JURNAL
Teknologi Lingkungan Lahan Basah

PENGOLAHAN LIMBAH *LAUNDRY* DENGAN METODE *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)

Dhimas Aji Kusuma[1], Laili Fitria[1], Ulli Kadaria[1]

[1]Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Email : mamaskusuma28@gmail.com

ABSTRAK

Limbah *laundry* banyak mengandung sejumlah surfaktan, C*arboxyl Methyl Cellulose* (CMC), kalsium (Ca), phosfat (P), SiO_3^{2-}, pemutih pakaian, jika dibuang langsung ke lingkungan menimbulkan dampak yang berbahaya bagi lingkungan yaitu pertumbuhan alga atau tanaman air secara berlebihan (*eutrofikasi*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah *laundry* dalam menurunkan parameter BOD, COD, Phosfat, Surfaktan dengan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Penelitian ini dilakukan dengan menumbuhkan *biofilm* pada media lekat Kaldnes K1 dan injeksi udara oleh aerator dengan waktu seeding selama 15 hari dan waktu pengolahan selama 6, 8, dan 10 hari. Berdasarkan hasil penelitian pengolahan limbah cair *laundry* FRESCO dengan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan media Kaldnes K1 (media isian 20%) mampu menurunkan parameter COD, BOD, Phosfat, dan Surfaktan. Untuk efektivitas penurunan terbaik terletak pada hari ke 10. Penurunan parameter BOD dari konsentrasi 441 mg/L menjadi 39,67 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 91%). Penurunan parameter COD dari konsentrasi 910 mg/L menjadi 56,3 mg/L (efektivitas penurunan COD sebesar 93,81 %). Untuk parameter Phosfat, dari konsentrasi 38,24 mg/L menjadi 5,31 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 86,10 %). Serta terjadi penurunan parameter surfaktan, dari konsentrasi 47,8 mg/L menjadi 5,62 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 88,22%). Untuk meningkatkan efektivitas pengolahan dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi volume media isian, waktu pengolahan yang lebih lama, serta jenis media kaldnes yang digunakan.

Kata kunci : BOD, COD, Kaldnes K1, Limbah *laundry*, MBBR, Phosfat, Surfaktan

ABSTRACT

Laundry waste water contains a lot of surfactants, Carboxyl Methyl Cellulose (CMC), calcium (Ca), phosphate (P), SiO_3^{2-}, clothes bleach, if discharged directly the environment has a harmful effect on the environment. If not processed it will cause excessive growth of algae or aquatic plants (eutrophication). This study was conducted to determine the efficiency ofwaste treatment laundry in reducing the parameters of BOD, COD, Phosphate, Surfactant using themethod Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). This research was carried out by growing biofilms on Kaldnes K1 sticky media and air injection by aerators with seeding time of 15 days and processing time of 6, 8 and 10 days. Based on the results ofwastewater treatment research laundry FRESCOwith the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) method with Kaldnes K1 media (20% fill media), it was able to reduce the parameters of COD, BOD, Phosphate and Surfactant. The best reduction effectiveness on the 10th day of processing with concetration of 441 mg / L to 39.67 mg / L and effectiveness of 91% for BOD, from concetration of 910 mg / L to 56.3 mg / L and COD effectiveness of 93, 81%, from concetration of 38.24 mg / L to 5.31 mg / L and Phosphate effectiveness of 86.10%, and from concetration of 47.8 mg / L to 5.62 mg / L with Surfactant effectiveness of 88.22 %. To improve processing effectiveness, further research can be carried out with variations in the volume of fill media, longer processing times, and types of media used.

***Keywords** : BOD, COD, Kaldnes K1, Laundry, MBBR, Phosphate, Surfactant*

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

PENDAHULUAN

Jasa *laundry* merupakan suatu usaha yang menawarkan jasa pencucian pakaian, karpet, dan sejenisnya. Namun, limbah yang dihasilkan dari usaha *laundry* dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Limbah *laundry* banyak mengandung sejumlah surfaktan, *Carboxyl methyl Cellulose* (CMC), kalsium (Ca), phospat (P), $SiO3^{2-,}$ pemutih pakaian. Tiap industri *laundry* dapat menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi COD antara 488-2847 mg/l dan *Suspended Solid* (SS) antara 38-857 mg/l namun semua itu tergantung kapasitas operasional dari industri *laundry* tersebut (Seo dkk, 2001).

