



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

## Jurnal Dampak

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

# Studi Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercelup dengan Media Bioring

Marieta Sarahrut Dayanti<sup>1</sup> dan Netti Herlina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, USU, Jalan Almamater Kampus USU, Medan (20155)

<sup>2</sup> Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jalan Alumni 3 Kampus USU, Medan (20155)

### ARTICLE INFORMATION

Received: 10 October 2018  
Revised: 12 November 2018  
Available online: 31 January 2018

### KEYWORDS

COD  
Domestic wastewater  
Biofilter  
Aerobic

### CORRESPONDENCE

Phone:-  
E-mail: [etamarieta7@gmail.com](mailto:etamarieta7@gmail.com)

### A B S T R A C T

The purpose of this research is to know the effect of debit variation on Chemical Oxygen Demand (COD) reduction efficiency in artificial domestic wastewater after being processed using aerobic biofilter reactor. The biofilter was maintained at continues flow and aerobic state. The debit variations used were 0.56 l/h for 72 hours retention time, 0.83 l / h for 48 hours retention time and 1.67 l/h for a 24 hour retentione time. Efficiency of COD decreased at 0.56 l/hr variation was 84%, at 0.83 l / h was 86% while at 1.67 l/h was 75%. The effluent of domestic wastewater treatment using aerobic biofilter with bio ring media has fulfilled the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68/2012 on Quality Standard of Domestic Wastewater.

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman (real estate). Air limbah domestik berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Sugiharto, 1987). Semakin banyak jumlah penduduk dalam suatu pemukiman, maka akan semakin banyak air limbah dihasilkan yang berpotensi mencemari lingkungan.

Air limbah domestik terdiri dari bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak, deterjen dan partikel bahan anorganik (Santoso, 2014). Tingginya bahan organik dan anorganik dalam air limbah domestik akan menyebabkan kenaikan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air. Nilai COD digunakan sebagai ukuran bagi pencemaran oleh air limbah domestik atau pun industri (Alaerts & Santika, 1987). Melihat kurangnya perhatian terhadap pengolahan air limbah

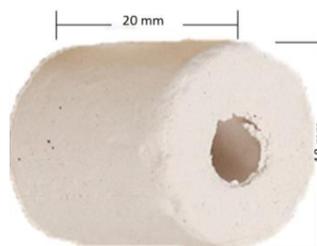
domestik yang dapat menaikkan nilai COD maka dilakukan pengolahan yang mudah dioperasikan untuk meningkatkan kualitas air. Teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai COD pada air limbah domestik adalah dengan pengolahan biologis menggunakan biofilter. Biofilter adalah sistem pengolahan air limbah dengan cara menumbuhkan mikroorganismen pada media filter yang berfungsi untuk mendegradasi polutan yang terkandung dalam air limbah dengan menggunakan aerasi atau tanpa aerasi (Filliazati, Apriliani, & Titin, 2013). Pada penelitian ini digunakan biofilter dengan kondisi aerob sehingga dapat menurunkan COD dalam air limbah.

## METODOLOGI

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah domestik buatan yang dibuat dengan mencampurkan 0,45 gr/liter sukrosa C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> kedalam 1 liter air PDAM.

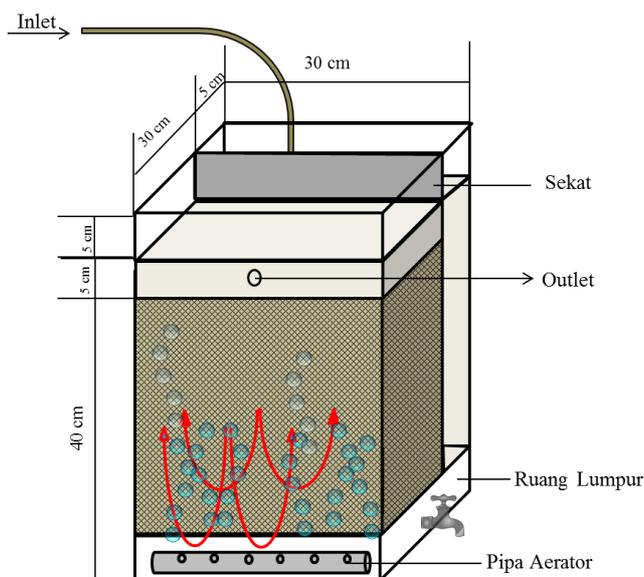
### Media Biofilter

Media yang digunakan adalah media bio ring yang terbuat dari bahan keramik. Bio ring berbentuk silinder dengan ketinggian 20 mm dan diameter 18 mm. Bentuk bio ring dapat dilihat pada 1.



