



Riwayat Artikel:

Masuk: 03-10-2023

Diterima: 30-11-2023

Dipublikasi: 14-04-2024

Cara Mengutip:

Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 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. <https://doi.org/10.55448/9b9ez822>.

Artikel

Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik

Erwin Kurniawati¹, Tuhu Agung Rachmanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur

 Penulis koresponden: kurniawatierwin037@gmail.com

Abstrak: Limbah cair domestik merupakan sumber pencemar bagi perairan. Limbah ini mengandung bahan organik dan ammonia. Pengolahan biologis seperti biofilter aerob dapat digunakan untuk mendegradasi bahan organik dan amonia. Biofilter aerob akan dikombinasikan dengan aerasi *intermittent* untuk memaksimalkan proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas proses pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter aerob yang dipadukan dengan aerasi *intermittent* untuk menurunkan parameter COD dan total nitrogen. Variasi yang digunakan ada dua yaitu jenis media dan rasio waktu aerasi *intermittent*. Media yang digunakan berupa bioball dan bioring. Sedangkan rasio waktu aerasi *intermittent* yang digunakan yaitu 6,5:1,5 jam (6,5 jam *oxic*-1,5 jam *anoxic*); 6:2 jam (6 jam *oxic*-2 jam *anoxic*); 5,5:2,5 jam (5,5 jam *oxic*-2,5 jam *anoxic*); dan 5:3 jam (5 jam *oxic*-3 jam *anoxic*). Persentase penurunan COD dan total nitrogen paling optimum yaitu 83,3% dan 97,5% pada rasio waktu 6,5:1,5 jam dan 6:2 jam di dalam reaktor dengan media bioball.

Kata Kunci: Biofilter, Limbah Cair Domestik, *Oxic* dan *Anoxic*, COD, Total Nitrogen

Abstract: Domestic wastewater is a source of pollution for waters. This wastewater contains organic materials and ammonia. Biological treatment such as aerobic biofilters can be used to degrade organic materials and ammonia. The aerobic biofilter will be combined with intermittent aeration to maximize the nitrification and denitrification processes. This research aims to determine the effectiveness of the domestic wastewater treatment process using an aerobic biofilter combined with intermittent aeration to reduce COD and total nitrogen parameters. There are two variations used, namely media type and intermittent aeration time ratio. The media used are bioball and bioring. Meanwhile, the intermittent aeration time ratio used is 6.5:1.5 hours (6.5 hours *oxic*-1.5 hours *anoxic*); 6:2 hours (6 hours *oxic*-2 hours *anoxic*); 5.5:2.5 hours (5.5 hours *oxic*-2.5 hours *anoxic*); and 5:3 hours (5 hours *oxic*-3 hours *anoxic*). The optimum percentage reduction in COD and total nitrogen was 83.3% and 97.5% at a time ratio of 6.5:1.5 hours and 6:2 hours in the reactor with bioball media.

Keywords: Biofilter, Domestic Wastewater, *Oxic* and *Anoxic*, COD, Total Nitrogen

Lisensi:

Hak Cipta (c) 2022 Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains



Artikel ini berlisensi *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*.

1 PENDAHULUAN

Limbah cair domestik merupakan limbah yang dapat berasal dari kegiatan dapur dan kamar mandi. Selama ini penanganan air limbah domestik hanya dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu dialirkan ke tangki *septic tank* untuk *black*

water dan dialirkan ke drainase langsung untuk *grey water* (Hidayah et al., 2018).

Biofilter aerob dapat digunakan sebagai unit pengolahan air limbah domestik untuk menurunkan beban organik (BOD dan COD) (Filliazati, 2013). Biofilter aerob merupakan reaktor pengolahan limbah cair menggunakan

Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 2024. "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD Dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik".

mikroorganisme terlekat dimana pada proses nya akan membutuhkan suplai oksigen (Filliazati, 2013). Biofilter aerob memiliki permasalahan utama dalam hal penggunaan energi aerator yang cukup besar. Untuk mengatasi permasalahan penggunaan energi yang besar ini, maka dapat diterapkan aerasi *intermittent*. Aerasi *intermittent* adalah fase dimana proses aerasi dan non-aerasi diulang secara bergantian untuk menciptakan kondisi *oxic* dan *anoxic*. Pada prosesnya fase *oxic* dan *anoxic* akan diulang secara bergantian didalam satu reaktor hanya melalui penyesuaian sistem aerasi (mengontrol waktu aerasi dan non aerasi) (Bella & Mannina, 2020). Kelebihan penerapan proses aerasi *intermittent* (*oxic-anoxic*) dalam pengolahan air limbah diantaranya adalah penyisihan nitrogen yang cukup tinggi dan mengurangi biaya operasional karena berkurangnya pasokan oksigen (Gürtekin, 2019).

Oxic atau aerobik menggambarkan proses respirasi mikroorganisme yang membutuhkan oksigen (Frankel, 2020). Menurut Irman (2015) pengolahan aerobik memiliki karakteristik menggunakan aerator sebagai suplai oksigen. Sedangkan *anoxic* merupakan Kondisi anoksik melibatkan lingkungan di mana molekul atau oksigen bebas (O_2) tidak ada, akan tetapi masih ada oksigen terikat (nitrat (NO_3) dan nitrit (NO_2)) dalam air (Frankel, 2020). Proses anoksik lebih dikenal dengan istilah denitrifikasi (Irman, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas proses pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter aerob yang dipadukan dengan aerasi *intermittent* untuk menurunkan parameter COD dan total nitrogen.

