

PENURUNAN KADAR COD, TSS, DAN NH₃-N PADA AIR LIMBAH RUMAH POTONG HEWAN DENGAN PROSES BIOFILTER ANAEROB-AEROB MENGGUNAKAN MEDIA BIOBALL

Dwi Rahayu^{*1)} dan Naniek Ratni JAR¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur (UPN)

^{*)}E-mail: rdwi9590@gmail.com

Abstrak

Sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat diaplikasikan untuk menangani air limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif pengolahan menggunakan kombinasi biofilter anaerob-aerob dengan variabel perlakuan yaitu variasi debit aliran dan debit udara terhadap penurunan kandungan polutan COD, TSS, dan NH₃-N pada air limbah RPH, sehingga dapat mengetahui debit aliran dan debit udara yang paling efektif. Proses ini melalui beberapa tahap, yaitu tahap penumbuhan *biofilm* pada media yang disebut *seeding* atau pengembangbiakan bakteri alami, tahap berikutnya adalah aklimatisasi atau proses adaptasi *biofilm* terhadap air limbah. Setelah tahap-tahap tersebut, dilanjutkan dengan proses *running* sehingga diperoleh hasil penelitian bahwa sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob ini terbilang efektif dalam menurunkan kandungan polutan COD, TSS, dan NH₃-N pada air limbah RPH. Hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini % penurunannya paling efektif pada debit aliran 30 mL/menit dan debit udara 12 mL/menit yaitu kandungan COD sebesar 90,12% dan NH₃-N sebesar 97,33%. Sedangkan penurunan TSS sebesar 83,76%, pada debit aliran 30 mL/menit dan debit udara 8 mL/menit.

Kata kunci: Biofilter Anaerob-Aerob, Debit Aliran, Debit Udara, COD, TSS, NH₃-N

Abstract

A combined anaerobic-aerobic biofilter system is an alternative technology that can be applied to treat slaughterhouse wastewater. This study aimed to determine how effective treatment using a combination of anaerobic-aerobic biofilter is with treatment variables, namely variations in flow rate and air discharge to decrease the pollutant contents of COD, TSS, and NH₃-N in slaughterhouse wastewater, so the most effective flow rate and air flow can be determined. This process had several stages, starting with the stage of biofilm growth in a medium called seeding or natural bacterial breeding, then acclimatization or biofilm adaptation to the wastewater. After that, we continued with the running process that obtained results showing that the combination of anaerobic-aerobic biofilter system is fairly effective in reducing the pollutant contents of COD, TSS, and NH₃-N in slaughterhouse wastewater. This was proven by the decline in percentage of those contents with the most effective results occurring at a flowrate of 30 ml/minute and air flow 12 ml/minute which reduced COD content by 90.12%, NH₃-N by 97.33%, and TSS by 83.76%, at flow rate 30 ml/minute and air discharge 8 ml/minute.

Keywords: Anaerobic-Aerobic Biofilter, Flow Discharge, Air Flow, COD, TSS, NH₃-N

1. PENDAHULUAN

Aktifitas dari Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan beberapa jenis buangan, salah

satunya berupa air limbah. Air limbah RPH biasanya merupakan hasil dari pemotongan hewan yang berupa darah dan pembersihan isi perut serta sisa-sisa kotoran pada pembersihan

kandang. Air limbah dari RPH sangat berpotensi mencemari lingkungan karena kandungan polutan organiknya yang cukup tinggi. Selain itu, air limbah RPH juga menimbulkan bau yang sangat menyengat. Tingginya kandungan polutan seperti BOD, COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ pada air limbah RPH sangat berpotensi mencemari perairan apabila langsung dibuang ke badan air. Oleh sebab itu, perlu adanya proses pengolahan terhadap air limbah tersebut sebelum dibuang ke badan air. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah proses biofilter anaerob-aerob.

Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Tabel 1. Sumber Air Limbah RPH

Aktivitas	Limbah yang dihasilkan
Penyembelihan	Air pembersih ruang pemotongan yang bercampur darah
Pengulitan	-
Pembersihan isi <i>jerohan</i>	Air pembersih ruang pemotongan yang bercampur dengan kotoran isi rumen dan kotoran usus
Pengkarkasan	Air pembersihan ruang pemotongan yang bercampur dengan lemak sisa pengkarkasan

Sumber: Sari, 2018

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya akan diambil 3 dari 6 parameter yang akan dianalisa, yaitu COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$.

Berikut merupakan beban kandungan polutan yang terdapat pada air limbah RPH dari hasil analisis yang dilakukan di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Jawa Timur.