Gambar 1. Media Bio ring

Dalam penelitian ini reaktor yang digunakan dibuat dari bahan kaca ketebalan 6 mm dengan dimensi (35 × 30 × 50) cm dan kapasitas pengolahan 40 liter. Outlet reaktor terletak pada bagian atas reaktor, sedangkan inlet reaktor terletak pada bagian samping reaktor yang diberi sekat sehingga akan terjadi aliran up flow. Pada bagian inlet dan dasar reaktor terdapat pipa aerator yang berfungsi untuk mensuplai oksigen dari aerator sehingga mikroorganisme dalam reaktor tetap dalam kondisi aerob. Pada bagian bawah 5 cm ke atas dari dasar reaktor terdapat penyangga yang berfungsi sebagai penahan media. Bagian dasar reaktor dipasang keran yang berfungsi sebagai saluran pembuangan lumpur. Bak penampung air limbah menggunakan tong plastik kapasitas 120 L. Air limbah dialirkan secara gravitasi dari tong reservoir ke dalam reaktor dengan menggunakan selang infus sebagai pengatur debit pada inlet dan outlet reaktor. Gambar desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain reaktor biofilter aerob

Proses seeding bertujuan untuk menumbuhkan biofilm sehingga melekat pada permukaan media. Proses ini dioperasikan secara batch selama 21 hari. Mikroorganisme awal yang digunakan berasal dari unit UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) IPAL Domestik Cemara. Aerator

dioperasikan selama proses seeding berlangsung agar kondisi didalam reaktor tetap dalam kondisi aerob. Keberhasilan proses seeding ditandai dengan pertumbuhan biofilm pada media yang dapat dilihat secara visual. Pada proses seeding dilakukan analisa COD untuk memastikan bahwa mikroorganisme telah bekerja dalam mendegradasi kandungan organik dalam air limbah.

Proses aklimatisasi dilakukan setelah berhasil menumbuhkan biofilm pada media. Proses ini bertujuan untuk mengadaptasikan air limbah domestik buatan dengan mikroorganisme yang sebelumnya mendegradasi lumpur dari IPAL Cemara. Proses aklimatisasi dilakukan dalam 10 tahap dengan mengganti lumpur dari IPAL Cemara dengan air limbah domestik buatan setiap hari. Proses aklimatisasi dioperasikan secara kontinu. Proses aklimatisasi selesai apabila lumpur dari IPAL Cemara telah tergantikan seluruhnya dengan air limbah domestik buatan. Pada proses ini dilakukan pengukuran nilai COD untuk memastikan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dengan air limbah domestik buatan dalam mendegradasi kandungan organik dalam air limbah. Tahapan proses aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Proses Aklimatisasi

Tahapan	Lumpur IPAL Domestik (%)	Air Limbah Domestik Buatan (%)
Tahap 1	90	10
Tahap 2	80	20
Tahap 3	70	30
Tahap 4	60	40
Tahap 5	50	50
Tahap 6	40	60
Tahap 7	30	70
Tahap 8	20	80
Tahap 9	10	90
Tahap 10	0	100

Proses *running* dilakukan dengan memvariasikan debit. Debit yang diperoleh berdasarkan pembagian volume reaktor aerob (40 liter) dengan waktu tinggal 72 jam, 48 jam dan 24 jam. Adapun variasi debit yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Debit Berdasarkan Waktu Tinggal

Waktu Tinggal (jam)	Debit (liter/jam)
72 jam	0,56
48 jam	0,83
24 jam	1,67

Proses *running* dilakukan secara kontinu dengan waktu operasi selama 7 hari untuk masing-masing debit yang digunakan. Nilai pH dan temperatur diukur setiap hari pada saat pengambilan sampel untuk memastikan kondisi dalam reaktor tetap dalam kondisi optimum bagi mikroorganisme.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pemantauan dan studi literatur dapat diketahui bahwa air limbah domestik dengan memiliki nilai COD sekitar 250-800 mg/l (EPA, 1997). Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik maka nilai tersebut telah melebihi baku mutu. Maka berdasarkan parameter tersebut dibuat air limbah domestik dengan nilai yang hampir mendekati. Adapun karakteristik air limbah buatan yang diperoleh dari campuran sukrosa dan urea tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3.. Karakteristi Air Limbah Domestik Buatan