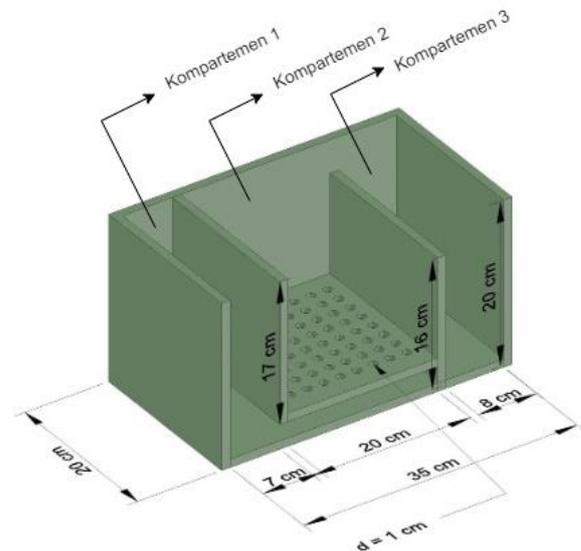
COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada, sehingga dilakukan analisis COD bukan BOD karena BOD hanya menggambarkan jumlah bahan organik dalam air yang mudah terurai saja (PT waterpedia rezeki langit, 2020).

Total nitrogen (TN) adalah jumlah nitrat-nitrogen (NO_3^-), nitrit-nitrogen (NO_2^-), amonia-nitrogen (NH_3N) dan nitrogen yang terikat secara organik (Baboo, 2016). Total nitrogen (TN) berbeda dengan Total amonia nitrogen (TAN) yang merupakan jumlah amonia di perairan dalam bentuk amonia bebas (NH_3) dan amonium (NH_4^+) (Wahyuningsih & Gitarama, 2020).

2 METODE PENELITIAN

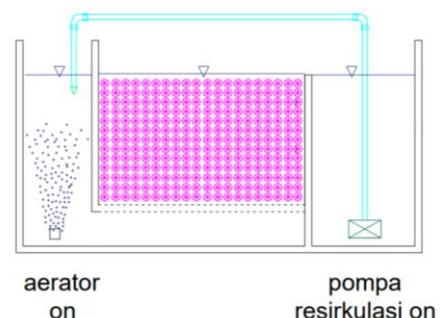
A. Rancangan Reaktor

Reaktor biofilter yang digunakan berbentuk balok bersekat dan terbuat dari akrilik bervolume 14 L. Air limbah yang diolah di setiap reaktor sebanyak 10 L. Media yang digunakan berupa bioball dan bioring dengan volume masing-masing 3,5 L. Reaktor biofilter berjumlah 2 buah sesuai dengan variasi jenis media yang telah ditentukan.

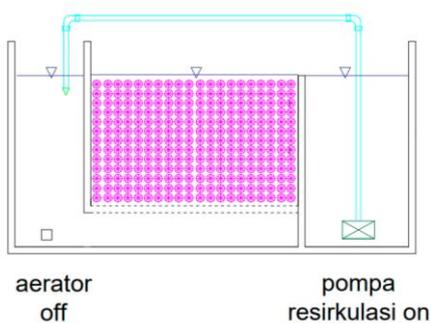


Gambar 1. Rancangan Alat Penelitian (Sumber : Agung Rachmanto & Wibowo, 2021)

Pada reaktor biofilter proses *oxic* dan *anoxic* berlangsung secara bergantian dalam satu reaktor. Kondisi *oxic* didapatkan dengan cara menyalakan batu aerator dan pompa resirkulasi secara bersamaan dan terus menerus sesuai dengan waktu tinggal yang telah direncanakan. Sedangkan kondisi *anoxic* didapatkan dengan cara mematikan batu aerator selama waktu yang ditentukan, akan tetapi pompa resirkulasi akan tetap dinyalakan. Kadar DO pada kondisi *oxic* harus dijaga > 2 mg/L dan pada kondisi *anoxic* < 2 mg/L (Suryo Purnomo & Rozika, 2021). Oksigen terlarut atau Dissolved Oxygen (DO) merupakan jumlah miligram gas oksigen yang terlarut dalam air (Madyawan et al., 2020)



Gambar 2. Kondisi *Oxic* Pada Reaktor Pengolahan (Sumber: Hasil Rancangan Peneliti)



Gambar 3. Kondisi *Anoxic* Pada Reaktor Pengolahan

(Sumber: Hasil Rancangan Peneliti)

B. Seeding dan Aklimatisasi

Seeding merupakan proses untuk mendapatkan mikroorganisme yang siap digunakan pada saat penelitian utama di reaktor biofilter (Agung Rahmanto & Wibowo, 2021). Proses seeding dilakukan dengan sistem batch dan diamati setiap hari pertumbuhan biofilm pada media. Biofilm merupakan lapisan yang berisi koloni mikroorganisme (Wardani et al., 2019). Aerator dan pompa resirkulasi dinyalakan secara bersamaan agar kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme terpenuhi.