Tabel 2. Beban Polutan Limbah RPH

Parameter	Rerata (mg/L)
BOD ₅	1465
COD	3685
TSS	2932
Minyak & lemak	< 2,1
$\text{NH}_3\text{-N}$	144,4
pH	7,82

Sumber: Analisis, 2018

Chemical Oxygen Demand (COD)

COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar senyawa organik yang ada dalam air limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion krom. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik (Praja, 2017).

Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 μm dan dapat mengendap. Berdasarkan Alerts (1984) dalam Praja (2017) tingginya nilai TSS dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, hal ini akan mengganggu proses fotosintesis yang akan menyebabkan turunnya kandungan oksigen terlarut yang dilepas ke dalam air oleh tanaman. TSS tinggi juga akan menyebabkan penurunan kejernihan pada air.

Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Amonia yang merupakan salah satu dari kandungan pada air limbah RPH termasuk gas alkalin yang tidak berwarna dan mempunyai bau khas yang tajam. Adanya amonia yang

dihasilkan dari dekomposisi protein dapat bersifat toksik dalam perairan karena berkontribusi terhadap terjadinya proses *eutrofikasi* yang secara perlahan dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut pada air, terganggunya proses respirasi biota, bahkan dapat menyebabkan kematian (Wahyuni, Suyasa, & Mahardika, 2015).

Proses Biofilter

Proses pengolahan air limbah dengan sistem biakan melekat atau biofilm dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik, atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Mekanisme penguraian senyawa polutan di dalam sistem biakan melekat yang terjadi pada reaktor sistem biakan melekat, yaitu mikroorganisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media. Saat operasi, senyawa polutan yang terkandung di dalam air mengalir melalui celah dan kontak langsung dengan lapisan massa mikroba (*biofilm*). Mikroorganisme yang menempel pada permukaan media merupakan grup yang sama dengan organisme yang ada di dalam lumpur aktif. Sebagian besar adalah organisme heterotropik dengan bakteri fakultatif sebagai organisme utama (Said, 2017).

Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, fosfor dan lainnya, akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa.

Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik dan bahan material anorganik. Biasanya untuk

media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi lebih kecil. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (*downflow*) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya.

Tabel 3. Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³)
Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
Modul Sarang Tawon	150-240
Tipe Jaring	50
RBC	80-150
Bio-ball (random)	200-240

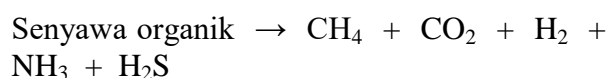
Sumber: Said, 2017

Proses Biofilter Anaerob

Pengolahan limbah anaerob adalah sebuah metode biologikal untuk peruraian bahan organik atau anorganik tanpa kehadiran oksigen. Produk akhir dari degradasi anaerob adalah gas, paling banyak metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), dan sebagian kecil hidrogen sulfida (H₂S) dan hidrogen (H₂). Dalam proses anaerob ini peruraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok 1 yang menghidrolisa dan memfermentasi komponen organik kompleks menjadi komponen organik sederhana seperti asam asetat dan asam propionat. Kelompok bakteri ini terdiri dari bakteri anaerob dan fakultatif yang disebut pembentuk asam. Kelompok 2 adalah mikroorganisme yang mengubah asam organik yang dibentuk oleh kelompok 1 menjadi gas metan dan gas CO₂. Bakteri ini disebut pembentuk metan. Beberapa

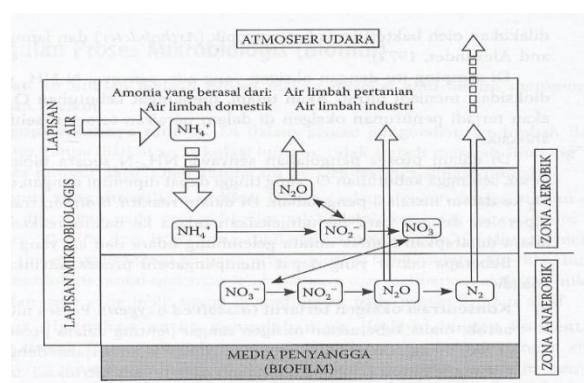
kelompok bakteri anaerob dan fakultatif yang lain memanfaatkan macam-macam ion organik yang ada dalam lumpur seperti bakteri mereduksi ion sulfat (SO_4^{2-}) menjadi ion sulfid (S^{2-}) dan mereduksi Nitrat (NO_3^-) menjadi nitrogen (N_2) (Ariyani, 2010).

