

Efektivitas Biofilter dengan Media Papan Pakis dan Sistem Aerasi Intermittent dalam Mengurangi COD dan NH₃-N pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam

Flaherti Maharani*, Raden Kokoh Haryo Putro, Praditya Sigit Ardistry Sitogasa

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: akuflaherti@gmail.com

Diterima: 6 Oktober 2025

Disetujui: 16 Oktober 2025

Abstract

Wastewater generated from poultry slaughterhouses generally contains high levels of organic matter and ammonia, which can contaminate aquatic environments if not properly treated. The high organic content contributes to elevated COD levels, while ammonia can be toxic to aquatic organisms. This study was conducted to evaluate the performance of a biofilter system with intermittent aeration (anoxic-oxic combination) using tree fern board and bioring media in reducing COD and NH₃-N concentrations. The tested aeration durations included 3 hours (1 hour anoxic, 2 hours oxic), 6 hours (2 hours anoxic, 4 hours oxic), 9 hours (3 hours anoxic, 6 hours oxic), and 12 hours (4 hours anoxic, 8 hours oxic). The experimental results showed that the bioring medium exhibited better performance than the tree fern board, with the optimum condition achieved at a 12-hour hydraulic retention time, resulting in COD and NH₃-N reductions of 93.41% and 88.21%, respectively. Overall, the findings indicate that a bioring-based biofilter with intermittent aeration has strong potential as an effective and environmentally friendly alternative technology for treating poultry slaughterhouse wastewater.

Keywords: *intermittent aeration, biofilter, cod, poultry slaughterhouse wastewater, NH₃-N*

Abstrak

Limbah cair yang dihasilkan rumah potong ayam umumnya memiliki kandungan bahan organik dan amonia yang tinggi sehingga berisiko mencemari lingkungan perairan apabila tidak diolah terlebih dahulu. Kandungan organik yang tinggi menyebabkan meningkatnya nilai COD, sedangkan amonia dapat bersifat toksik bagi biota air. Penelitian ini dilakukan untuk menilai kinerja biofilter dengan sistem aerasi intermittent (kombinasi anoxic-oxic) menggunakan media papan pakis dan bioring dalam menurunkan konsentrasi COD dan NH₃-N. Waktu aerasi yang diuji meliputi 3 jam (1 jam anoxic, 2 jam oxic), 6 jam (2 jam anoxic, 4 jam oxic), 9 jam (3 jam anoxic, 6 jam oxic), serta 12 jam (4 jam anoxic, 8 jam oxic). Hasil percobaan menunjukkan bahwa media bioring memberikan performa lebih baik dibanding papan pakis, dengan kondisi optimum pada waktu tinggal 12 jam yang mampu mereduksi COD sebesar 93,41% dan NH₃-N hingga 88,21%. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa biofilter berbasis bioring dengan sistem aerasi intermittent berpotensi diterapkan sebagai teknologi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair rumah potong ayam.

Kata Kunci: *aerasi intermittent, biofilter, cod, limbah cair rumah potong ayam, NH₃-N*

1. Pendahuluan

Salah satu pendekatan yang kini banyak dikembangkan dalam upaya pengolahan limbah cair RPA adalah biofilter berbasis proses biologis. Teknologi ini dinilai lebih ramah lingkungan, ekonomis, serta memiliki sistem operasi yang relatif sederhana dibanding metode konvensional. Media biofilter berfungsi sebagai tempat tumbuh dan melekatnya mikroorganisme yang membentuk lapisan biofilm, sehingga mikroba dapat secara aktif menguraikan senyawa pencemar di dalam air. Papan pakis sebagai media alami memiliki struktur berpori dan permukaan kasar yang memungkinkan mikroorganisme tumbuh dengan baik, sedangkan bioring sebagai media sintetis memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar, kekuatan fisik yang tinggi, serta ketahanan terhadap degradasi, sehingga mampu mendukung proses biologis secara lebih stabil. Selain jenis media, pola aerasi juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi biofilter. Jika aerasi konvensional cenderung membutuhkan energi yang besar untuk suplai oksigen terus-menerus, maka aerasi intermittent, yang mengatur pergantian antara fase anoxic dan oxic, dinilai lebih hemat energi dan efektif dalam menurunkan kadar polutan karena memanfaatkan mekanisme biologis nitrifikasi dan denitrifikasi secara bergantian.