Tabel 1. Karakteristik Media Biofilter		
Parameter	Bioball	Bioring
Warna	Hitam	Putih
Material	Thermoplastik	Keramik
Diameter media	3 cm	1,2 cm
Tinggi media	-	1,3 cm
Luas permukaan spesifik media	+ 210 m ² /m ³	170 m ² /m ³
Jumlah media didalam reaktor	200 buah	250 buah
Luas permukaan total	44000 m ² /m ³	42500 m ² /m ³
Gambar media		

(Sumber : Malik, 2023)

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian mikroorganisme untuk beroperasi pada lingkungan yang baru (Agung Rahmanto & Wibowo, 2021). Proses aklimatisasi dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan kultur mikroorganismenya yang stabil serta dapat mudah beradaptasi dengan limbah cair domestik yang

digunakan pada penelitian ini. Limbah cair domestik yang akan digunakan berasal dari kegiatan rumah tangga (kamar mandi dan dapur). Proses aklimatisasi dilakukan setelah proses seeding selesai dan juga dilakukan dengan sistem batch. Pada tahap aklimatisasi, batu aerator dan pompa resirkulasi akan tetap dinyalakan secara bersamaan untuk memenuhi kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme. Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara menambahkan limbah cair domestik secara bertahap yaitu dengan konsentrasi 50 % (5 L air limbah + 5 L air bersih) dan 80 % (8 L air limbah + 2 L air bersih). Total waktu aklimatisasi yaitu 8 hari (4 hari untuk konsentrasi limbah 50% dan 4 hari untuk konsentrasi limbah 80%) (Suryo Purnomo & Rozika, 2021).

Steady state adalah kondisi sewaktu sifat-sifat suatu sistem tak berubah dengan berjalannya waktu atau dengan kata lain, konstan. Kondisi *steady state* ditandai dengan penurunan nilai COD yang konstan dan fluktuasi nilai COD di setiap harinya tidak melebihi 10 % (Suryo Purnomo & Rozika, 2021).

C. Penelitian Utama

Reaktor biofilter dijalankan dengan sistem batch yaitu proses pengisian dan aerasi dilakukan didalam satu reaktor, air akan langsung di tuang kedalam reaktor tanpa di pompa dan tidak ada pengaturan debit (Huda, 2017). Air yang diolah akan dituang melalui kompartemen 1 dan akan mengalir ke kompartemen 2 yang sudah terdapat media yang telah ditumbuhi biofilm sehingga parameter pencemar akan di removal disini oleh mikroorganisme. Setelah melewati media biofilter, air akan melimpah ke kompartemen 3 dimana disini terdapat pompa resirkulasi yang akan mengalirkan air yang ada dikompartemen 3 ke kompartemen 1 lagi.

Penelitian utama dilakukan selama empat hari. Dihari pertama reaktor biofilter bioball dan bioring dioperasikan dengan waktu tinggal 8 jam (6,5 jam *oxic*-1,5 jam *anoxic*), dihari kedua 8 jam (6 jam *oxic*-2 jam *anoxic*), dihari ketiga 8 jam (5,5 jam-2,5 jam), dan dihari keempat 8 jam (5 jam *oxic*-3 jam *anoxic*). Proses *oxic* dan *anoxic* dilakukan secara bergantian didalam setiap reaktor biofilter. Setelah air limbah dituang kedalam reaktor, batu aerator dan pompa resirkulasi akan dinyalakan secara bersamaan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan untuk mendapatkan fase *oxic*. Setelah fase *oxic* selesai, akan dilanjutkan ke fase *anoxic* sesuai dengan waktu yang direncanakan dengan cara mematikan batu aerator dan tetap menyalakan pompa resirkulasi.

Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 2024. "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD Dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik".

Parameter utama yang dianalisis untuk mengetahui kemampuan biofilter yang dikombinasikan dengan aerasi *intermittent* pada penelitian ini adalah COD dan Total nitrogen sesudah perlakuan air limbah domestik. Kemudian parameter pendukung yang akan dianalisis yaitu pH dan DO (*Dissolve oxygen*). Dalam satu rangkaian pengolahan akan dilakukan dua kali analisis yaitu pada fase *oxic* dan *anoxic*, sehingga nantinya akan ada tiga persentase removal yaitu persentase *oxic* (persentase removal yang didapat ketika air limbah melalui fase *oxic*), persentase *anoxic* (persentase removal yang didapat ketika air limbah melalui fase *anoxic*), dan persentase total *oxic-anoxic* (persentase removal yang didapat ketika air limbah melalui kedua fase *oxic* dan *anoxic*). Adapun matriks penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Total nitrogen	56,7 mg/L	-
----------------	-----------	---

*Permen LHK No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik

B. Hasil Seeding dan Aklimatisasi

Proses seeding berlangsung selama 14 hari. Pada hari ke-14 pertumbuhan biofilm di setiap media telah merata dan dapat dilihat secara visual.



Gambar 4. Media Bioball Setelah Seeding 14 Hari (Sumber: Foto Hasil Penelitian)



Gambar 5. Media Bioring Setelah Seeding 14 Hari (Sumber: Foto Hasil Penelitian)

Tabel 2. Matriks Penelitian		
Jenis Media	Rasio waktu aerasi <i>intermittent Oxic-Anoxic</i> (jam)	Parameter yang diteliti
Bioball	6,5 <i>oxic</i> : 1,5 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	6 <i>oxic</i> : 2 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	5,5 <i>oxic</i> : 2,5 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	5 <i>oxic</i> : 3 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
Bioring	6,5 <i>oxic</i> : 1,5 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	6 <i>oxic</i> : 2 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	5,5 <i>oxic</i> : 2,5 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH
	5 <i>oxic</i> : 3 <i>anoxic</i>	COD, Total Nitrogen, DO, pH

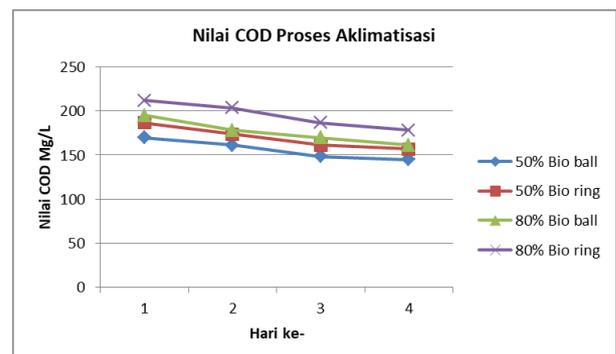
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Awal Karakteristik Limbah Cair Domestik

Sampel limbah cair domestik diambil dari bak pengendap awal kedua milik Rusunawa Penjaringan Sari Rungkut Surabaya. Analisis awal dilakukan untuk mengetahui nilai COD, total nitrogen, dan pH limbah cair domestik sebelum dilakukan pengolahan. Karakteristik awal limbah cair domestik disajikan dalam tabel 3 berikut.