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu*
COD	mg/l	610	100
pH	-	7,1	6-9
Temperatur	°C	31	-

Ket \* : PerMen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

*Seeding* atau disebut dengan penumbuhan mikroorganisme agar membentuk *biofilm* pada media adalah langkah awal dalam penelitian ini. *Biofilm* merupakan kumpulan dari mikroorganisme yang melekat dan tumbuh pada permukaan padat yang tergenang air. Lapisan *biofilm* ini merupakan kunci utama dari pengolahan dengan menggunakan biofilter. Lapisan *biofilm* ditumbuhkan dengan cara menjaga ketinggian air sekitar 5 cm di atas permukaan media (Widyaningsih, 2011).

Pada penelitian ini pembentukan *biofilm* dilakukan dengan cara memasukkan lumpur dari IPAL Cemara ke dalam reaktor aerob dan dioperasikan secara *batch* selama 21 hari. Pertumbuhan *biofilm* pada media *bio ring* dapat dilihat secara visual pada permukaan media *bio ring* yang tampak licin. Selain itu, efisiensi penurunan nilai COD dapat menjadi tanda bahwa *biofilm* sudah tumbuh pada permukaan media.

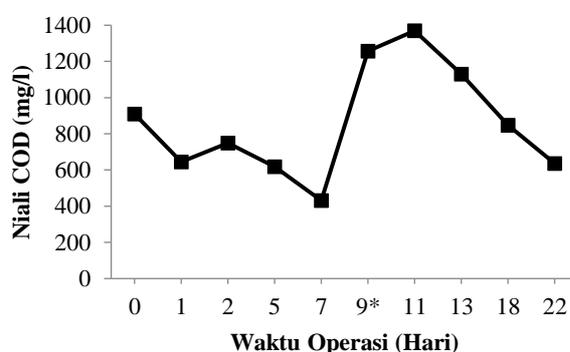


Gambar 4. Pertumbuhan *Biofilm* Pada Proses *Seeding*

Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2017

Selama proses *seeding*, setiap pengambilan sampel, nilai pH dan temperatur juga di ukur. Nilai pH merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan mikroorganisme. Secara umum pH optimum bagi perumbuhan mikroorganisme di dalam biofilter aerob adalah sekitar 6,5 – 7,5 (Said, 2005). Pada penelitian ini nilai pH rata-rata selama proses *seeding* yaitu 7,2. Nilai pH tersebut sudah termasuk dalam kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri. Kecepatan

Pada hari pertama terjadi penurunan COD sebesar 29%. Penurunan nilai COD tersebut menunjukkan bahwa bakteri sudah mulai bekerja untuk mendegradasi kandungan organik dalam air limbah. Namun Untuk tetap menjaga nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme maka pada hari ke-8 dilakukan penambahan gula ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) sebesar 1 g/l ke dalam reaktor sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroorganisme. Pada hari ke-9 terjadi peningkatan nilai COD. Hal ini terjadi karena gula merupakan sumber karbon yang terlarut menjadi kandungan organik di dalam air sehingga terjadi peningkatan nilai COD di dalam air. Pemberian karbon secara tiba-tiba dengan konsentrasi yang tinggi menyebabkan mikroorganisme di dalam reaktor tidak dapat langsung beradaptasi dengan dalam mendegradasi senyawa organik tersebut. Penyisihan nilai COD selama proses *seeding* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Penyisihan COD Pada Proses *Seeding*