Beberapa hasil penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa penerapan sistem aerasi intermittent mampu meningkatkan efisiensi penguraian bahan organik maupun nitrogen pada limbah domestik, limbah lindi, serta air buangan dari berbagai sumber biologis lainnya. Namun demikian, kajian yang secara spesifik mengaplikasikan sistem aerasi intermittent pada limbah cair RPA dengan media papan pakis masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa diperlukan penelitian lanjutan untuk menilai potensi media alami seperti papan pakis sebagai alternatif pengganti media sintetis, dengan mempertimbangkan biaya rendah, ketersediaan tinggi, serta aspek keberlanjutan lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja biofilter dengan sistem aerasi intermittent (anoxic–oxic) menggunakan dua jenis media berbeda, yakni papan pakis dan bioring, dalam menurunkan konsentrasi COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ pada limbah cair rumah potong ayam. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah cair RPA yang lebih efisien, ramah lingkungan, serta dapat diterapkan secara berkelanjutan dalam skala industri.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Sampel air limbah yang diambil dari sebuah rumah potong ayam di daerah sepanjang dilakukan dengan menggunakan teknik grab sampling sesuai dengan standar SNI 6989.59:2008, yang bertujuan merepresentasikan kondisi limbah saat pengambilan berlangsung. Parameter yang diukur pada tahap awal mencakup pH, temperatur, Chemical Oxygen Demand (COD), kadar ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), serta kadar oksigen terlarut (DO). Selanjutnya, hasil pengukuran ini dibandingkan dengan standar baku mutu limbah laundry yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Spesifikasi Reaktor dan Parameter Uji

Penelitian ini menggunakan tiga unit reaktor biofilter yang masing-masing diisi media papan pakis berlubang, papan pakis tanpa lubang, dan bioring. Reaktor dibuat dari akrilik bening berukuran $35 \times 25 \times 20$ cm dan dilengkapi aerator yang diatur secara intermittent, yaitu dimatikan pada fase anoxic dan dinyalakan pada fase oxic untuk mengatur suplai oksigen selama proses pengolahan.

Sebelum pengujian utama, dilakukan analisis pendahuluan terhadap limbah cair rumah potong ayam guna mengetahui karakteristik awalnya. Parameter yang diuji meliputi pH, COD, dan $\text{NH}_3\text{-N}$, dengan acuan baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 20. Hasil analisis karakteristik awal limbah rumah potong ayam dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil analisis karakteristik awal limbah rumah potong ayam

Parameter	Hasil Analisa	Baku Mutu
pH	7,9	6-9
COD	3027,2 mg/L	200 mg/L
$\text{NH}_3\text{-N}$	196 mg/L	25 mg/L

Seeding dan Aklimatisasi

Tahap *seeding* dilakukan selama kurang lebih dua belas hari dengan menggunakan sistem batch, di mana limbah cair dari rumah potong ayam (RPA) berfungsi sebagai sumber nutrisi utama bagi mikroorganisme. Pada tahap ini, limbah dicampurkan dengan Effective Microorganisms 4 (EM4) untuk menambah populasi bakteri fungsional, serta diberi suplai oksigen secara kontinu agar kondisi di dalam reaktor tetap aerob dan mendukung pertumbuhan biofilm. Selain itu, molase ditambahkan dalam jumlah tertentu karena mengandung karbohidrat sederhana yang mudah terurai, yang berperan sebagai sumber energi tambahan bagi mikroba heterotrof sehingga pembentukan biofilm berlangsung lebih cepat [1]

Perkembangan lapisan biofilm mulai teramati secara visual pada hari ke-6, ditandai dengan terbentuknya lapisan tipis berwarna kecokelatan pada permukaan media. Lapisan ini kemudian mengalami penebalan secara bertahap hingga hari ke-12, seiring meningkatnya konsentrasi Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS) ke kisaran 2.600–2.830 mg/L. Peningkatan nilai MLSS tersebut menunjukkan bahwa populasi mikroorganisme dalam sistem telah tumbuh dan berkembang dengan baik, serta mulai membentuk komunitas biofilm yang stabil [2]. Media papan pakis menyediakan permukaan berpori alami yang ideal untuk pelekatan mikroba, sedangkan bioring memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi dan struktur mekanis yang kuat, sehingga keduanya sama-sama efektif dalam mendukung pembentukan dan pertumbuhan biofilm yang padat dan aktif.