Tabel 3 Karakteristik Awal Limbah Cair Domestik		
Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu
pH*	8,4	6 - 9
COD*	254,4 mg/L	100 mg/L

Pada tahap aklimatisasi akan dilakukan pengecekan nilai COD setiap harinya. Pengaruh jenis media dan konsentrasi limbah terhadap nilai COD saat proses aklimatisasi ditunjukkan dalam gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pengaruh jenis media dan konsentrasi limbah terhadap nilai COD saat proses aklimatisasi (Sumber: Hasil Penelitian)

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa media bioball lebih bagus dalam menyisihkan nilai COD daripada media bioring, baik dalam konsentrasi air limbah 50 % maupun 80%. Aklimatisasi hari ke 2, 3 dan 4 pada konsentrasi limbah 50% dan 80% penurunan nilai COD sudah stabil dan fluktuasinya tidak melebihi 10% sehingga bisa

dilanjutkan ke proses penelitian utama. Persentase fluktuasi COD pada tahap aklimatisasi disajikan dalam tabel 4 berikut ini.

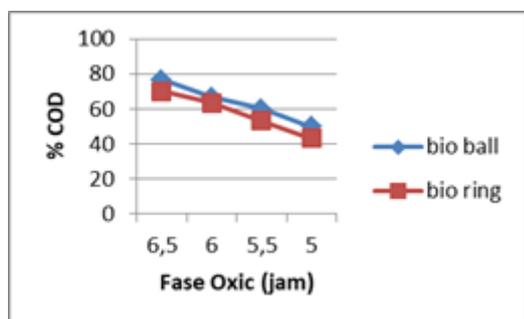
Tabel 4. Persentase (%) Fluktuasi COD Tahap Aklimatisasi				
Konsentrasi Limbah	Fluktuasi COD (%)			
50 %	33,3	5,0	7,9	2,3
	26,7	6,8	7,3	2,6
80 %	23,3	8,7	4,8	5,0
	16,7	4,0	8,3	4,5

C. Pengaruh Jenis Media dan Rasio Waktu Aerasi Intermittent (Oxic-Anoxic) Terhadap Penurunan COD

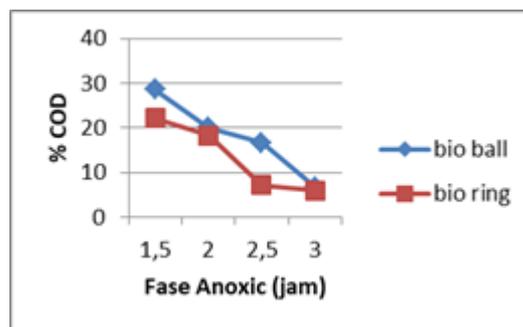
Tujuan dari analisis COD yaitu untuk mengetahui penurunan senyawa organik yang terjadi pada proses biofilter. Persentase penurunan COD disajikan dalam tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Kadar dan % Removal COD					
Rasio Waktu Aerasi Intermittent		Bioball		Bioring	
		Kadar (mg/L)	% penurunan	Kadar (mg/L)	% penurunan
6,5:1,5	oxic	59,4	76,7	76,3	70
	anoxic	42,4	28,6	59,4	22,2
	Total oxic-anoxic		83,3		76,7
6:2	oxic	84,8	66,7	93,3	63,3
	anoxic	67,8	20	76,3	18,2
	Total oxic-anoxic		73,3		70
5,5:2,5	oxic	101,8	60	118,7	53,3
	anoxic	84,8	16,7	110,2	7,1
	Total oxic-anoxic		66,7		56,7
5:3	oxic	127,2	50	144,2	43,3
	anoxic	118,7	6,7	135,7	5,9
	Total oxic-anoxic		53,3		46,7

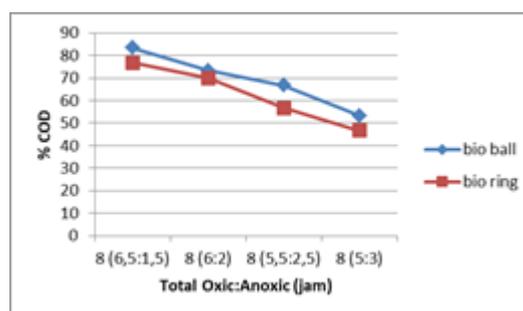
(Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti)



Gambar 7. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses Oxic Terhadap Persentase Penurunan COD (Sumber: Hasil Penelitian)



Gambar 8. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses Anoxic Terhadap Persentase Penurunan COD (Sumber: Hasil Penelitian)



Gambar 9. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses Oxic-Anoxic Terhadap Persentase Penurunan COD (Sumber: Hasil Penelitian)

Pada gambar 7 diketahui bahwa persentase removal COD akan semakin tinggi jika waktu tinggal fase oxic semakin lama. Removal COD tertinggi pada fase oxic terjadi pada media bioball di waktu tinggal 6,5 jam dengan persentase removal sebesar 76,7%.

