitu 4, 8, dan 12 jam. Selama proses pengolahan berlangsung, dilakukan pemantauan terhadap kondisi lingkungan di dalam reaktor yaitu pH dan suhu, untuk memastikan keduanya berada dalam rentang yang sesuai bagi aktivitas mikroorganisme. Pemantauan ini penting karena kestabilan pH dan suhu memengaruhi kinerja biofilm dalam mendegradasi bahan organik dan mengonversi amonia pada limbah cair.

Pengambilan Data

Data amonia total (NH₃-N) awal dan akhir setiap waktu detensi dengan mengacu pada metode SNI 6989.30:2005, sedangkan pengukuran COD dilakukan berdasarkan SNI 6989.73.2009 (Titrimetri). Setiap pengukuran dilakukan sebelum dan setelah proses pengolahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Detensi terhadap Efisiensi Penyisihan COD dan Amonia Total (NH₃-N)

Penelitian dengan sistem biofilter anaerob menggunakan variasi media bioball jenis rambutan dan tempurung kelapa pada waktu detensi 4, 8, dan 12 jam, menghasilkan efisiensi penyisihan COD dan amonia total yang ditampilkan pada Tabel 1.

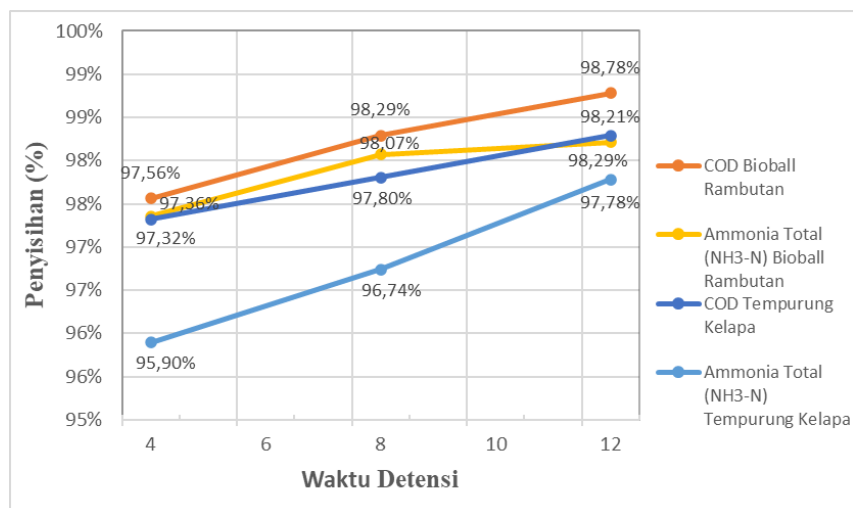
Tabel 1. Pengaruh Waktu Detensi dan Media terhadap Penyisihan COD dan Amonia (%)

Jenis Media	Waktu Detensi (Jam)	Efisiensi Penyisihan (%)	
		COD	Ammonia Total (NH ₃ -N)
Bioball jenis rambutan	4	97.56	97.36
	8	98.29	98.07
	12	98.78	98.21
Tempurung kelapa	4	97.31	95.90
	8	97.80	96.74
	12	98.29	97.78

Berdasarkan Tabel 1, efisiensi penyisihan COD dan amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$) meningkat seiring dengan bertambahnya waktu detensi. Pada waktu detensi 4 jam, kedua media biofilter telah menunjukkan efisiensi tinggi dengan nilai di atas 95% dan terus meningkat hingga 8 jam, mencapai kinerja terbaik pada 12 jam dengan efisiensi lebih dari 98%. Media bioball jenis rambutan menunjukkan sedikit keunggulan dibandingkan dengan tempurung kelapa, namun perbedaannya relatif kecil sehingga kedua media efektif digunakan. Hasil ini menegaskan bahwa waktu detensi yang lebih lama memberikan kontak yang lebih optimal antara air limbah dan biofilm, sehingga proses degradasi bahan organik dan amonia berlangsung lebih efisien.