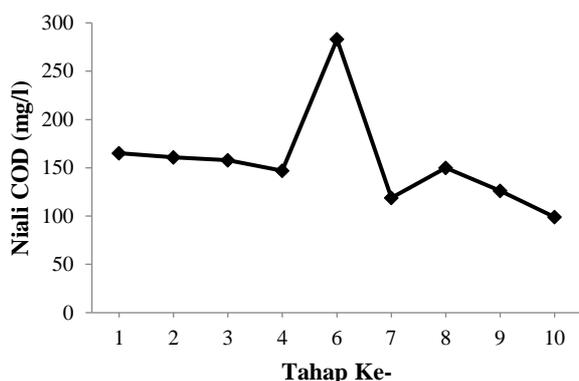
Proses *seeding* dianggap selesai apabila sudah terbentuk lapisan *biofilm* pada permukaan media *bio ring*. *Biofilm* pada media *bio ring* sudah mulai tampak pada hari ke-5 yang ditandai dengan adanya lapisan tipis yang licin pada permukaan *bio ring* dan berwarna kecoklatan. Gambar *biofilm* yang terbentuk pada saat proses *seeding* dapat dilihat pada Gambar 4.

pertumbuhan bakteri nitrifikasi didalam reaktor juga dipengaruhi oleh temperatur. Bakteri dapat hidup dan berkembang biak pada rentang suhu 25 – 35°C (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2003). Pada penelitian ini, temperatur rata – rata pada reaktor aerob sebesar 31°C.

Proses aklimatisasi ini bertujuan untuk mengadaptasikan air limbah yang aslinya dengan kondisi bakteri di dalam reaktor.

Proses aklimatisasi dilakukan dalam 10 tahap, dimana dilakukan pergantian air limbah dengan perbandingan 10% air limbah domestik buatan dengan 90% air limbah domestik dari IPAL Cemara. Tahap aklimatisasi berlangsung selama 10 hari dan dialirkan secara kontinu dengan debit sebesar 0,04 ml/detik. Aklimatisasi yang dilakukan secara bertahap bertujuan agar bakteri terbiasa dengan kondisi air limbah buatan yang memiliki kadar COD yang tinggi, hingga akhirnya di dalam reaktor seluruhnya sudah terisi dengan air limbah domestik buatan. pergantian air limbah secara bertahap dilakukan karena pada dasarnya bakteri perlu diadaptasikan pada lingkungan yang berbeda sehingga bakteri tidak mengalami shock loading yang dapat membuat bakteri yang telah melekat membentuk *biofilm* menjadi mati dan tidak dapat mengurangi kandungan organik (Laksono, 2012).

Selama proses aklimatisasi, dilakukan analisis nilai COD pada outlet reaktor sampai tahap aklimatisasi selesai. Konsentrasi COD air limbah domestik buatan yang masuk ke dalam reaktor sebesar 610 mg/l dan efisiensi penyisihan COD pada tahap pertama sebesar 73%. Sedangkan dari tahap kedua sampai tahap ke empat efisiensi terus meningkat dari 74% sampai 76%. Pada tahap ke enam efisiensi menurun menjadi 54%. Kenaikan dan penurunan nilai COD ini terjadi karena fase hidup bakteri yang memungkinkan pada saat pengukuran mengalami kematian. Penambahan air limbah dengan konsentrasi yang berbeda akan membuat bakteri harus beradaptasi kembali (Laksono, 2012). Pada tahap ke tujuh efisiensi penurunan COD mencapai 80%, namun pada tahap ke delapan dan sembilan efisiensi COD menurun menjadi 75% dan 79%. Pada tahap terakhir aklimatisasi nilai efisiensi kembali mengalami peningkatan hingga mencapai 84%. Hasil proses aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 5.



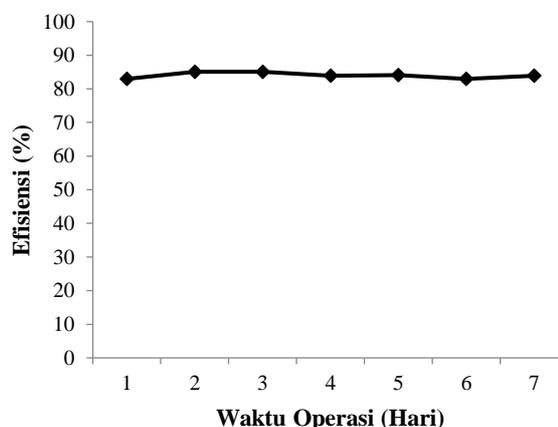
Gambar 5. Penyisihan COD Pada Proses Aklimatisasi

Pada proses aklimatisasi kondisi pH di dalam air adalah 6,7 – 7,0 dan temperatur 29 – 30 °C. pH optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah 6,5 – 7,5 dan suhu optimum 25- 35 °C (Said, 2005). Maka berdasarkan hasil penelitian, nilai pH dan temperatur masih dalam kondisi optimum yang baik untuk pertumbuhan bakteri.