Pada gambar 8 diketahui bahwa persentase removal COD akan semakin tinggi jika waktu tinggal fase anoxic semakin cepat. Removal COD tertinggi pada fase anoxic terjadi pada media bioball di waktu tinggal 1,5 jam dengan persentase removal 28,6%.

Pada gambar 9 menunjukkan grafik persentase removal COD untuk keseluruhan rangkaian proses oxic-anoxic. Gambar 9 menunjukkan bahwa rasio aerasi intermitten (*Oxic-Anoxic*) terbaik dihasilkan pada waktu oxic 6,5 jam dan dilanjutkan waktu anoxic 1,5 jam (total waktu oxic-anoxic 8 jam) yang terjadi pada reaktor dengan media bioball. Pada rasio waktu aerasi intermitten 6,5:1,5 jam mampu meremoval COD hingga 83,3% dengan nilai akhir COD pada effluent sebesar 42 mg/L.

Dalam proses oxic dan anoxic, bakteri heterotrof memerlukan karbon organik untuk proses metabolismenya (González-Tineo et al., 2022). Pada fase oxic, konsentrasi COD menurun dengan cepat sebagai akibat dari oksidasi dengan

Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 2024. "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD Dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik". adanya oksigen. Sedangkan pada fase *anoxic* COD akan mengalami penurunan karena karbon organik akan dijadikan sebagai donor elektron dalam proses denitrifikasi (Gürtekin, 2019).

Proses degradasi COD pada reaktor biofilter dipengaruhi oleh lama nya waktu tinggal dan suplai oksigen. Semakin lama waktu tinggal air limbah dalam reaktor, maka akan semakin panjang kontak air limbah dengan biofilm sehingga memberikan efisiensi penurunan yang semakin tinggi (Agus Priyo Susilo et al., 2016). Kemudian suplai oksigen yang semakin banyak juga akan mempercepat proses oksidasi bahan organik.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jenis media bioball dan bioring serta rasio waktu aerasi *intermittent* terhadap penurunan nilai COD air limbah yang diolah maka dilakukan uji *Anova Two Way*. Adapun uji *Anova Two Way* yang dilakukan seperti berikut:

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Td	7	6975,00	996,43	15,50	0,001
Media	1	25,00	25,00	0,39	0,553
Error	7	450,00	64,29		
Total	15	7450,00			

Hipotesis:

- H_0 : jenis media tidak mempengaruhi persen penurunan COD
 H_1 : jenis media mempengaruhi persen penurunan COD
- H_0 : rasio waktu aerasi *intermittent* tidak mempengaruhi persen penurunan COD
 H_1 : rasio waktu aerasi *intermittent* mempengaruhi persen penurunan COD

Daerah Penolakan :

- P value < 0,05 : H_0 ditolak
- P value > 0,05 : H_1 ditolak

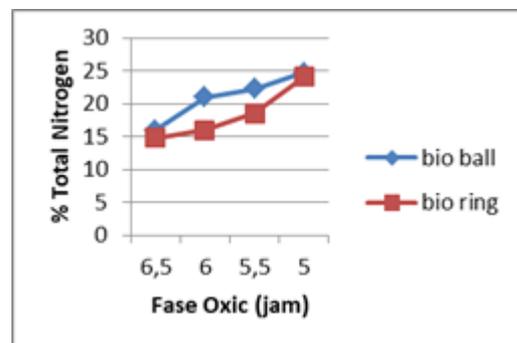
Berdasarkan hasil output Minitab19 menggunakan metode *Anova Two Way* dapat diketahui bahwa rasio waktu aerasi (Td) memiliki p value sebesar 0,001. P value = 0,001 < 0,05 maka H_0 ditolak, yang berarti rasio waktu aerasi *intermittent* (Td) mempengaruhi persentase penurunan parameter COD. Sedangkan jenis media biofilter memiliki nilai p value sebesar 0,553. P value = 0,553 > 0,05 maka H_1 ditolak, yang berarti jenis media bioball dan bioring tidak mempengaruhi persen penurunan parameter COD.

D. Pengaruh Jenis Media dan Rasio Waktu Aerasi *Intermittent* (Oxic-Anoxic) Terhadap Penurunan Total Nitrogen

Total nitrogen merupakan parameter utama dalam penelitian ini. Analisis total nitrogen dilakukan menggunakan tabung Kjeldahl. Persentase penurunan total nitrogen disajikan dalam tabel 6 berikut ini.

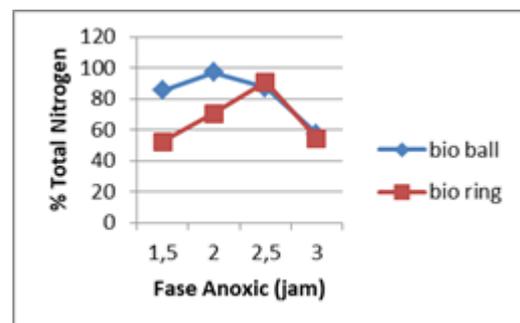
Tabel 6. Kadar dan % Removal Total Nitrogen					
Rasio Waktu Aerasi <i>Intermittent</i>	Bioball			Bioring	
	Kadar (mg/L)	% penurunan	Kadar (mg/L)	% penurunan	
6,5:1,5	<i>oxic</i>	47,6	16,0	48,3	14,8
	<i>anoxic</i>	7	85,3	23,1	52,2
	Total <i>oxic-anoxic</i>		87,7		59,3
6:2	<i>oxic</i>	44,8	21	47,6	16
	<i>anoxic</i>	1,4	96,9	14	70,6
	Total <i>oxic-anoxic</i>		97,5		75,3
5,5:2,5	<i>oxic</i>	44,1	22,2	46,2	18,5
	<i>anoxic</i>	5,6	87,3	4,2	90,9
	Total <i>oxic-anoxic</i>		90,1		92,6
5:3	<i>oxic</i>	42,7	24,7	43,1	24,1
	<i>anoxic</i>	18,2	57,4	19,6	54,5
	Total <i>oxic-anoxic</i>		67,9		65,4

(Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti)



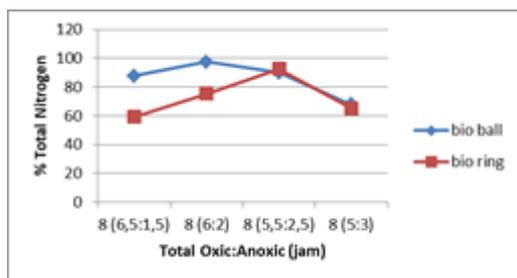
Gambar 10. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses Oxi Terhadap Persentase Penurunan Total Nitrogen

(Sumber: Hasil Penelitian)



Gambar 11. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses *Anoxic* Terhadap Persentase Penurunan Total Nitrogen

(Sumber: Hasil Penelitian)



Gambar 12. Hubungan Antara Jenis Media dan Proses *Oxic-Anoxic* Terhadap Persentase Penurunan Total Nitrogen (Sumber: Hasil Penelitian)

Pada gambar 10 diketahui bahwa semakin cepat durasi proses *oxic*, maka persentase removal Total Nitrogen akan semakin meningkat. Persentase total nitrogen tertinggi pada fase *oxic* terjadi di reaktor dengan media bioball pada durasi waktu terpendek yaitu 5 jam. Saat waktu tinggal *oxic* selama 5 jam persentase penurunan total nitrogen mencapai 24,7%.

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa persentase removal total nitrogen tertinggi terjadi didalam reaktor media bioball dengan waktu tinggal *anoxic* selama 2 jam. Persentase removal yang didapatkan mencapai 96,9%. Penurunan total nitrogen pada fase *anoxic* menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal proses *anoxic* tidak memberikan persen removal yang semakin baik.

Pada gambar 12 menunjukkan grafik persentase removal total nitrogen untuk keseluruhan rangkaian proses *oxic-anoxic*. Gambar 12 menunjukkan bahwa rasio aerasi *intermittent* (*Oxic-Anoxic*) terbaik dihasilkan pada waktu *oxic* 6 jam dan dilanjut waktu *anoxic* 2 jam (total waktu *oxic-anoxic* 8 jam) yang pada reaktor dengan media bioball. Pada rasio waktu aerasi *intermittent* 6:2 jam mampu meremoval total nitrogen hingga 97,5% dengan nilai akhir COD pada effluent sebesar 1,4 mg/l.

Aerasi *intermittent* diterapkan untuk menciptakan kondisi *oxic* dan *anoxic* agar proses nitrifikasi dan denitrifikasi pada air limbah yang diolah terjadi secara maksimal. Persentase penurunan total nitrogen tertinggi rata-rata terjadi pada proses *anoxic*. Pada media bioball saat proses *anoxic* selama 2 jam, nilai DO yang tersisa sebesar 1,2 mg/l.

Pada prosesnya konsentrasi amonium akan menurun akibat adanya proses nitrifikasi pada fase *oxic*. Nitrifikasi merupakan proses aerobik biologis yang mengoksidasi NH_4^+ (amonium) menjadi NO_2^- (nitrat) dengan bantuan bakteri pengoksidasi amonia diikuti dengan konversi nitrit menjadi nitrat oleh bakteri pengoksidasi

nitrit, kedua kelompok bakteri ini disebut bakteri nitrifikasi chemoautotrophic (Gürtekin, 2019).

Pada saat anoksik terjadi proses denitrifikasi yaitu proses reduksi non-asimilatif dari bentuk nitrogen teroksidasi (NO_2^- dan NO_3^-) menjadi molekul nitrogen dalam kondisi anoksik. Proses ini dilakukan oleh bakteri heterotrof dengan menggunakan sumber karbon organik untuk metabolismenya (González-Tineo et al., 2022). Proses pengolahan air limbah secara *oxic-anoxic* mampu menciptakan suasana nitrifikasi dan denitrifikasi sehingga efisien untuk menurunkan kadar total nitrogen (Hasanuddin, 2011).