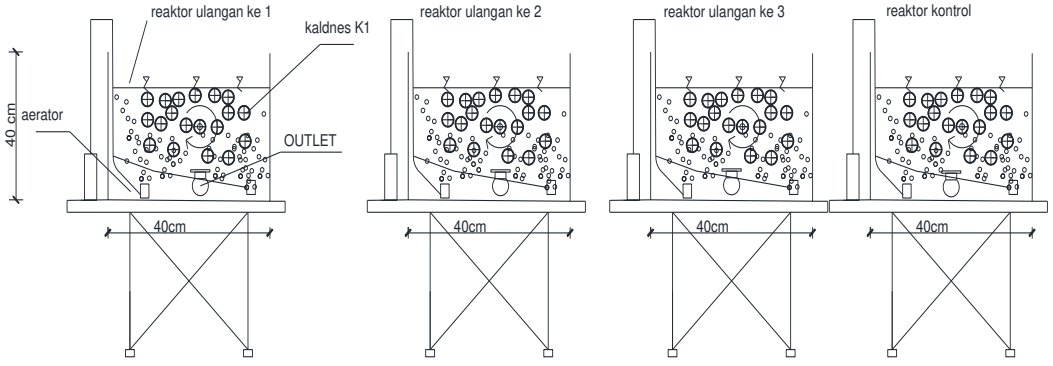
Dampak negatif dari penggunaan detergen bagi lingkungan, jika langsung dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan adalah dapat merangsang pertumbuhan alga atau tanaman air secara berlebihan (*eutrofikasi*).

Perlu adanya metode yang efektif dalam pengolahan limbah *laundry*. Metode yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Penelitian tentang pengolahan limbah *laundry* dengan metode MBBR merupakan terobosan baru dalam pengolahan limbah *laundry*, serta kelebihan penggunaan Kaldnes K1 memiliki luas permukaan yang besar untuk mengoptimalkan kontak antara air limbah dengan udara. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui konsentrasi awal limbah *laundry* dan efektivitas penurunan konsentrasi parameter COD, BOD, surfaktan dan phospat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan, yaitu bulan Oktober-November 2018. Lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini adalah, jasa usaha *laundry* kiloan FRESCO Jl. Sepakat 2 (Sebelah Blok S) terletak pada koordinat 0°06'37.72"S 109°34'80.56"E. Pengambilan sampel dilakukan sekitar pukul 10:00 WIB dikarenakan jasa *laundry* telah beroperasi dan menghasilkan limbah.

Pada penelitian ini, tahap awal yaitu persiapan alat dan bahan. Pada penelitian ini menggunakan 4 reaktor bak kaca sebagai reaktor ulangan 1, ulangan 2, ulangan 3, dan kontrol (tanpa perlakuan) dengan dimensi 40 cm X 40 cm X 40 cm dengan jumlah volume reaktor sebanyak 20 liter/bak serta jumlah media lekat Kaldnes K1 20% dari jumlah volume reaktor. Rancangan reaktor penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Rancangan Reaktor Penelitian

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

Proses pengembangbiakan mikroorganisme (*seeding*) untuk menumbuhkan mikroorganisme secara alami pada media lekat Kaldnes K1 dengan bantuan aerator sebagai suplai oksigen di dalam reaktor selama 15 hari. Selama proses seeding diukur kadar pH dan suhu pada reaktor. Setelah *seeding* dilakukan, tahap penelitian dilanjutkan dengan variasi waktu kontak pengambilan sampel pada hari ke 6, hari ke 8, dan hari ke 10 untuk mengetahui seberapa besar penurunan dan efektivitas sistem pengolahan dengan metode MBBR terhadap parameter BOD, COD, Phosfat, dan Surfaktan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Limbah Awal

Kondisi air limbah *laundry* di lokasi memiliki ciri –ciri fisik berwarna keruh gelap dan agak berbau. Peraturan yang digunakan sebagai standar kualiatas air laundry adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan *Laundry,* dikarenakan Kota Pontianak belum memiliki baku mutu air limbah bagi usaha dan/ kegiatan *laundry*. Berdasarkan hasil uji kualitas air limbah sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada tabel berikut.