Setelah tahap *seeding* selesai, dilakukan tahap aklimatisasi selama sekitar enam hingga tujuh hari untuk menyesuaikan mikroorganisme terhadap kondisi aktual air limbah. Proses ini dilakukan dengan

meningkatkan konsentrasi limbah secara bertahap, dimulai dari 30%, kemudian 60%, hingga 90% dari konsentrasi sebenarnya. Tujuan penambahan bertahap ini adalah untuk mencegah terjadinya loading shock, yaitu kondisi di mana beban organik terlalu tinggi secara tiba-tiba dan dapat menghambat aktivitas biologis mikroba [3]. Selama proses aklimatisasi berlangsung, sistem menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan, dengan efisiensi penyisihan COD yang awalnya hanya 30–40% meningkat hingga sekitar 70% pada akhir periode.

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa komunitas mikroorganisme telah beradaptasi dengan karakteristik limbah RPA dan biofilter mencapai kondisi steady state, di mana proses degradasi bahan organik berlangsung secara stabil. Tahap aklimatisasi dapat dikatakan berhasil apabila sistem pengolahan menunjukkan penurunan COD minimal sebesar 50%, yang menandakan bahwa populasi mikroba sudah mampu memanfaatkan substrat organik secara efisien [4]. Kondisi ini sejalan dengan prinsip bioteknologi lingkungan, di mana pembebanan organik bertahap memungkinkan mikroorganisme menyesuaikan metabolisme dan meningkatkan kemampuan degradasi polutan. Dengan demikian, proses seeding dan aklimatisasi berperan penting dalam memastikan sistem biofilter bekerja optimal sebelum memasuki tahap pengolahan utama.

Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai setelah tahap seeding dan aklimatisasi mikroorganisme selesai dilakukan dan reaktor biofilter berada dalam kondisi stabil (steady state) yang menandakan bahwa sistem telah siap untuk dioperasikan pada tahap utama pengujian [5]. Pada fase ini, sistem biofilter dijalankan dengan metode batch, yang berarti pengolahan dilakukan pada volume limbah tetap dalam satu siklus operasi. Aliran limbah cair pertama kali dimasukkan ke kompartemen awal sebagai tahap pra-kontak antara limbah dan media, kemudian dialirkan ke kompartemen kedua yang telah berisi media biofilter berlapis biofilm aktif. Di ruang ini, terjadi proses degradasi biologis di mana mikroorganisme memanfaatkan senyawa organik dan nitrogen sebagai sumber nutrisi [6]. Selanjutnya, efluen yang keluar dari kompartemen kedua diteruskan ke kompartemen ketiga untuk melalui tahap pemurnian akhir sebelum akhirnya dialirkan keluar dari sistem. Rangkaian sistem ini dirancang agar aliran limbah mengalami kontak bertahap dengan biofilm pada setiap kompartemen, sehingga waktu tinggal lebih terkontrol dan reaksi biologis penguraian senyawa organik berlangsung lebih optimal dan menyeluruh.

Penelitian ini menggunakan tiga jenis media biofilter berbeda, yaitu papan pakis berlubang, papan pakis tanpa lubang, dan media sintesis bioring. Ketiga jenis media tersebut dioperasikan secara terpisah untuk membandingkan kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ dari limbah cair rumah potong ayam. Proses pengujian dilakukan dengan empat variasi waktu tinggal, meliputi 3 jam (1 jam anoxic dan 2 jam oxic), 6 jam (2 jam anoxic dan 4 jam oxic), 9 jam (3 jam anoxic dan 6 jam oxic), serta 12 jam (4 jam anoxic dan 8 jam oxic).