Pada proses mikrobiologis dalam penguraian anaerob, kumpulan mikroorganisme umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Keseluruhan reaksi digambarkan sebagai berikut (Polparasert, 1989 dalam Said, 2017):



Proses Biofilter Aerob

Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah, sehingga prosesnya ditempatkan sesudah proses anaerob. Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hidrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen (Said, 2017). Pada proses biofilter aerob, senyawa amonia akan diubah menjadi nitrit, kemudian senyawa nitrit akan diubah menjadi nitrat. Mekanisme proses penguraian senyawa amonia yang terjadi pada lapisan *biofilm* secara sederhana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Proses Penguraian Amonia di dalam *Biofilm* (Sumber: Said, 2017)

Lapisan terluar media penyangga adalah lapisan tipis zona aerobik, senyawa amonia dioksidasi dan diubah ke dalam bentuk nitrit. Sebagian senyawa nitrit ada yang diubah menjadi gas dinitrogen oksida (N_2O) dan ada yang diubah menjadi nitrat. Proses yang terjadi tersebut dinamakan dengan proses nitrifikasi (Said, 2017).

Semakin lama, lapisan *biofilm* yang tumbuh pada media penyangga tersebut semakin tebal sehingga menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam lapisan *biofilm* yang mengakibatkan terbentuknya zona anaerobik. Pada zona anaerobik ini, senyawa nitrat yang terbentuk diubah ke dalam bentuk nitrit yang kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N_2). Proses demikian disebut proses denitrifikasi (Said, 2017).

2. METODA

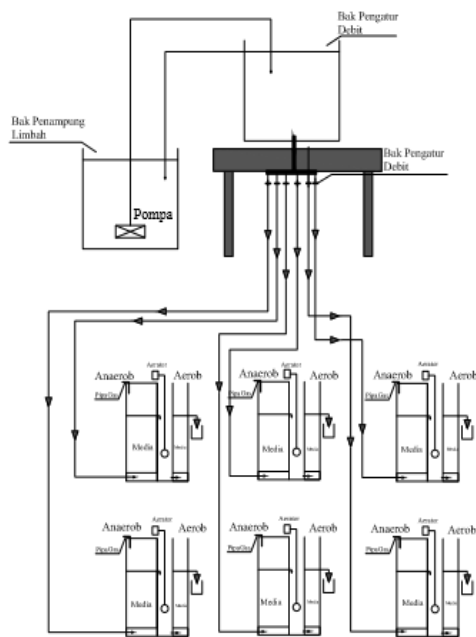
Bahan Penelitian

1. Air Limbah
Air limbah yang digunakan adalah air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) yang di ambil dari PD RPH Pegirian, Surabaya
2. Aquades

Peralatan Penelitian

Rangkaian peralatan yang digunakan sebagai berikut Gambar 2. Rincian alat yang digunakan dalam penelitian:

1. Reaktor anaerob-aerob aliran *upflow*, terbuat dari kaca ketebalan 5 mm, ukuran reaktor 20 cm x 20 cm x 60 cm.
2. Bak penampung limbah dengan volume 100 L
3. Bak pengatur debit dengan volume 50 L
4. Bak penampung effluen
5. Media yang digunakan adalah *bioball* jenis rambutan \varnothing 3,5 cm
6. Keran pengatur debit
7. Selang bening \varnothing 1 cm
8. Pompa Air
9. Diffuser Aerator



Gambar 2. Rangkaian alat penelitian

Variabel Penelitian

Variabel Tetap:

1. Volume reaktor = 32 L
2. Jenis media = *Bioball* jenis rambutan Ø 3,5 cm
3. Ketebalan media = 24 cm (anaerob), 16 cm (aerob)
4. Jenis aerasi = Injeksi udara menggunakan pompa aerasi + *air stone*
5. Parameter analisis = COD, TSS, dan NH₃-N

Variabel Perlakuan

1. Debit Aliran = (10, 20, 30) mL/menit
2. Debit Udara = (8, 12) mL/menit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Awal

Untuk mengetahui seberapa besar penurunan kandungan dari air limbah RPH tersebut, dilakukannya analisa awal sebelum melalui proses pengolahan.

Tabel 4. Karakteristik Awal Air Limbah RPH

Parameter	Satuan	Rerata
COD	mg/L	1665,6
TSS	Mg/L	930
NH ₃ -N	Mg/L	229,11
pH	-	7,8
Suhu	°C	29

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Proses pengolahan menggunakan biofilter anaerob-aerob ini akan melalui beberapa tahapan, mulai dari tahap *seeding*, aklimatisasi, dan *running* untuk menghasilkan effluen yang akan dianalisa. Hasil dari analisa effluen inilah yang akan menunjukkan nilai yang paling efektif dalam menurunkan kandungan air limbah tersebut dengan variasi dari dua variabel yang telah ditetapkan.