Hubungan Waktu Detensi Hidraulik (*Hydraulic Retention Time, HRT*) terhadap Penyisihan COD dan Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Peningkatan waktu detensi hidraulik (*hydraulic retention time, HRT*) dari 4 jam hingga 12 jam menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi penyisihan COD dan amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$). Hal ini terlihat pada grafik Gambar 2: kedua jenis media yang diuji, yaitu bioball jenis rambutan dan tempurung kelapa, menunjukkan pola peningkatan yang konsisten.



Gambar 2. Hubungan Waktu Detensi (HRT) terhadap Penyisihan COD dan Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$).

Pada HRT 4 jam, efisiensi penyisihan COD menggunakan media bioball jenis rambutan mencapai 97.56%, sedangkan media tempurung kelapa mencapai 97.31%. Sementara itu, untuk amonia total, efisiensi penyisihan bioball jenis rambutan mencapai 97.36% dan tempurung kelapa mencapai 95.90%. Ketika HRT diperpanjang menjadi 8 jam, efisiensi penyisihan meningkat menjadi 98.29% untuk COD dengan media bioball jenis rambutan, dan COD media tempurung kelapa sebesar 97.80%. Sementara itu, penyisihan amonia total meningkat menjadi 98.07% dengan media bioball rambutan dan tempurung kelapa sebesar 96.74%. Pada HRT 12 jam, efisiensi penyisihan mencapai nilai tertinggi, yaitu 98.78% untuk COD pada media bioball rambutan dan 98.29% untuk COD pada media tempurung kelapa. Untuk amonia total, efisiensi mencapai 98.21% pada bioball rambutan dan 97.78% pada tempurung kelapa. Semakin lama waktu detensi hidraulik, semakin tinggi efisiensi penyisihan COD dan amonia total. Hal ini sejalan dengan penelitian Radityaningrum & Kusuma (2017) yang melaporkan bahwa sistem biofilter anaerob dengan media bioball menunjukkan efisiensi penyisihan COD rata-rata 40% dan TSS 39%, dengan waktu detensi optimum tercapai pada 7 jam. Hal ini menegaskan bahwa waktu detensi yang lebih panjang umumnya meningkatkan efisiensi pengolahan. Hasil penelitian ini konsisten dengan konsep dasar biofilter anaerob yang memerlukan waktu kontak yang memadai antara polutan dan biofilm untuk degradasi. Namun demikian, pada

waktu detensi yang terlalu lama, efisiensi penyisihan tidak meningkat secara signifikan karena proses biodegradasi telah mencapai kondisi mendekati optimum. Hal ini terlihat dari data penelitian ini, yang menunjukkan peningkatan efisiensi dari 8 jam ke 12 jam tidak terlalu besar, hanya sekitar 0.4–1%. Selain dipengaruhi oleh HRT, keberhasilan biofilter juga ditentukan oleh kondisi mikroorganisme dalam biofilm yang dipengaruhi oleh pH, suhu, dan stabilitas lingkungan. Selama proses penelitian, pH berkisar antara 6–7 dan suhu berada pada rentang 27–30°C, yang merupakan kondisi optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme anaerob (Zainudeen *et al.*, 2021). Ciri visual berupa pertumbuhan biofilm berwarna cokelat yang menempel pada permukaan media menunjukkan aktivitas mikroorganisme yang baik dan mendukung proses degradasi (Al Kholif, dkk., 2022).