Fase anoxic dicapai dengan mematikan suplai udara (aerasi) selama periode tertentu untuk menciptakan kondisi rendah oksigen yang diperlukan oleh bakteri denitrifikasi, sedangkan fase oxic dilakukan dengan menyalakan aerator guna menyediakan oksigen terlarut yang cukup bagi aktivitas bakteri nitrifikasi dan mikroorganisme aerob lainnya. Kombinasi fase anoxic dan oxic tersebut didasarkan pada konsep dasar pengolahan biologis limbah cair, di mana denitrifikasi berlangsung pada kondisi anoxic dengan nitrat sebagai akseptor elektron [7], sedangkan nitrifikasi dan oksidasi senyawa organik terjadi pada fase oxic dengan oksigen terlarut sebagai akseptor utama [8]. Melalui pengaturan ini, diharapkan proses penguraian senyawa organik dan transformasi nitrogen dapat berlangsung secara seimbang. Variasi waktu tinggal yang diterapkan dimaksudkan untuk menentukan waktu operasi paling efisien, yaitu durasi yang mampu memberikan persentase penyisihan polutan tertinggi tanpa mengorbankan kestabilan sistem maupun kebutuhan energi.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum penelitian utama dilakukan, reaktor biofilter terlebih dahulu melalui tahap seeding dan aklimatisasi hingga mencapai kondisi steady state. Tahap ini penting karena memastikan mikroorganisme telah beradaptasi dengan substrat limbah dan mampu membentuk biofilm yang stabil pada media, sehingga proses degradasi polutan dapat berlangsung lebih konsisten. Setelah sistem mencapai kondisi stabil, dilakukan pengujian dengan variasi jenis media dan rasio waktu aerasi intermitten untuk mengevaluasi efektivitas penyisihan COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ pada limbah cair rumah potong ayam.

Biofilter dengan sistem aerasi intermitten dipilih karena mampu mengombinasikan fase anoxic dan oxic dalam satu rangkaian proses [6]. Pada fase oxic, ketersediaan oksigen mendukung aktivitas bakteri heterotrof dan nitrifier dalam mendegradasi bahan organik serta mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan

nitrat. Sementara itu, fase anoxic memungkinkan terjadinya denitrifikasi dengan nitrat sebagai akseptor elektron, sehingga senyawa nitrogen dapat direduksi lebih lanjut menjadi gas nitrogen. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya efisien dalam menurunkan COD, tetapi juga lebih hemat energi dibanding aerasi konvensional. Berikut ini hasil dari penyisihan COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ selama proses biofilter berlangsung pada **Tabel 2** adalah sebagai berikut.

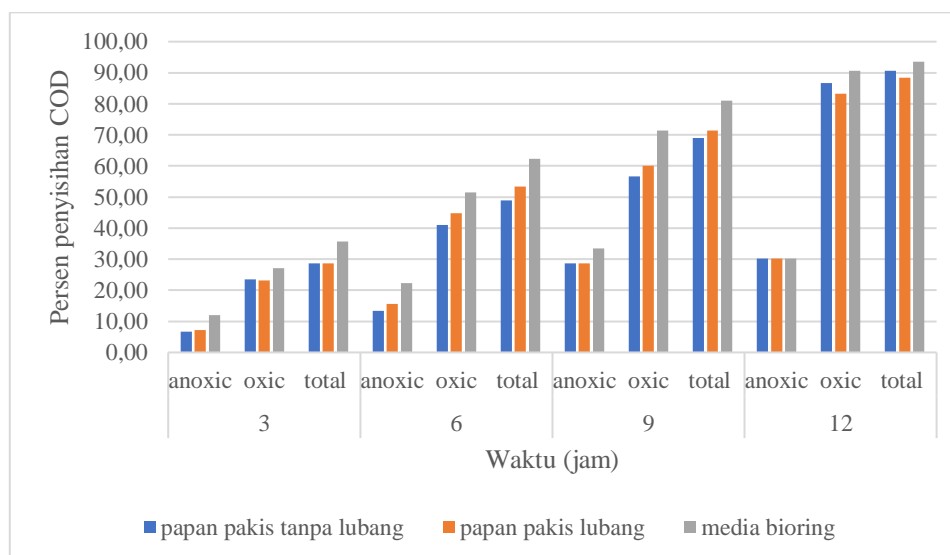
Tabel 2. Hasil Persen Removal Proses Pengoperasian Reaktor Biofilter