Seeding

Proses biofilter yang merupakan salah satu pengolahan biologis dengan sistem *attached growth* yaitu dimana bakteri dibiarkan hidup pada media yang ada dalam reaktor. Hal ini bertujuan untuk membiakkan bakteri pada media hingga membentuk lapisan *biofilm*. Pada proses pengolahan ini, karena kandungan COD yang cukup tinggi pada air limbah RPH sehingga air limbah RPH itu sendiri yang akan dimanfaatkan sebagai pemicu dari pertumbuhan bakteri pada media *bioball* tersebut, hal inilah yang dinamakan sebagai pembiakan secara alami. Air limbah RPH dimasukkan ke dalam reaktor hingga menggenangi media yang ada, setelah itu dibiarkan dalam beberapa hari dengan melakukan pemberian nutrisi (C:N:P) setiap 2 hari sekali sebagai tambahan makanan dan pemicu perkembangan dari bakteri tersebut. Karena proses *seeding* ini dilakukan secara *batch*, maka setiap 6 hari sekali dilakukannya penggantian limbah. Hal ini dilakukan karena kandungan pada air limbah yang menjadi sumber makanan untuk membuat bakteri berkembangbiak akan semakin berkurang, oleh karena itu perlu dilakukan penggantian

limbah baru agar bakteri memperoleh sumber makanan yang cukup dan dapat berkembang pesat, serta lapisan *biofilm* yang terbentuk semakin tebal.

Proses *seeding* ini dilakukan selama 18 hari dengan mengamati pertumbuhan *biofilm* pada media *bioball*. Lapisan yang ada pada media *bioball* akan terlihat berwarna coklat tua dan memenuhi seluruh permukaan media *bioball*, hal ini menunjukkan bahwa proses *seeding* telah selesai dan dilanjutkan ke tahapan berikutnya yaitu proses aklimatisasi. Adapun lapisan coklat pada *bioball* seperti terlihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. *Biofilm* Pada Permukaan Media *Bioball*

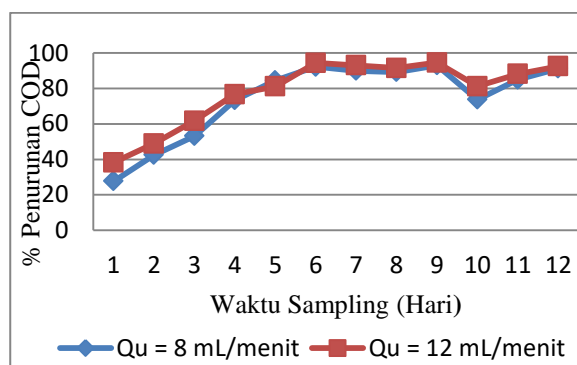
Aklimatisasi

Proses aklimatisasi merupakan proses pengadaptasian mikroorganisme terhadap air limbah yang akan diolah. Berbeda dengan proses *seeding*, pada proses ini dilakukan dengan mengalirkan air limbah secara kontinu dengan beberapa tahap pengenceran, yaitu 30%, 50%, 80%, dan 100%. Menurut Laksono (2012) dalam Aisyah & Yayok (2016) aklimatisasi dikatakan selesai ketika lapisan *biofilm* yang terbentuk semakin tebal dan efisiensi penurunan konsentrasi COD cukup tinggi dan stabil. Aklimatisasi dilakukan hingga konsentrasi COD tidak mengalami perubahan cukup besar, yang mana pada saat itu bakteri telah dianggap aktif untuk proses degradasi.

Proses aklimatisasi ini sangat penting dilakukan agar bakteri dapat beradaptasi

dengan limbah yang akan diolah. Sistem pengenceran pada limbah dilakukan agar tidak membuat bakteri mengalami *shock* yang akan mengakibatkan bakteri mati dan tidak dapat mendegradasi kandungan pencemar dari air limbah. Selama proses aklimatisasi ini, dilakukan pemantauan penurunan COD setiap harinya selama 12 hari untuk mengetahui proses tersebut telah berjalan dengan baik dan mengetahui waktu yang tepat untuk berhenti dan melanjutkan ke tahap proses pengolahan berikutnya.

Gambar 4 menunjukkan persentase penurunan COD selama 12 hari proses aklimatisasi. Proses aklimatisasi ini dibagi menjadi beberapa segmen yaitu pengenceran limbah 30% (hari 1-3), 50% (hari 4-6), 80% (hari 7-9), dan 100% (hari 10-12) yang masing-masing diamati dan dilakukan *sampling*/pengecekan COD setiap harinya.