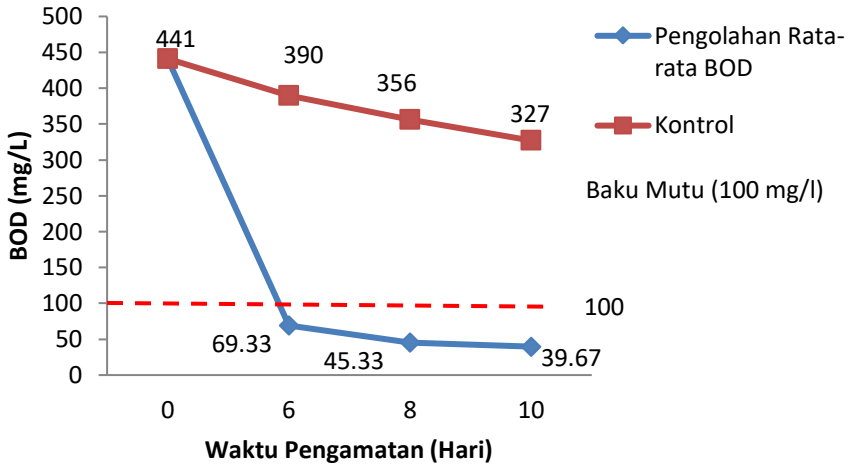
Tabel 1. Kualitas Air Limbah Laundry FRESCO

No	Parameter	Kadar awal	Baku mutu	Keterangan
1	BOD (mg/L)	441	100	Melebihi baku mutu
2	COD(mg/L)	910,5	250	Melebihi baku mutu
3	Phosfat(mg/L)	38,24	10	Melebihi baku mutu
4	pH	9	6,0 - 9,0	Melebihi baku mutu
5	Surfaktan(mg/L)	47,8	10	Melebihi baku mutu

b. Hasil dan Analisis Parameter BOD

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu pengukuran BOD dan efektivitas pengolahan dengan perlakukan waktu pengambilan sampel di hari ke-6, ke-8, ke-10, dan bak kontrol serta tiga kali pengulangan pada masing-masing pengukuran. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara nilai penurunan konsentrasi BOD limbah cair *laundry* dengan lama waktu kontak pengambilan sampel dengan masing-masing variasi pengambilan sampel di hari ke-6, ke-8, ke-10, dan bak control (tanpa perlakuan.

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019



Gambar 2. Penurunan Parameter BOD Limbah *Laundry* FRESCO

Pada hasil pengujian kadar (BOD) sebelum dilakukan pengolahan, diperoleh kadar sebesar 441 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan terhadap limbah cair *laundry* menggunakan reaktor MBBR pada masa pengolahan hari ke-6, diperoleh kadar (BOD) sebesar 69,33 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 84,27 %, pada masa pengolahan hari ke-8, diperoleh kadar (BOD) sebesar 45,33 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 89,72%, pada hari ke-10, diperoleh kadar (BOD) sebesar 39,67 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 91%. Dari hasil pengujian kadar (BOD) pada limbah cair *laundry*, diperoleh hasil penurunan kadar (BOD) yang berbanding lurus terhadap waktu pengolahan. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian Nurhayati dan Prastianto (2016), waktu pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-0, ke-2, ke-4, ke-6, ke-8 memiliki efektivitas pengolahan kadar BOD yaitu 77,14%; 81,65%; 85,79% dan 89,73%. Nilai penurunan kadar (BOD) berbanding lurus terhadap masa inkubasi (waktu degradasi), semakin lama masa pengolahan (waktu degradasi), maka semakin tinggi nilai efektivitasnya.