Rasio Waktu Aerasi Intermittent		Media Papan Pakis Tanpa Lubang		Media Papan Pakis Dengan Lubang		Media Bioring	
		%	%	%	%	%	%
		Removal COD	Removal $\text{NH}_3\text{-N}$	Removal COD	Removal $\text{NH}_3\text{-N}$	Removal COD	Removal $\text{NH}_3\text{-N}$
3 jam (1 jam Anoxic & 2 jam Oxic)	Anoxic	6,77	4,90	7,24	4,08	12,00	8,57
	Oxic	23,47	18,88	23,08	19,15	27,03	19,64
	Total Anoxic-Oxic	28,65	22,86	28,65	22,45	35,78	26,53
6 jam (2 jam Anoxic & 4 jam Oxic)	Anoxic	13,42	13,47	15,64	12,24	22,30	18,37
	Oxic	41,03	31,13	44,74	31,16	51,43	43,00
	Total Anoxic-Oxic	48,94	40,41	53,38	39,59	62,26	53,47
9 jam (3 jam Anoxic & 6 jam Oxic)	Anoxic	28,65	24,00	28,65	21,50	33,40	29,00
	Oxic	56,67	43,42	60,00	42,68	71,43	52,82
	Total Anoxic-Oxic	69,08	57,00	71,46	55,00	80,97	66,50
12 jam (4 jam Anoxic & 8 jam Oxic)	Anoxic	30,23	29,74	30,23	28,21	30,23	33,33
	Oxic	86,67	78,83	83,33	75,00	90,67	82,31
	Total Anoxic-Oxic	88,37	85,13	90,67	82,05	93,49	88,21

Sumber : Data Penelitian, 2025

Pengaruh variasi media dan rasio waktu aerasi dalam penurunan COD

Berikut ini merupakan efisiensi penyisihan parameter COD dengan variasi media dan rasio waktu aerasi dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut :



Gambar 1. Penyisihan COD

Sumber : Data Penelitian, 2025

Proses penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada sistem biofilter memperlihatkan tren peningkatan efisiensi seiring dengan bertambahnya waktu tinggal di dalam reaktor. Pada tahap awal pengoperasian, sistem berada dalam fase anoxic, yaitu kondisi tanpa suplai oksigen terlarut. Dalam kondisi ini, mikroorganisme denitrifikasi yang bersifat fakultatif memanfaatkan senyawa nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) yang terdapat dalam air limbah sebagai akseptor elektron pengganti oksigen untuk melakukan

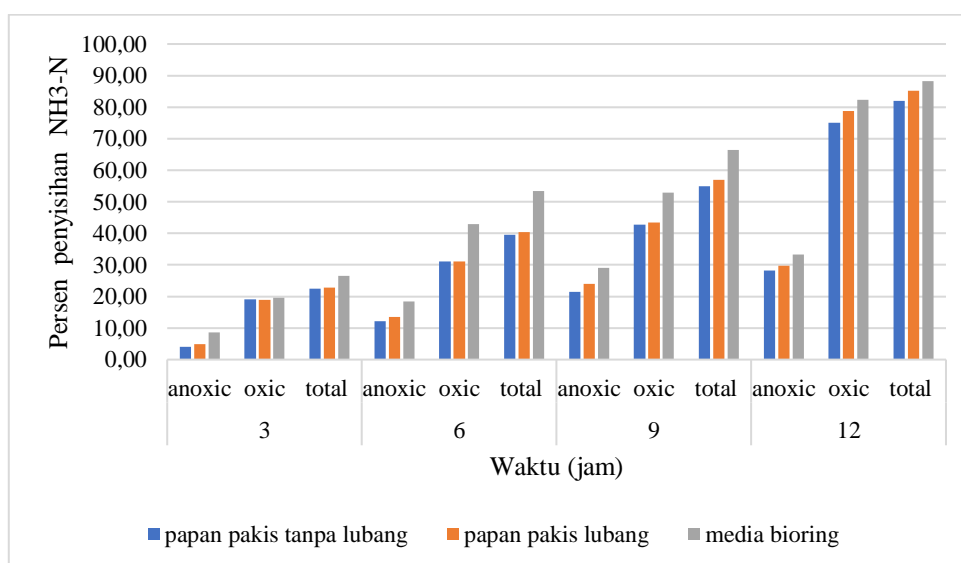
proses oksidasi terhadap sebagian senyawa organik [9]. Reaksi biologis tersebut memang dapat berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi COD, namun laju degradasinya relatif lambat bila dibandingkan dengan proses oksidasi aerob, sehingga efisiensi penyisihan pada fase ini masih tergolong rendah.