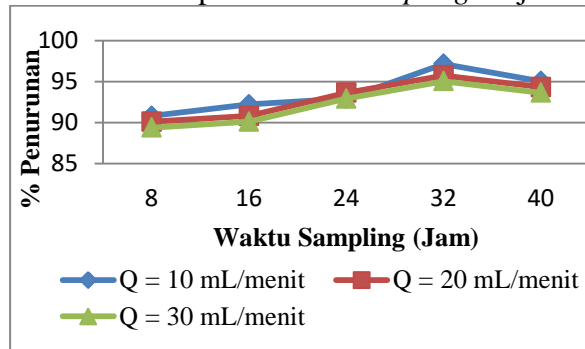
Gambar 4. Rata-rata Penurunan COD (%) Pada Tahapan Aklimatisasi Selama 12 Hari

Menurut Said (2005) dalam Aisyah & Yayok (2016) proses aklimatisasi dianggap berhasil yaitu diindikasikan dengan semakin meningkatnya efisiensi penghilangan COD, proses aklimatisasi dikatakan selesai apabila efisiensi penghilangan COD sudah mencapai 90%.

Penurunan COD dengan Pengaruh Variabel Debit Aliran dan Debit Udara

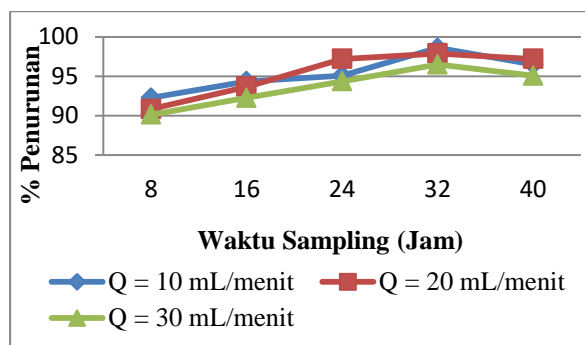
Pada Gambar 5 menunjukkan hubungan persentase penurunan COD terhadap waktu

sampling yang dipengaruhi oleh debit aliran (10, 20, 30) mL/menit dan debit udara 8 mL/menit yang ditetapkan sebagai variabel perlakuan. Hasil penurunan COD tertinggi adalah 97,18% pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 32 jam.



Gambar 5. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan COD (%) Setelah Proses Pengolahan ($Q_u = 8$ mL/menit)

Hubungan persentase penurunan COD terhadap waktu *sampling* pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan COD (%) Setelah Proses Pengolahan ($Q_u = 12$ mL/menit)

Hubungan persentase penurunan COD terhadap waktu *sampling* yang dipengaruhi oleh debit aliran yang sama dan debit udara 12 mL/menit. Hasil yang diperoleh dengan penurunan COD tertinggi adalah 98,59% pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 32 jam.

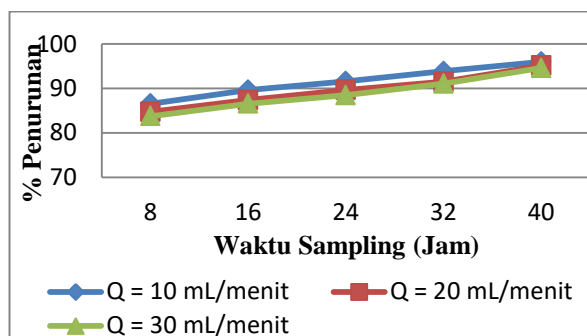
Hal ini disebabkan karena proses mikrobiologis dalam penguraian anaerob oleh

bakteri yang terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah yang merombak senyawa organik menjadi gas metan (CH₄), karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H₂), amonia (NH₃), dan hidrogen sulfida (H₂S) (Said, 2017). Kemudian dilanjutkan dengan proses aerob yang terdapat penambahan suplai oksigen dengan aerator terhadap aktivitas mikroorganisme sehingga berperan dalam menguraikan zat organik yang tersisa dari proses sebelumnya (Sato, Utomo, & Abineri, 2015). Dalam proses aerob akan merombak C₅H₇NO₂ yang mewakili massa sel dari mikroorganisme dengan tambahan oksigen (O₂) akan menghasilkan karbondioksida (CO₂), hidrogen dioksida (H₂O), dan asam nitrat (HNO₃) (Eddy, 2014).

Tingkat efisiensi penurunan COD tertinggi terjadi pada saat debit aliran minimum (10 mL/menit) yang menyebabkan proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme berlangsung dalam waktu yang cukup lama, namun untuk waktu *sampling* pada 32 jam bukan pada *sampling* terlama, hal ini karena beberapa *biofilm* mengalami *fase endogenous*, ini terlihat dari lapisan *biofilm* pada media mulai berjatuhan. Pada variasi penambahan suplai oksigen, efisiensi penurunan COD paling tinggi terjadi pada reaktor dengan suplai udara terbesar (12 mL/menit). Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya suplai oksigen yang ditambahkan, akan membuat kandungan oksigen terlarut dalam air limbah pun meningkat dan zat organik pada air limbah juga akan terdegradasi dengan baik oleh bakteri-bakteri aerob yang berkembang pesat dengan adanya penambahan oksigen tersebut.