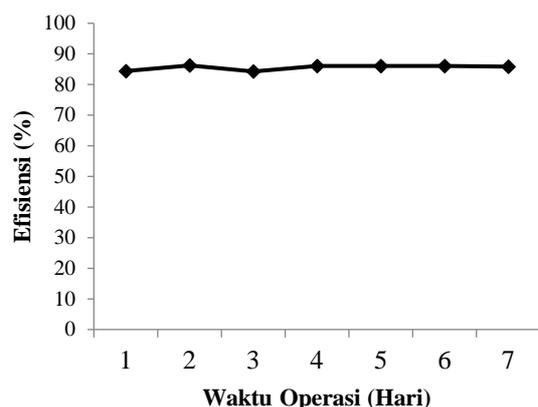
Proses *running* dilakukan dengan memvariasikan debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor. Variasi nilai debit diperoleh berdasarkan waktu tinggal yang telah ditentukan

dan dibagi dengan volume reaktor sebesar 40 liter. Waktu tinggal yang dipilih adalah 72 jam, 48 jam dan 24 jam. Pengaturan debit dilakukan secara sederhana dengan menggunakan selang infus yang telah diatur kecepatannya sesuai dengan debit yang digunakan dan dialirkan secara gravitasi. Pengoperasian diawali dengan menggunakan waktu tinggal 72 jam dan debit sebesar 0,56 l/jam. Kemudian dilanjutkan pada waktu tinggal 48 jam dengan debit sebesar 0,83 l/jam. Pada waktu tinggal 48 jam, nilai efisiensi penyisihan COD lebih tinggi dibandingkan dengan waktu tinggal 72 jam, maka berdasarkan kenaikan efisiensi tersebut digunakan waktu tinggal 24 jam dengan debit yang lebih cepat yaitu sebesar 1,67 l/jam. Setiap debit yang digunakan dioperasikan selama 7 hari. Pada proses ini air limbah dialirkan secara kontinu dan debit pengaliran terus dipantau agar sesuai dengan kecepatan yang telah diatur. Analisis COD dilakukan setiap hari untuk melihat kemampuan bakteri dalam menurunkan nilai COD.

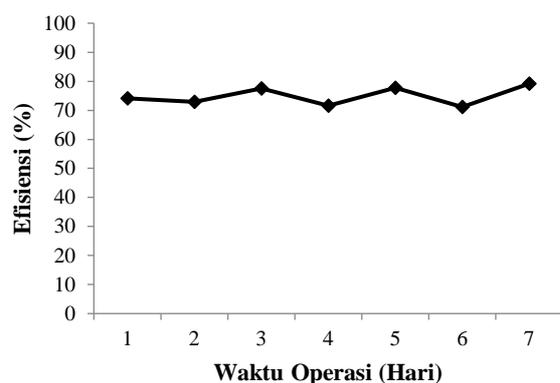
Pada Gambar 6 menunjukkan hasil analisis COD pada saat *running* dengan variasi debit berdasarkan waktu tinggal. Nilai efisiensi penurunan COD menunjukkan nilai yang cukup besar yaitu antara 74 – 86% untuk variasi debit yang berbeda. Hasil analisis COD untuk waktu tinggal 72 jam dengan debit 0,56 l/jam memiliki efisiensi rata-rata sebesar 84%. Berbeda dengan waktu tinggal 48 jam dengan debit 0,83 l/jam, efisiensi rata-rata pada debit tersebut adalah 86%. Waktu tinggal berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD. Semakin banyak waktu tinggal maka akan semakin tinggi nilai efisiensi penyisihannya (Ariani, Sumiyati, & Wardana, 2014). Namun pada penelitian ini efisiensi penyisihan COD antara waktu tinggal 0,56 l/jam dan 0,83 l/jam tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah pertumbuhan mikroorganisme yang semakin baik dalam mendegradasi kandungan organik pada air limbah domestik buatan. Selain itu penggunaan selang infus dalam mengatur debit juga tidak cukup baik. Debit yang masuk terkadang tidak sesuai dengan yang telah diatur sebelumnya, meskipun sudah dilakukan pengontrolan debit setiap harinya. Efisiensi penyisihan COD berdasarkan variasi debit dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. Efisiensi Penurunan COD Pada Debit 0,56 l/jam