KESIMPULAN

Penggunaan biofilter anaerob dengan media bioball jenis rambutan dan tempurung kelapa menunjukkan efisiensi penyisihan COD dan amonia total (NH₃-N) yang tinggi. Kedua media efektif mendukung pertumbuhan biofilm, dengan kinerja bioball jenis rambutan sedikit lebih baik. Peningkatan waktu detensi meningkatkan efisiensi penyisihan, dengan kinerja tertinggi pada 12 jam. Namun, peningkatan dari 8 ke 12 jam relatif kecil, yang menunjukkan bahwa proses telah mendekati kondisi optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilia, I. P., 2023. *Pengolahan Limbah Cair Rumah Potongan Ayam dengan Kombinasi Metode Aerasi Terdifusi dan Biosand Filter*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Aceh.
- Al Kholif, M., dan Ratnawati, R., 2017. *Pengaruh Beban Hidrolik Media dalam Menurunkan Senyawa Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA)*. WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA. 15(1): 1–9. DOI: <https://doi.org/10.36456/waktu.v15i1.426>.
- Al Kholif, M., Alfiah, F., Sugito, Pungut, dan Sutrisno, J., 2021. *Penggunaan Biofilter Anaerob untuk Menurunkan Kadar Pencemar Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan. 7(2): 149–158. DOI: <https://doi.org/10.20527/jukung.v7i2.11951>.
- Al Kholif, M., Rohmah, M., Pungut, Nurhayati, I., Walujo, A. D., dan Majid, D., 2022. *Penurunan Beban Pencemar Rumah Potong Hewan (RPH) menggunakan Sistem Biofilter Anaerob*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. 14(2): 100-113. DOI: <https://doi.org/10.20885/jstl.vol14.iss2.art1>.
- Farahdiba, A. U., Latifah, E. J., dan Mirwan, M., 2019. *Penurunan Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Potongan Hewan (RPH) dengan Menggunakan Upflow Anaerobic Filter*. Jurnal Envirotek. 11(1): 31–38. DOI: <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i1.1396>.
- Halim, M. A., Hendrarianti, E., dan Setyobudiarso, H., 2023. *The Effect Time on the Reduction of BOD, COD, and TSS in Restaurant Waste Water using Anaerobic Biofilter*. Jurnal Mahasiswa “Enviro”. 2(2): 1–9.
- Israfizar. 2023. *Pengolahan Limbah Cair Rumah Potongan Hewan (RPH) Kota Banda Aceh dengan Menggunakan Anaerobic Filter*. Nucl. Phys.13(1): 104–116.
- Kurniawati, E., dan Rachmanto, T. A., 2024. *Penerapan Aerasi Intermittent pada Proses Biofilter Aerob untuk Mendegradasi COD dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik*. Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains. 5(1): 10–19. DOI: <https://doi.org/10.55448/9b9ez822>.
- Megantya, H. A., Utomo, B., dan Solichin. 2024. *Studi Pengaruh Pemberian Bakteri Probiotik Komersial Terhadap Perubahan Kadar BOD dan COD pada Air Limbah Tahu dengan Perbedaan Interval Waktu Inkubasi 8 Jam*. Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil. 2(3): 247–262. DOI: <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v2i3.433>.
- Mnyoro, M. S., Munubi, R. N., Pedersen, L. F., and Chenyambuga, S. W., 2022. *Evaluation of Biofilter Performance with Alternative Local Biomedica in Pilot Scale Recirculating Aquaculture*

- Systems*. Journal of Cleaner Production. 366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132929>.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2013. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. <https://dlh.ponorogo.go.id/wp-content/uploads/2018/05/Pergub-Jatim-Nomor-72-tahun-2013-Baku-Mutu-Air-Limbah-Bagi-Industri-dan-atau-Kegiatan-Usaha-Lainnya.pdf> (diakses 29 Oktober 2025).
- Radityaningrum, A. D., dan Kusuma, M. N., 2017. *Perbandingan Kinerja Media Biofilter Anaerobic Biofilter dalam Penurunan TSS, BOD, COD pada Grey Water*. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan. 3(2): 25-34.
- Santo, S. H. A., 2021. *Efektivitas Media Biofilter Sabut dan Tempurung Kelapa dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Air Limbah Domestik (Grey Water) di Pulau Kodingareng Kota Makassar*. Skripsi. Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Zainudeen, M. N., Kwarteng, M., Nyamful, A., Mohammed, L., and Mutala, M., 2021. *Effect of Temperature and pH Variation on Anaerobic Digestion for Biogas Production*. Ghana Journal of Agricultural Science. 56(2): 1–13. DOI: <https://doi.org/10.4314/gjas.v56i2.1>.