Penurunan TSS dengan Pengaruh Variabel Debit Aliran dan Debit Udara

Hubungan persentase penurunan TSS terhadap waktu *sampling* sebagaimana dalam Gambar 7.

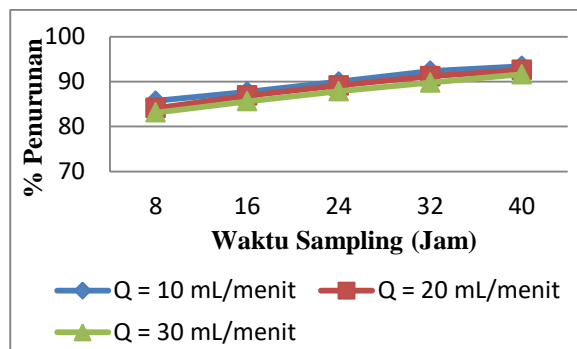


Gambar 7. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan TSS (%) Setelah Proses Pengolahan ($Q_u = 8$ mL/menit)

Hubungan persentase penurunan TSS terhadap waktu *sampling* yang dipengaruhi oleh debit aliran (10, 20, 30) mL/menit dan debit udara 8 mL/menit yang ditetapkan sebagai variabel perlakuan. Hasil penurunan TSS tertinggi adalah 96,02% pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 40 jam.

Hal ini terjadi karena berlangsungnya proses pengendapan dimana partikel-partikel dalam air limbah secara perlahan akan turun ke bawah menjadi endapan (dalam reaktor anaerob dan reaktor aerob). Selain itu juga disebabkan dari proses degradasi oleh mikroorganisme yang tersaring oleh media (Sato, Utomo, & Abineri, 2015).

Berikut ini disajikan Gambar 8 yang menunjukkan hubungan persentase penurunan TSS terhadap waktu *sampling* yang dipengaruhi oleh debit aliran yang sama dan debit udara 12 mL/menit.



Gambar 8. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan TSS (%) Setelah Proses Pengolahan ($Q_u = 12$ mL/menit)

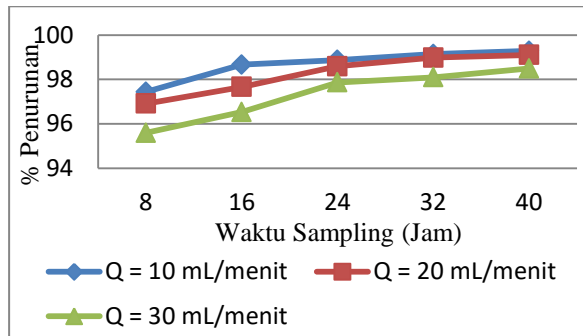
Hasil yang diperoleh dengan penurunan TSS tertinggi adalah 93,44% pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 40 jam.

Tingkat efisiensi penurunan TSS tertinggi terjadi pada saat debit aliran minimum (10 mL/menit) yang menyebabkan proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme dan pengendapan berlangsung dalam waktu yang cukup lama, hal ini berlaku terhadap waktu *sampling* yang semakin lama, efisiensi penurunan TSS pun semakin tinggi. Sedangkan pada pengaruh debit udara, semakin besar suplai oksigen yang ditambahkan akan menyebabkan efisiensi penurunan TSS semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena turbulensi yang terjadi akibat suplai oksigen tersebut akan membuat partikel-partikel pada air limbah akan sulit mengalami pengendapan, sehingga akan berpengaruh terhadap penurunan dari TSS tersebut.

Penurunan NH_3-N dengan Pengaruh Variabel Debit Aliran dan Debit Udara

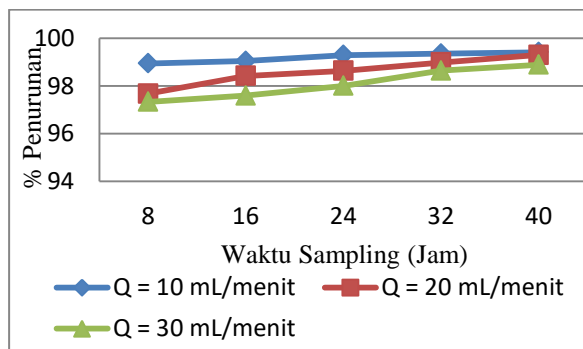
Gambar 9 menunjukkan hubungan persentase penurunan NH_3-N terhadap waktu *sampling* yang dipengaruhi oleh debit aliran (10, 20, 30) mL/menit dan debit udara 8 mL/menit. Hasil dari penurunan NH_3-N tersebut terbilang sangat baik, terlihat bahwa hasil penurunan NH_3-N tertinggi adalah 99,28%

pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 40 jam.