Gambar 7. Efisiensi Penurunan COD Pada Debit 0,83 l/jam



Gambar 8. Efisiensi Penurunan COD Pada Debit 1,67 l/jam

Pemilihan waktu tinggal 24 jam dilakukan setelah melihat hasil efisiensi penurunan nilai COD pada waktu tinggal 48 jam lebih tinggi dibandingkan dengan waktu tinggal 72 jam. Namun setelah dilakukan percobaan, efisiensi penurunan rata-rata nilai COD hanya mencapai 75%. Semakin besar waktu tinggal, maka akan semakin besar pula tingkat efisiensi penyisihan organik (Astuti, Wahyudi, dan Anggreini, 2007). Hal ini disebabkan waktu kontak yang semakin lama antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan *biofilm* sehingga akan memperbanyak kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik tersebut untuk metabolisme tubuhnya dan akan menyisihkan kandungan organik dalam air buangan tersebut. Maka pada penelitian ini dengan waktu tinggal 24 jam dan debit sebesar 1,67 l/jam, mikroorganisme di dalam reaktor tidak mampu mendegradasi bahan organik di dalam air limbah yang terlalu besar sehingga mengalami *shock loading*. Efisiensi penyisihan COD pada debit 1,67 l/jam dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil pengolahan menunjukkan penyisihan COD air limbah domestik setelah dilewatkan pada biofilter memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dimana bakumutu COD yang diperbolehkan pada air limbah domestik adalah 100 mg/l.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan, Kinerja biofilter aerob menggunakan media *bio ring* untuk mengolah air limbah domestik buatan dengan variasi debit berdasarkan waktu tinggal dapat menurunkan nilai COD. Semakin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang melekat pada media maka efisiensi penyisihan akan semakin besar. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi rata-rata penyisihan COD pada debit 0,56 l/jam adalah 84%, debit 0,83 l/jam sebesar 86% dan debit 1,67 l/jam sebesar 75%. Efisiensi penurunan COD pada debit 0,56 l/jam dan 0,83 l/jam tidak terlalu signifikan. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa nilai COD telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Nilai pH tidak terlalu mempengaruhi efisiensi penurunan COD. Hal ini dikarenakan nilai pH masih termasuk dalam rentang optimum yaitu 6,5 – 8. Nilai pH rata-rata pada debit 0,56 l/jam adalah 6,5, pada debit 0,83 l/jam sebesar 6,9 dan pada debit 1,67 adalah 6,6.

## REFERENSI

- Alaerts, G. dan Sri Sumestri Santika. (1987). *Metode Penelitian Air*. Jakarta: Usaha Nasional
- Ariani, W., Sumiyati, S., dan Wardana, I.W. (2014). Studi Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random (Studi Kasus: Rumah Makan Bakso Krebo Banyumanik). Semarang: Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro
- Astuti, A. D., Wahyudi W., dan Anggreini R. N. (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggal. *Jurnal Teknologi Lingkungan 4 (2)*, 30-35
- Environmental Protection Agency (EPA). (1997). *Waste Water Treatment Manuals Primary, Secondary and Tertiary Treatment*. Ireland: Environmental Protection Agency.
- Filliazati, M.I., Apriani. dan Titin, A.Z. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Biobal dan Tanaman Kiambang. Pontianak: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura.
- Laksono, Sucipta. (2012). Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter. Depok: Teknik Lingkung Universitas Indonesia.
- Said, N.I. (2005). Aplikasi Bio-Ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Limbah cair Pencucian Jean. *JAI 1(1)*, 1-11.

Santoso, S. (2014). *Limbah Cair Domestik : Permasalahan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. Purwokerto: Fakultas Biologi UNSOED

Sugiharto. (1987). *Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. (2003). *Waste Water Engineering: Treatment and Reuse*. New York: Metcalf & Eddy Inc.

Widyaningsih, V. (2011). *Pengolahan Limbah Cair Kantin Yngma Fisip UI*. Jakarta: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.