c. Hasil dan analisis parameter COD

Penyisihan COD terjadi karena mikroorganisme yang hidup di dalam reaktor mengurai zat organik pada air limbah *laundry*. Udara yang diinjeksikan melalui aerator menciptakan suasana aerobik di dalam reaktor sehingga yang bertugas mereduksi zat organik adalah mikroorganisme aerob. Secara umum penyisihan COD dapat dilihat pada reaksi berikut (Sya'bani, 2013):

$$\text{Senyawa Organik} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Sel Baru} + \text{Energi}$$

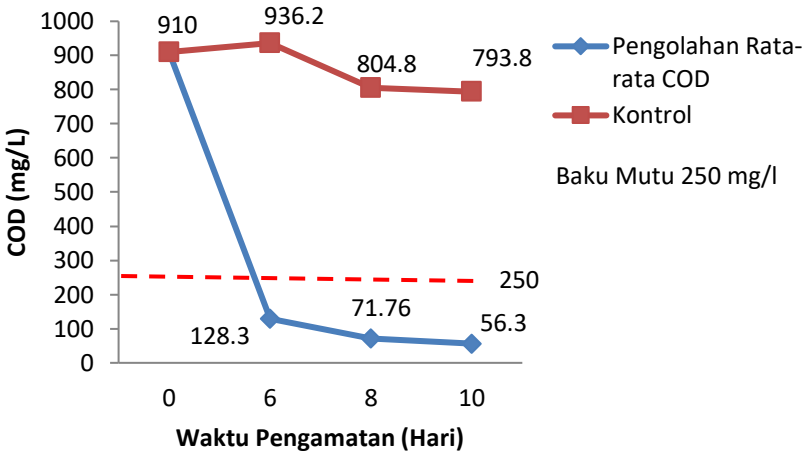
Hasil dari reduksi zat organik tersebut menghasilkan zat-zat yang relatif lebih stabilseperi CO_2 dan H_2O, selain itu terbentuk pula biomasa dan energi yang dimanfaatkan untuk proses metabolisme mikroorganisme. Pengubahan glukosa menjadi CO_2 dan H_2O dan dihasilkan 36 / 38 ATP.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38\ ADP + 38\ Fosfat \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

Menurut penelitian Ikhlas (2014) mikroorganisme juga menghasilkan enzim protease yang digunakan untuk pemecahan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara tidak langsung dapat menurunkan kadar COD di dalam air limbah.

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

Berikut ini merupakan grafik hubungan antara nilai penurunan konsentrasi COD limbah cair *laundry* dengan lama waktu kontak pengambilan sampel dengan masing-masing variasi pengambilan sampel di hari ke-6, ke-8, ke-10, dan bak kontrol.