Setelah fase anoxic berakhir, sistem beralih ke fase oxic, yaitu tahap di mana suplai udara kembali diberikan melalui aerator untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut (DO) dalam reaktor. Pada kondisi ini, mikroorganisme heterotrof aerob berperan aktif dalam menguraikan senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana, sementara bakteri nitrifikasi melakukan oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat [3]. Ketersediaan oksigen yang cukup menyebabkan reaksi respirasi aerob berlangsung optimal, sehingga terjadi penurunan COD yang lebih signifikan dibandingkan fase sebelumnya. Secara keseluruhan, kombinasi antara kedua fase tersebut anoxic dan oxic memberikan efek sinergis, di mana senyawa organik diolah secara bertahap oleh komunitas mikroba yang berbeda. Kondisi paling optimal dicapai pada waktu tinggal 12 jam (4 jam anoxic dan 8 jam oxic), dengan efisiensi penyisihan COD mencapai 93,49%, yang menunjukkan kinerja sistem biofilter sudah sangat baik dalam mengurangi beban organik limbah cair rumah potong ayam.

Selain variasi waktu tinggal, jenis media biofilter juga memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap efektivitas penyisihan COD. Dari hasil pengujian, media bioring menunjukkan kinerja paling tinggi dibandingkan media papan pakis, karena bioring memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar serta konfigurasi struktur yang lebih terbuka, memungkinkan mikroorganisme menempel dan membentuk biofilm dengan lebih merata dan stabil. Permukaan media yang luas meningkatkan jumlah area kontak antara air limbah dan biofilm, sehingga reaksi degradasi senyawa organik berlangsung lebih cepat dan efisien [10]. Selain itu, struktur bioring yang kokoh dan tahan lama membantu menjaga sirkulasi air dan distribusi oksigen lebih merata, sehingga pertumbuhan mikroba tetap seimbang di seluruh bagian reaktor.

Pengaruh variasi media dan rasio waktu aerasi dalam penurunan $\text{NH}_3\text{-N}$

Berikut ini merupakan efisiensi penyisihan parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan variasi media dan rasio waktu aerasi dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut :



Gambar 2. Penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$

Sumber : Data Penelitian, 2025

Proses penurunan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada sistem biofilter juga menunjukkan pola peningkatan efisiensi seiring dengan bertambahnya waktu tinggal di dalam reaktor. Pada tahap awal siklus operasi, sistem berada dalam fase anoxic, yaitu kondisi ketika suplai oksigen dihentikan sepenuhnya. Dalam keadaan ini, bakteri nitrifikasi belum dapat beraktivitas secara optimal, karena kelompok bakteri tersebut, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, sangat bergantung pada ketersediaan oksigen terlarut untuk melangsungkan proses oksidasi amonia [11]. Meskipun demikian, sebagian kecil amonia tetap dapat direduksi melalui proses denitrifikasi, di mana senyawa nitrat (NO_3^-) atau nitrit (NO_2^-) yang sudah ada di sistem dimanfaatkan sebagai akseptor elektron oleh bakteri denitrifikasi [12]. Reaksi tersebut memang turut berperan dalam menurunkan kadar $\text{NH}_3\text{-N}$, tetapi laju reaksinya relatif lambat dan berlangsung kurang

efisien dibandingkan proses nitrifikasi aerobik, sehingga kontribusi terhadap total penyisihan masih terbatas pada fase ini.