Dilakukan uji *Anova Two Way* untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jenis media bioball dan bioring serta rasio waktu aerasi *intermittent* terhadap penurunan total nitrogen air limbah yang diolah. Adapun uji anova two-way yang dilakukan seperti berikut:

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Td	7	4877,53	696,79	34,32	0,000
Media	1	75,26	75,26	3,71	0,096
Error	7	142,14	20,31		
Total	15	5094,93			

Hipotesis :

- H_0 : jenis media tidak mempengaruhi persen penurunan total nitrogen
 H_1 : jenis media mempengaruhi persen penurunan total nitrogen
- H_0 : rasio waktu aerasi *intermittent* tidak mempengaruhi persen penurunan total nitrogen
 H_1 : rasio waktu aerasi *intermittent* mempengaruhi persen penurunan total nitrogen

Daerah Penolakan :

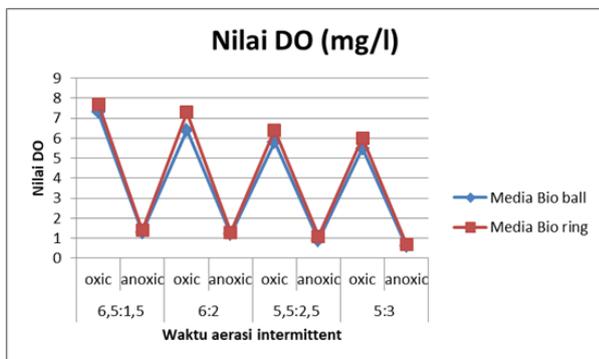
- P value < 0,05 : H_0 ditolak
- P value > 0,05 : H_1 ditolak

Berdasarkan hasil output Minitab19 menggunakan metode *Anova Two Way* dapat diketahui bahwa rasio waktu aerasi (Td) memiliki p value sebesar 0,000. P value = 0,000 < 0,05 maka H_0 ditolak, yang berarti rasio waktu aerasi *intermittent* (Td) mempengaruhi persentase penurunan parameter total nitrogen. Sedangkan jenis media biofilter memiliki nilai p value sebesar 0,096. P value = 0,096 > 0,05 maka H_1 ditolak, yang berarti jenis media bioball dan bioring tidak mempengaruhi persen penurunan parameter total nitrogen.

Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 2024. "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD Dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik".

E. Pengaruh Jenis Media dan Rasio Waktu Aerasi *Intermittent* (*Oxic-Anoxic*) Terhadap Nilai DO

Dissolved Oxygen (DO) memiliki peran yang sangat penting dalam penelitian ini. Oksigen terlarut dalam air digunakan untuk proses respirasi degradasi bahan organik maupun anorganik, proses metabolisme dan pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme (Puspa, 2021). Pada penelitian ini oksigen didapatkan dengan cara menggunakan batu aerator. Nilai oksigen terlarut dipengaruhi oleh proses aerasi *intermittent* (*oxic-anoxic*). Hubungan antara jenis media dan rasio waktu aerasi *intermittent* terhadap nilai DO ditunjukkan dalam gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Hubungan antara jenis media dan rasio waktu aerasi *intermittent* terhadap nilai DO (Sumber: Hasil Penelitian)

Pada gambar 13 menunjukkan bahwa nilai DO pada media bioball dan bioring tidak jauh berbeda, baik dalam tahap *oxic* maupun *anoxic*. Nilai DO tertinggi dihasilkan oleh reaktor dengan media bioring dan DO terendah didapatkan pada reaktor dengan media bioball. DO tertinggi didapatkan pada proses *oxic* selama 6,5 jam dengan nilai DO mencapai 7,3 mg/l. Sedangkan nilai DO terendah terjadi pada proses *anoxic* selama 1,5 jam, dimana nilai DO yang tersisa hanya 0,6 mg/l.

Terjadi penurunan kadar oksigen terlarut pada setiap proses pengolahan, hal ini dikarenakan terjadi proses deoksigenasi pada air limbah yang diolah. Deoksigenasi merupakan penurunan kadar oksigen yang terjadi akibat penggunaan oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan beban pencemar dalam air limbah (Kumarasamy, 2015). Semakin lama waktu *oxic* yang diterapkan pada proses pengolahan, maka akan semakin banyak suplai oksigen yang dihasilkan sehingga kebutuhan oksigen pada saat waktu *anoxic* masih tetap terpenuhi (Aljumriani, 2015). Jika jumlah mikroorganisme dan beban pengolahan tetap, serta waktu aerasi semakin

berkurang, maka nilai oksigen terlarut dalam air limbah akan semakin kecil.

Nilai DO (Dissolved Oxygen) pada media bioring lebih tinggi dibandingkan dengan media bioball. Hal ini dikarenakan luas permukaan media bioring lebih kecil daripada media bioball sehingga jumlah mikroorganismenya juga akan lebih sedikit. Jumlah DO yang digunakan berbanding terbalik dengan jumlah mikroorganisme yang tumbuh pada media, semakin sedikit mikroorganisme yang tumbuh maka akan semakin banyak jumlah DO yang tersisa dalam air. Jika waktu dan debit aerasi tetap sama pada media bioball dan media bio ring, akan tetapi jumlah mikroorganisme yang tumbuh pada media bioring lebih sedikit, maka jumlah DO pada media bioring akan lebih banyak daripada media bioball.

Proses *oxic* ($DO > 2$ mg/L) berperan penting dalam menurunkan parameter COD karena oksigen yang disuplai akan digunakan dalam proses oksidasi bahan organik air limbah. Sedangkan proses *anoxic* ($DO < 2$ mg/L) berperan penting dalam menurunkan nilai total nitrogen karena akan mendukung proses denitrifikasi air limbah.

4 PENUTUP

A. Kesimpulan

Aerasi intermitten dengan durasi *oxic* 6,5 jam - *anoxic* 1,5 jam yang diterapkan pada biofilter aerob dengan media bioball optimum mendegradasi parameter COD dan total nitrogen. Efisiensi removal COD mencapai 83,3% dan removal total nitrogen mencapai 87,7%. Variasi rasio aerasi *intermittent* (*oxic-anoxic*) memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan parameter COD dan total nitrogen didalam pengolahan limbah cair domestik menggunakan biofilter aerob yang ditunjukkan melalui hasil analisis *Anova Two Way* ($P\text{-Value} < 0,05$).