Gambar 3. Penurunan Parameter BOD Limbah *Laundry* FRESCO

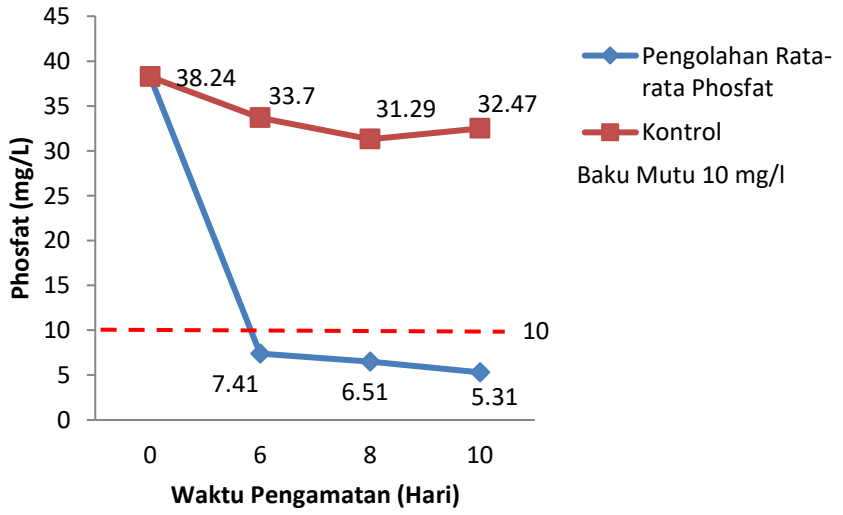
Parameter COD pada bak kontrol mengalami penurunan nilai dari 910,5 mg/L menjadi 793,8 mg/L. pada Pada hasil pengujian kadar COD sebelum dilakukan pengolahan, diperoleh kadar sebesar 910,5 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan terhadap limbah cair *laundry* menggunakan reaktor biofilm pada masa pengolahan hari ke-6, diperoleh kadar COD sebesar 128,3 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 85,90 %, pada waktu pengolahan hari ke-8, diperoleh kadar COD sebesar 71,76 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 92,11 %, pada masa inkubasi hari ke-10, diperoleh kadar COD sebesar 56,3 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 93,81 %.

Menurut penelitian Said dan Santoso (2015) bahwa media kaldenes K1 dapat menyediakan luas permukaan yang cukup besar untuk melekatnya bakteri (±500 m^2/m^3) dan perbandingan volume media yang kecil dibandingkan dengan volume air reaktor, menyebabkan pada reaktor ini akan terjadi gerakan random/turbulensi antar media yang terkena aerasi sehingga masing-masing media akan berada pada kondisi bergerak dan meningkatkan efektivitas COD sebesar 87 %.

d. Hasil dan analisis parameter Phosfat

Hasil kadar phosfat terhadap penurunan limbah *laundry* menggunakan reaktor MBBR dengan masing-masing variasi pengambilan sampel di hari ke-6, ke-8, ke-10, dan bak control (tanpa perlakuan).

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019



Gambar 4. Penurunan Parameter Phosfat Limbah *Laundry* FRESCO

Hasil pengujian kadar phosfat sebelum dilakukan pengolahan, diperoleh kadar sebesar 38,24 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan terhadap limbah cair *laundry* menggunakan reaktor biofilm pada masa pengolahan hari ke-6, diperoleh kadar Phosfat sebesar 7,41 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 80,62 %, pada masa pengolahan hari ke-8, diperoleh kadar Phosfat sebesar 6,51 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 82,95 %, pada masa pengolahan hari ke-10, diperoleh kadar phosfat sebesar 5,31 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 86,10 %.

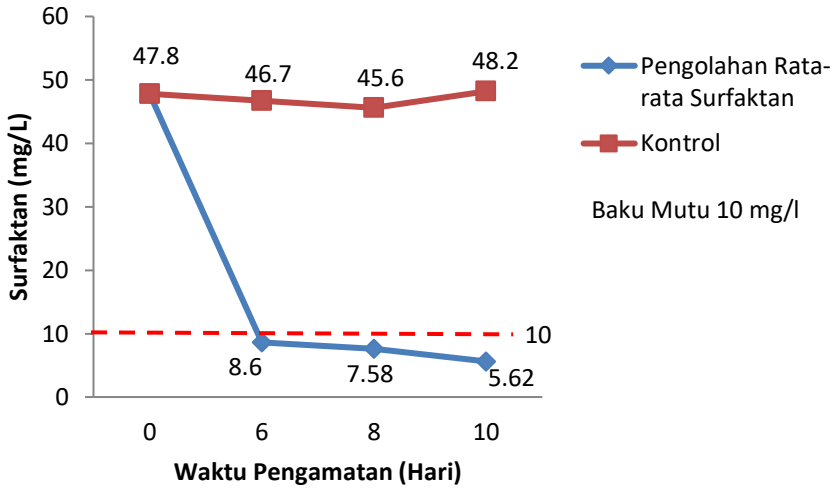
Penurunan kadar phosfat dan peningkatan efisiensi pengolahan di dalam reaktor berbanding lurus dengan lama waktu pengolahan. Proses ini terjadi akibat mikroorganisme menghasilkan enzim fostafatase dan enzim fitase (Alexander, 1997). Menurut Rajasa (2010), metabolisme organisme menunjukkan pemanfaatan fosfat sebagai sumber nutrisi di lingkungan sehingga terjadi penurunan kadar fosfat. Litaay (2013) menerangkan bahwa fosfat yang melimpah dalam limbah cair dimanfaatkan langsung oleh *Pseudomonas*. Proses metabolisme *Pseudomonas* menunjukkan kemampuan dalam melarutkan dan memanfaatkan fosfat di yang tersedia di alam.