Gambar 9. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan NH₃-N (%) Setelah Proses Pengolahan (Qu = 8 mL/menit)

Gambar 10 menunjukkan hubungan persentase penurunan NH₃-N terhadap waktu *sampling* yang dipengaruhi oleh debit aliran yang sama dan debit udara 12 mL/menit. Hasil yang diperoleh dengan penurunan NH₃-N tertinggi adalah 99,41% pada variasi debit aliran 10 mL/menit dan pada waktu *sampling* 40 jam.



Gambar 10. Pengaruh Debit Aliran dan Debit Udara Terhadap Penurunan NH₃-N (%) Setelah Proses Pengolahan (Qu = 12 mL/menit)

Pengolahan secara aerob merupakan proses yang paling berpengaruh terhadap efisiensi penurunan amonia (NH₃-N). Hal ini disebabkan karena pada proses biofilter aerob terjadi proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi ini adalah suatu proses yang mengubah amonium

(NH₄⁺) menjadi nitrit (NO₂⁻) yang kemudian menjadi nitrat (NO₃⁻) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik. Pengubahan amonium menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *nitrosomonas* dan selanjutnya nitrit yang terbentuk diubah menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobacter*. Kedua jenis bakteri tersebut hidup dalam keadaan aerob yang membutuhkan konsentrasi oksigen yang cukup untuk sumber energi dalam menunjang proses metabolisme (Said, 2017). Oleh karena itu, kandungan oksigen sangat berpengaruh pada proses ini.

Pada lapisan *biofilm* yang tumbuh pada media, semakin lama akan semakin tebal sehingga menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam lapisan *biofilm* yang mengakibatkan terbentuknya zona anaerob. Pada zona anaerob ini, terjadi proses perubahan senyawa nitrat menjadi senyawa nitrit yang kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N₂), proses ini disebut sebagai proses denitrifikasi. Proses denitrifikasi ini juga bisa berlangsung pada reaktor anaerob, namun tidak optimal karena tidak terdapat proses nitrifikasi sebelumnya yang mengubah ion amonium menjadi nitrat yang akan diproses pada proses denitrifikasi (Said, 2017).

Pengaruh debit aliran dan debit udara dalam penurunan NH₃-N semakin lambat debit aliran akan membuat air limbah memiliki waktu yang lama untuk bereaksi dengan bakteri pendegradasi dan semakin banyaknya suplai oksigen yang ditambahkan maka semakin besar jumlah oksigen yang bisa dimanfaatkan bakteri yang hidup dalam keadaan aerob tersebut dan secara otomatis akan membuat perkembangan bakteri tersebut semakin pesat.

Berdasarkan kriteria desain, waktu detensi rata-rata pada proses biofilter anaerob maupun aerob adalah 6-8 jam. Untuk waktu operasional dari proses biofilter anaerob-aerob ini harus sesuai dengan waktu detensi

pada kriteria desain, oleh sebab itu waktu operasional yang kurang ataupun melebihi waktu detensi dari kriteria desain tidak dapat diterapkan untuk proses pengolahan tersebut. Dari data di atas, debit aliran yang memenuhi waktu detensi sesuai dengan kriteria desain adalah 30 mL/menit yaitu 8 jam, diperoleh persen penurunan terbesar dari COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ masing-masing sebesar 90,12% dan 97,33% pada debit udara 12 mL/menit. Sedangkan untuk persen penurunan terbesar dari TSS sebesar 83,76% pada debit udara 8 mL/menit. Kadar COD dan TSS ini belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Waktu detensi sebagaimana waktu *sampling* yang merupakan waktu operasional dari proses biofilter anaerob-aerob yang lebih dari 8 jam, tidak dapat diterapkan dalam desain proses biofilter anaerob-aerob ini walaupun memiliki penurunan kadar COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ terbesar, hal ini disebabkan karena jika semakin besar waktu detensi suatu proses, akan berdampak terhadap ukuran reaktor yang semakin besar karena terjadinya peningkatan jumlah volume.

Berdasarkan pembahasan dari data hasil analisa COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ pada effluen dari proses pengolahan biofilter anaerob-aerob berhasil membuktikan pernyataan (Sarasdewi, Antara, & Wiranatha, 2015) yang menyatakan bahwa semakin lambat laju aliran (debit aliran) maka tingkat efektivitas penurunan kadar COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ akan semakin tinggi. Sedangkan untuk debit udara yang paling efektif digunakan dalam rancangan reaktor pada penelitian ini adalah debit udara yang paling besar yaitu 12 mL/menit, hal ini disimpulkan dari hasil penurunan terbesar dan terbanyak terjadi pada debit tersebut.