B. Saran

Beberapa hal yang dapat dikembangkan dan diterapkan pada penelitian selanjutnya yaitu menggunakan variasi rasio waktu *anoxic* yang lebih kecil dari 2,5 jam karena waktu tersebut sudah menunjukkan persentase penurunan total nitrogen yang semakin berkurang. Proses pengolahan *oxic* dan *anoxic* dapat dilanjutkan dengan penambahan pengolahan anaerobik untuk melihat efektifitas dan mempertimbangkan efisiensi yang diperoleh. Kemudian menggunakan strategi *step-feed* yang merupakan pemberian sumber karbon pada saat proses denitrifikasi juga

dapat diterapkan untuk meningkatkan efektifitas penyisihan total nitrogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Rahmanto, T., & Wibowo, M. A. (2021). Kombinasi Tangki Aerasi Dan Upflow Biofilter Dalam Mendegradasi Bahan Organik (Bod, Tss, Tds) Limbah Cair Industri Tempe. *EnviroUS*, 2(1), 27–35. <https://doi.org/10.33005/enviroUS.v2i1.55>
- Agus Priyo Susilo, F., Suharto, B., & Dewi Susanawati, L. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode Rotating Biological Contactor. *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 21–26.
- Aljumrianai. (2015). Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Pada Proses Aerobik-Anoksik.
- Baboo, P. (2016). Nitrogen Species. ResearchGate. https://www.researchgate.net/post/Is_the_re_any_difference_between_kjendhal_nitrogen_total_organic_nitrogen_and_total_elemental_nitrogen_in_organic_samples
- Bella, G. Di, & Mannina, G. (2020). Intermittent aeration in a hybrid moving bed biofilm reactor for carbon and nutrient biological removal. *Water (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/w12020492>
- Filliazati, M. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v1i1.4028>
- Frankel, T. (2020). Pengolahan Air Limbah Anoksik Vs Anaerobik Vs Aerobik. SSI Smart Ideas For Water. <https://www.ssi-aeration.com/anoxic-vs-anaerobic-vs-aerobic-wastewater-treatment/#gref>
- González-Tineo, P., Aguilar, A., Reynoso, A., Durán, U., Garzón-Zúñiga, M., Meza-Escalante, E., Álvarez, L., & Serrano, D. (2022). Organic matter removal in a simultaneous nitrification–denitrification process using fixed-film system. *Scientific Reports*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05521-3>
- Gürtekin, E. (2019). Effect of Intermittent Aeration and Step-Feed on Nitrogen Removal Performance in Anoxic-aerobic Sequencing Batch Reactor. *Naturan and Engineering Sciences*, 4(3), 9.
- Hasanuddin. (2011). Kondisi pH Terhadap Denitrifikasi Air Limbah Nitrogen Menggunakan Reaktor Berbahan Isian Batu Belerang Dan Batu Kapur. *Inovasi*, 8(2), 237–247.
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Aprilliana, G., & Cahyonugroho, H. (2018). Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. 16(2), 155–161. <https://doi.org/10.14710/jil.16.2.155-161>
- Huda, R. (2017). Pengolahan Lindi Dengan Proses Aerobik-Anoksik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor untuk Menurunkan Konsentrasi Organik dan Nitrogen [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. https://repository.its.ac.id/44387/1/3313100091-Undergraduate_Theses.pdf
- Irman, J. (2015). Sistem Pengolahan Air Limbah Secara Biologis (pp. 1–35). Slideshare. <https://www.slideshare.net/metrosanita/sistem-pengolahan-air-limbah-secara-biologis>
- Kumarasamy, M. . (2015). Deoxygenation and Reaeration Coupled hybrid Mixing cells Based Pollutant Transport Model to Assess water Quality Status of a River.
- Madyawan, D., Hendrawan, I. G., & Suteja, Y. (2020). Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 270. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p15>
- Malik. (2023). Filter Biologis: Jenis, Material, Ukuran & Prinsip Kerja. CupangBetta. <https://www.cupangbeta.id/filter-biologis/>

- Kurniawati, Erwin, and Tuhu Agung Rachmanto. 2024. "Penerapan Aerasi Intermittent Pada Proses Biofilter Aerob Untuk Mendegradasi COD Dan Total Nitrogen Limbah Cair Domestik".
- PT waterpedia rezeki langit. (2020).
Pengertian BOD dan COD.
Waterpedia.Co.Id.
<https://waterpedia.co.id/pengertian-cod-dan-bod/>
- Puspa, Z. D. (2021). No Title. Nanobubble.Id.
<https://nanobubble.id/blog/pentingnya-kadar-oksigen-terlarut-dalam-air>
- Suryo Purnomo, Y., & Rozika, D. I. (2021).
Pengolahan Lindi (Leachate) Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf) Dengan Proses Oxic-Anoxic. *EnviroUS*, 2(1), 106–114.
<https://doi.org/10.33005/enviroUS.v2i1.86>
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A. M. (2020).
Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 1–14.
<http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Wardani, I. R. P., Abdullah, S., & Triyantoro, B. (2019). Pengaruh Luas Permukaan Media Biofilter Aerobik Bambu Wulung (*Gigantochloa Atrovioleacea*) Terhadap Efisiensi Penurunan BOD pada Pengolahan Limbah Cair Tahu di Desa Kalimantan Wetan Kecamatan Kalimantan Kabupaten Purbalingga Tahun 2019. 1–7.
https://repository.poltekkes-smg.ac.id/index.php?p=show_detail&id=19033&keywords=