e. Hasil dan analisis parameter Surfaktan

Pengolahan senyawa surfaktan secara biologis dengan memanfaatkan aktifitas bakteri mampu menyisihkan senyawa surfaktan jenis LAS sebesar 85%. Penguraian senyawa surfaktan oleh aktifitas mikroorganisme secara sempurna dirubah menjadi karbon dioksida, air, dan garam organik. Surfaktan LAS merupakan sumber karbon dan energi yang potensial untuk pertumbuhan beberapa Mikroorganisme anggota Genus *Pseudomonas* meskipun senyawa tersebut toksik bagi mikroorganisme yang lain. Mikroorganisme anggota Genus *Pseudomonas* yang sudah terdaptasi dengan pencemaran deterjen memiliki potensi yang lebih tinggi dalam mendegradasi LAS di bandingkan mikroorganisme dari genus tersebut yang berasal dari ekosistem sungai yang tidak tercemar (Suharjono, 2008).

Berikut ini merupakan grafik hubungan antara nilai penurunan konsentrasi Surfaktan limbah cair *laundry* dengan lama waktu kontak pengambilan sampel dengan masing-masing variasi pengambilan sampel di hari ke-6, ke-8, ke-10, dan bak kontrol.

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019



Gambar 5. Penurunan Parameter Surfaktan Limbah *Laundry* FRESCO

Hasil pengujian kadar Surfaktan sebelum dilakukan pengolahan, diperoleh kadar sebesar 47,8 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan terhadap limbah cair *laundry* menggunakan reaktor biofilm pada masa pengolahan hari ke-6, diperoleh kadar surfaktan sebesar 8,59 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 82 %, pada masa inkubasi hari ke-8, diperoleh kadar Phosfat sebesar 7,58 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 84,14 %, pada masa inkubasi hari ke-10, diperoleh kadar phosfat sebesar 5,62 mg/L dengan efektivitas reaktor sebesar 88,22%.

f. Pengukuran pH dan suhu

Lamanya tahap seeding mikroorganisme pada penelitian ini yaitu selama 15 hari tanpa adanya penambahan starter pada air limbah, sehingga mikroorganisme yang tumbuh di dalam reaktor adalah mikroorganisme asli dari limbah tersebut *(indigenous)*, menunjukkan nilai pH selama *seeding* hari ke-0 di dapat nilai pH awal limbah l*aundry* yaitu sebesar 8,8 dan pH diakhir masa *seeding* yaitu rata-rata mendekati pH 7.

Hal ini mengindikasikan mikroorganisme yang hidup di dalam reaktor adalah kelompok mikroorganisme *mesofil* yakni kelompok mikroorganisme yang dapat hidup pada pH 5,5 – 8. Tahap *running* penelItian selama 10 hari, dimana pada harI ke 16 atau hari ke 1 penelitian, didapat nilai pH sebesar 8,9. Tingginya nilai pH dikarenakan air limbah yang digunakan ialah limbah baru. Penurunan pH saat penelitian berkisar di angka 8,9 – 7,1.