Setelah sistem berpindah ke fase oxic, aerator diaktifkan kembali sehingga kandungan oksigen terlarut meningkat di dalam reaktor. Pada kondisi ini, bakteri nitrifikasi mulai berperan secara aktif, di mana amonia (NH_3) mengalami oksidasi bertahap menjadi nitrit (NO_2^-) dan selanjutnya menjadi nitrat (NO_3^-) melalui aktivitas dua kelompok bakteri utama, yakni *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Proses ini tidak hanya menurunkan konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ secara signifikan, tetapi juga menandakan bahwa sistem biofilter telah mencapai kondisi aerob yang stabil, di mana reaksi biologis berjalan lebih cepat dan menyeluruh. Kombinasi antara fase anoxic dan oxic memberikan efek sinergis terhadap sistem [13], karena pada saat yang sama terjadi reduksi nitrogen dalam bentuk gas pada fase anoxic dan oksidasi amonia pada fase oxic. Kondisi paling optimal tercapai pada waktu tinggal 12 jam, yang terdiri dari 4 jam anoxic dan 8 jam oxic, dengan efisiensi penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$ mencapai 88,21%.

Selain faktor waktu tinggal, jenis media biofilter juga memberikan pengaruh nyata terhadap kinerja penyisihan nitrogen. Berdasarkan hasil pengamatan, media bioring menunjukkan efisiensi penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang lebih tinggi dibandingkan dengan media papan pakis [14], Hal ini dikarenakan bioring memiliki luas permukaan spesifik yang lebih besar, sehingga menyediakan area kontak yang lebih luas bagi mikroorganisme untuk melekat dan membentuk biofilm nitrifikasi yang padat dan stabil [15]. Pertumbuhan biofilm yang merata di seluruh permukaan media mendukung konversi amonia menjadi nitrit dan nitrat secara berkesinambungan, sehingga proses nitrifikasi dapat berjalan dengan konsistensi yang tinggi.

4. Kesimpulan

Penerapan sistem biofilter dengan aerasi intermitten yang terdiri dari fase anoxic dan oxic terbukti mampu menurunkan konsentrasi COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ pada limbah cair rumah potong ayam secara signifikan. Kondisi optimum dicapai pada waktu tinggal total 12 jam, yang terdiri atas 4 jam fase anoxic dan 8 jam fase oxic, dengan efisiensi penyisihan COD mencapai 93,41% dan $\text{NH}_3\text{-N}$ sebesar 88,21%. Efisiensi penyisihan meningkat pada fase oxic karena ketersediaan oksigen terlarut yang memadai mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme aerob. Pada tahap ini, bakteri heterotrof seperti *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* berperan dalam menguraikan senyawa organik kompleks, sementara bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas sp.* dan *Nitrobacter sp.* mengkonversi amonia menjadi bentuk yang lebih teroksidasi, yaitu nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-). Sementara itu, pada fase anoxic, bakteri denitrifikasi seperti *Pseudomonas denitrificans* memanfaatkan nitrat sebagai akseptor elektron, menghasilkan gas nitrogen (N_2) yang dilepaskan ke udara.

Jenis media juga berpengaruh terhadap hasil pengolahan. Media bioring menunjukkan performa lebih baik dibanding papan pakis karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar dan struktur kuat, sehingga mampu mendukung pembentukan biofilm tebal dan stabil sebagai tempat hidup mikroorganisme. Kombinasi antara aktivitas mikroba nitrifikasi–denitrifikasi, pengaturan aerasi intermitten yang tepat, dan pemilihan media yang sesuai, menjadikan sistem biofilter ini efisien, stabil, serta potensial diterapkan sebagai teknologi biologis ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair rumah potong ayam secara berkelanjutan.