DO (*Dissolved Oxygen*)

Berdasarkan penelitian Vebrianti dkk (2018) yang melakukan analisa oksigen terlarut (DO) pada kadar awal RPH diperoleh sebesar 1 mg/L sebelum diolah. Rendahnya nilai DO disebabkan oleh tingginya polutan organik yang terkandung dalam air limbah RPH. Rendahnya DO juga disebabkan oleh tidak adanya penambahan oksigen yang dilakukan. Penambahan oksigen perlu dilakukan pada proses aerob. Namun pada proses anaerob tingginya nilai DO dapat menyebabkan kegagalan bakteri dalam mendegradasi polutan organik. Dari hasil penelitian Vebrianti dkk (2018) dalam keadaan anaerob, kadar DO lebih kecil dari 1 mg/L. Sedangkan pada keadaan aerob, kadar DO sebesar 5 mg/L.

Menurut Sperling (2007) oksigen terlarut dalam suatu reaktor merupakan prasyarat yang sangat diperlukan untuk terjadinya nitrifikasi. Dalam tangki aerasi harus mempertahankan DO dalam keadaan tinggi, hal ini untuk memperkirakan kemungkinan pada titik-titik untuk akses oksigen lebih sulit seperti di dalam gumpalan lumpur, nilai DO dijaga tidak boleh kurang dari 0,5 mg/L. Namun, EPA (1993) merekomendasikan bahwa nilai DO minimal 2 mg/L ditentukan untuk menghindari masalah pada proses amonia yang berpengaruh. Berbeda dengan kondisi anaerob, pada kondisi ini tidak terdapat kandungan oksigen terlarut dan nitrat, namun terdapat kandungan sulfat atau karbonat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pengolahan air limbah RPH dengan menggunakan biofilter anaerob-aerob dapat menurunkan kadar COD sebesar 90,12%, TSS sebesar 83,76%, dan NH₃-N sebesar 97,33%.
2. Pengolahan air limbah RPH dengan menggunakan sistem kombinasi biofilter anaerob-aerob terhadap penurunan kandungan pencemar COD, TSS, dan NH₃-N bisa dikatakan efektif, hal tersebut dapat dilihat dari data efisiensi penurunan masing-masing kadar kandungan pencemar yang terbilang besar.
3. Debit aliran yang paling efektif dalam menurunkan kandungan pencemar COD, TSS, dan NH₃-N pada air limbah RPH adalah 30 mL/menit. Sedangkan debit udara yang paling efektif dalam penurunan kadar COD dan NH₃-N adalah 12 mL/menit, sedangkan debit udara yang paling efektif dalam menurunkan kadar TSS adalah 8 mL/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah Rahmatus, S., & Yayok Suryo, P. (2016), "Penurunan BOD5 dan Fenol Limbah Kawasan Industri Dengan Ketebalan Media Tricking Filter Bervariasi", *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.8, No. 2, hal. 118-125.
- Ariyani, N. I. M. d. S. B. (2010), *Pengolahan Limbah Cair Kadar COD dan Fenol Tinggi dengan Proses Anaerob dan Pengaruh Mikronutrient Cu*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Praja, Y. H. (2017), *Analisa Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair dan Air Laut dengan Menggunakan Alat Spektrofotometri UV-Visible*, Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*, Jakarta, Erlangga.
- Sarasdewi, A. P., Antara, N. S., & Wiranatha, A. A. S. (2015), "Pengaruh Laju Aliran Terhadap Penurunan Cemar Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Biofilter", *Jurnal Rekayasadan Manajemen Agroindustri*, Vol. 3, No. 2, hal. 17-29.
- Sari, E. D. A. (2018), "Kandungan Limbah Cair Berdasarkan Parameter Kimia Di Inlet Dan Outlet Rumah Potong Hewan (Studi Di Rumah Potong Hewan Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember)", *Jurnal Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja*.
- Sato, A., Utomo, P., & Abineri, H. S. B. (2015), *Pengolahan Limbah Tahu Secara Anaerobik-Aerobik Kontinyu*, Paper presented at the Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya.
- Sperling, Marcos von (2007). *Biological Wastewater Treatment Series*, London, IWA Publishing.
- Rika Vebriyanti Br. G., Sampe Harahap, & Eko Purwanto (2018), "Efektifitas Penggunaan Biofilter Sistem Anaerob dan Aerob untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Fosfat Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Digunakan Sebagai Media Hidup *Haemotococcus Pluvialis*", *Jurnal Perikanan dan Kelautan*.
- Wahyuni, N. M. I., Suyasa, I. W. B., & Mahardika, I. G. (2015), "Efektivitas Sistem Biofilter Aerob Dalam Menurunkan Kadar Amonia Pada Air

Limbah”, *Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan* (*Journal of Environmental Science*), Vol. 8, No. 1, hal. 79-85.