Nilai Kenaikan nilai pH ini dapat diakibatkan asam organik diuraikan menjadi metana dan karbon dioksida selain itu dapat diakibatkan dari perubahan bentuk ammonia-nitrogen menjadi bentuk ion yang berupa ammonium jika terlarut di dalam air. Tahap oksidasi ion ammonium ($NH4^+$) menjadi ion nitrit ($NO2^-$) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrosomonas* sebagaimana reaksi berikut:

$$NH_4^+ + \tfrac{1}{2}O_2 + OH^- \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}} NO_2^- + H^+ + 2H_2O + 59{,}4\ \text{Kcal}$$

Selain itu, nilai pH di dalam reaktor juga dapat mengalami penurunan jika terjadi proses pembentukan nitrat oleh bakteri *nitrobacter* , dengan reaksi:

$$NH_4^+ + 2\ O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}} NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

Reaksi di atas menunjukkan bahwa setiap mol ammonium yang dioksidasi akan memproduksi 2 mol ion hidrogen, yang hasilnya akan menurunkan nilai pH pada lingkungan yang nilai buffernya rendah. Nilai ini menandakan mikroorganisme yang telah tumbuh dan membentuk *biofilm* mampu menurunkan pH limbah *laundry* oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme aerob.

Menurut Pratiwi (2008) apabila mikroba dihadapkan pada suhu tinggi diatas suhu maksimum, akan memberikan beberapa macam reaksi. Titik kematian thermal, adalah suhu yang dapat mematikan spesies mikroba dalam waktu 10 menit pada kondisi tertentu. Waktu kematian thermal, adalah waktu yang diperlukan untuk membunuh suatu spesies mikroba pada suatu suhu yang tetap. Faktor-faktor yang mempengaruhi titik kematian thermal ialah waktu, suhu, kelembaban, spora, umur mikroba, pH dan komposisi medium. Apabila mikroba dihadapkan pada suhu rendah dapat menyebabkan gangguan metabolisme. Yaitu seperti *Cold shock* , adalah penurunan suhu yang tiba-tiba menyebabkan kematian bakteri, terutama pada bakteri muda atau pada fase logaritmik, pembekuan (*freezing*), adalah rusaknya sel dengan adanya kristal es di dalam airintraseluler.

Suhu optimum merupakan suhu pada saat pertumbuhan terbaik mikroorganisme. Pada suhu yang sangat tinggi akan terjadi denaturasi protein, sedangkan pada suhu yang sangat rendah aktifitas enzim akan berhenti (Tortora, 2011).Berdasarkan hasil pengukuran, suhu berada pada kisaran antara 29 – 31 ˚C, ini mengindikasikan bahwa jenis mikroorganisme yang hidup dalam reaktor dan berperan dalam penguraian polutan pencemar adalah kelompok mikroorganisme *mesofil*.

Menurut Litaay (2013) dan Budiawan (2009) identifikasi mikroba yang terdapat pada limbah laundry, ditemukan jenis bakteri yang paling dominan yaitu dengan melakukan uji bakteri pendegradasi LAS pada bakteri *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescence*, *Bacillaria* spp, dan *Acinetobact*er sp. *Pseudomonas Aeruginosa* Dimana bakteri ini sel berbentuk batang, gram negatif, dan menghasilkan endospore.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Limbah cair *laundry* FRESCO memiliki karakteristik kandungan BOD sebesar 441 mg/l, kandungan COD sebesar 910,5 mg/L, kandungan phosfat sebesar 38,24 mg/L, dan kandungan surfaktan sebesar 47,8 mg/L, dari nilai tersebut mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan *Laundry* masih diatas baku mutu lingkungan dan perlu adanya pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.
2. Pengolahan limbah *laundry* dengan metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan media Kaldnes K1 (media isian 20%) mampu menurunkan parameter COD, BOD, Phosfat, dan Surfaktan. Untuk efektivitas penurunan terbaik pada waktu pengamatan 6, 8, dan 10 hari terletak pada hari ke 10 pengolahan sebesar 91 % dari konsentrasi 441 mg/L menjadi 39,67 mg/L untuk BOD, efisiensi COD sebesar 93,81 % dari konsentrasi 910,5 mg/L menjadi 56,63 mg/L, efisiensi Phosfat sebesar 86,10 % dari konsentrasi 38,24 mg/L menjadi 5,31 mg/L, dan efisiensi Surfaktan sebesar 88,22 % dari konsentrasi 47,8 mg/L menjadi 5,62 mg/L.