5. Referensi

- [1] Nusa I. Said, "Pengolahan Air limbah : Teknologi Pengolahan Air Limbah," *J. Tek. Pengair.*, vol. 2, pp. 1–16, 2011.
- [2] M. FILLIAZATI, "Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2013, doi: 10.26418/jtlb.v1i1.4028.
- [3] T. A. Rachmanto and V. R. Pradana, "Proses Oxic-Anoxic Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Untuk Penyisihan Parameter Cod," vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2023.
- [4] N. I. Said, "Teknologi Biofil Ter Anaerob-Aerob Tercelup Untuk Pengolahan Air Llimbah Domestik," *Kelompok Teknol. Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair. Direktorat Teknol. Lingkung. BPPT*, no. 1989, pp. 160–169, 2010, [Online]. Available: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/004/40004019.pdf?r=1&r=1
- [5] R. Suganda, E. Sutrisno, and I. W. Wardana, "Penurunan Konsentrasi Amonia, Nitrat, Nitrit dan COD dalam Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Biofilm-Kolam (Pond) Media Pipa PVC Sarang Tawon dan Tempurung Kelapa Disertai Penambahan Ecotru," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 4, pp. 1–8, 2015, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/146796/penurunan-konsentrasi-amonia-nitrat-nitrit-dan-cod-dalam-limbah-cair-tahu-dengan#cite>

- [6] Ghaisani, Hani, and Yayok Suryo Purnomo. "Kombinasi Proses Oxic dan Anoxic Menggunakan Metode Moving Bed Biofil Reactor dalam Meremoval Parameter Pencemar Pada Limbah Tahu." *Jurnal Serambi Engineering* 9.4 (2024).
- [7] E. Kurniawati and T. Agung Rachmanto, "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik," *J. Ekol. Masy. dan Sains*, vol. 5, no. 1, pp. 10–19, 2024, doi: 10.55448/9b9ez822.
- [8] H. M. Putri, S. P. Saraswati, and J. S. Mahathir, "Penyisihan Material Organik dan Nitrogen dengan Proses Aerasi Menggunakan Microbubble Generator (MBG) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Asrama," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 20, no. 1, pp. 127–138, 2022, doi: 10.14710/jil.20.1.127-138.
- [9] Y. Zhou, J. Zhu, X. Huang, J. Gao, and G. Zhuang, "Performance and microbial characteristics of anaerobic/anoxic/aerobic (A2O)-biofilm system for electroplating wastewater treatment: a pilot scale study," *Desalin. Water Treat.*, vol. 313, pp. 74–81, 2023, doi: 10.5004/dwt.2023.30069.
- [10] B. C. Ningtias, S. S. Moersidik, C. R. Priadi, and N. I. Said, "Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Anoksik-Aerobik Moving Bed Biofilm Reactor (Studi Kasus: Penyisihan Amonia Dan Karbon Dalam Air Limbah Domestik)," *J. Air Indones.*, vol. 8, no. 2, pp. 177–188, 2018, doi: 10.29122/jai.v8i2.2377.
- [11] Muhammad Al Kholif, Miftakhul Rohmah, Pungut, Indah Nurhayati, Djoko Adi Walujo, and D. Majid, "Penurunan Beban Pencemar Rumah Potong Hewan (Rph) Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob," *J. Sains & Teknologi Lingkung.*, vol. 14, no. 2, pp. 100–113, 2022, doi: 10.20885/jstl.vol14.iss2.art1.
- [12] N. I. Said and D. R. K. Hartaja, "Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dan Denitrifikasi," *J. Air Indones.*, vol. 8, no. 1, 2018, doi: 10.29122/jai.v8i1.2380.
- [13] M. M. Apelabi, R. Rasman, and R. Rostina, "Pengaruh Proses Biofilter Aerob Anaerob Terhadap Penurunan Kadar Bod Pada Limbah Cair Rumah Tangga (Studi Literatur)," *Sulolipu Media Komun. Sivitas Akad. dan Masy.*, vol. 21, no. 1, p. 104, 2021, doi: 10.32382/sulolipu.v21i1.2089.
- [14] M. Al Kholif, "Pengaruh Penggunaan Media Dalam Menurunkan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (Rpa) Dengan Sistem Biofilter Anaerob," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 13, no. 1, pp. 13–18, 2016, doi: 10.36456/waktu.v13i1.54.
- [15] F. D. Apema, D. E. Rahayu, F. Adnan, and W. Waryati, "Penggunaan Media Sarang Tawon Dan Bioball Pada Biofilter Aerob Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry," *J. Teknol. Lingkung. UNMUL*, vol. 7, no. 1, p. 81, 2023, doi: 10.30872/jtlunmul.v7i1.11809.