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian mengenai aspek operasional MBBR yaitu : rasio pengisian terhadap total reaktor volume (V_S/V_R) atau fraksi pengisian (%), hidrodinamika MBBR, oksigen terlarut (DO), pembentukan *biofilm* pada media gerak MBBR, zat polimer extraseluler (*exopolymers*), dan pengamatan mikroskopis dari *biofilm*.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk pengolahan air limbah *laundry* sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan variasi waktu pengolahan yang lebih lama, serta variasi media kaldnes yang digunakan.
3. Perlu dilakukannya penambahan penelitian secara fisik seperti filtrasi dan adsobsi untuk membandingkan hasil dari setiap proses yang lain.
4. Diperlukan uji FDA untuk mengetahui aktifitas mikroorganisme yang berperan dalam menurunkan parameter pencemar.
5. Diperlukan penambahan parameter uji antara lain uji kekeruhan untuk menguji kejernihan sampel dan uji TSS untuk mengetahui kadar total padatan terlarut di dalam limbah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi, Ibu Laili Fitria dan Ibu Ulli Kadaria serta dosen penguji skripsi, Ibu Suci Pramadita dan Ibu Aini Sulastri, serta semua pihak yang terlibat dan membantu penulis selama proses pengerjaan penelitian yang tidak dapat diucapkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, M. 1977. *Introduction to soil microbiology. 2nd ed*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Budiawan., Y. F., N. Khairani. 2009. *Optimasi Biodegradibilitas dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat (LAS) Sebagai Bahan Detergen Pembersih.* Jurnal Makara Sains 13 (2).

Ikhlas, N. 2014. *Penurunan COD Limbah Cair Tapioka Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Susunan Honeycomb Potongan Bambu Dan Penambahan Effective Microorganism (EM-4).* Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang. *Tugas Akhir*

Litaay, G.W. 2013. Kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* Dalam Menurunkan Kandungan Fosfat Limbah Cair Rumah Sakit. Fakultas Biologi Program Studi Biologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta. *Skripsi S-1.*

Nurhayati dan Prastianto, W. 2016. *Efektivitas Reaktor Biofilm Media Kerikil Dan Reakto Saringan Pasir Terhadap Penurunan Kadar Surfaktan Limbah Cair Laundry.Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia.* Universitas Satya Negara Indonesia.

Pratiwi, S. T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Fakultas Farmasi UGM : Yogyakarta.

Rajasa, G. 2010. Pemanfaatan Biofilm Mikrobentos Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Deterjen *Laundry*. Fakultas Biologi Program Studi Biologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta. *Skripsi S-1.*

Said, N. I dan Santoso, T. I. 2015. *Penghilangan Polutan Organik Dan Padatan Terrsuspensi Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*. Universitas Mulawarman. Samarinda

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019

Seo T. G., T.S. Lee, B.H. Moon, and J.H. Lim. 2001. *Ultrafiltration Combined With Ozone For Domestic Laundry Wastewater Reclamation and Reuse Water Supply.*

Suhardjono. 2008. Pemberdayaan Komunitas *Pseudomonas* Untuk Bioremediasi Ekosistem Air Sungai Tercemar Limbah Deterjen. *Seminar Nasional Biologi*

Sya'bani, M. R. 2013. *Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Hidraulik Terhadap Efektivitassi Penyisihan Amoniak (NH_3) Dalam Air Limbah Domestik Pada Sistem Moving Bed Biofilm Reactor.* Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Samarinda. *Skripsi*.

Tortora. 2001. *Mikrobiologi:an Introduction 7 th edition.* Addison Wesley. Inc : California

Submitted : 15-12-2018 Revised : 05-01-2019 Accepted : 10-01-2019