PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK RUMAH MAKAN DENGAN PROSES *MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR)

Aulia Ulfah Farahdiba, Yayok Suryo Purnomo, Satria Nugraha Sakti, dan Muhammad Firdaus Kamal

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294, Indonesia

Email: auliaulfah.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Semakin banyaknya usaha rumah makan, maka air limbah yang dihasilkan akan bertambah dan akan menjadi suatu permasalahan. Pada proses pengolahan limbah khususnya yang mengandung senyawa organik, salah satu teknologi yang digunakan adalah dengan menggunakan proses *Moving Bed Bioflm Reactor* (MBBR). Pada prinsipnya, MBBR merupakan proses lumpur aktif yang ditingkatkan dengan menambahkan media (*carrier*) ke dalam reaktor aerasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penurunan zat organik COD dan TSS dengan menggunakan proses MBBR pada limbah domestik rumah makan. Pada penelitian ini media yang digunakan adalah media *kaldness* 1 (K1) dengan variasi volume media yaitu tanpa media, 15%, 30%, 45%, dan 60%, serta variasi debit aliran air limbah yang akan masuk ke dalam reaktor MBBR sebesar 15 ml/menit, 30 ml/menit, 45 ml/menit, 60 ml/menit, dan 75 ml/menit. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa kemampuan penyisihan beban pencemar COD dari limbah air domestik rumah makan oleh reaktor MBBR dengan volume media 60% dan debit 15 ml/menit sangat efektif. Reaktor ini mampu menurunkan nilai COD hingga 97,73% dan untuk TSS hanya sebesar 63,04% karena pada penelitian ini tidak menggunakan bak pengendap akhir sehingga nilai penyisihan TSS tidak terlalu besar.

Kata kunci: *COD, kaldness 1, moving bed bioflm reactor*, *TSS*

ABSTRACT

The more business restaurant, wastewater will be produced. In the processing of wastewater which contains an organic compound the most technology that is used is microorganisms or biological process by using Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). In principle, MBBR is a process of activated sludge is improved by adding carrier into aeration reactor. This study aims to analyze the decrease in organic matter COD and TSS by using the MBBR process in restaurant domestic wastewater. The media that is used in this study is Kaldnes 1 (K1) with variation media volume that is without media, 15%, 30%, 45%, and 60%, and then the flow variation of wastewater discharge that will enter into MBBR reactor 75 ml/minute, 60 ml/minute, 45 ml/minute, 30 ml/minute, and 15 ml/minute. The results of this study results that the ability to set aside COD waste from restaurant domestic waste by MBBR with media volume 60% with 15 ml/minute debit more effective. This reactor able to increase COD till

97,73% and for TSS just 63,04% in this study do not use water tank so the TSS value is not too big.

Keywords: *COD, kaldness 1, moving bed bioflm reactor*, *TSS*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan rumah makan (*restaurant*) yang sangat pesat memberikan dampak terhadap air limbah yang dihasilkan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, menyatakan bahwa air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama merupakan air limbah domestik. Air limbah domestik terdiri dari beberapa macam parameter, yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), pH, serta kandungan minyak dan lemak. Pada tahun 2015 pencemar paling dominan di badan air pada kota-kota besar di Indonesia adalah limbah domestik yang presentasinya mencapai 60-70% (Zahra & Purwanti, 2015). Jika air limbah yang dihasilkan oleh rumah makan tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan berbagai dampak negatif antaralain: meningkatkan populasi mikroorganisme sehingga kadar BOD akan meningkat, air sabun bekas pencucian peralatan masak dan makanan dapat meningkatkan kadar pH serta minyak dan lemak (Andiese, 2011).

Oleh karena itu sebelum dibuang ke badan air, air limbah harus diolah terlebih dahulu sehingga dapat memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Teknologi yang pada umumnya dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik adalah dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses ini disebut dengan proses pengolahan biologis. Proses pengolahan biologis digolongkan menjadi tiga kategori yaitu proses aerobik (pengolahan yang dibantu oleh oksigen terlarut), anaerobik (pengolahan tanpa adanya oksigen terlarut), dan anoksik (pengolahan yang dilakukan dengan pengaduk untuk menggerakkan media) (Rusten, *et al*., 2006).

Menurut Said dan Santoso (2015), terdapat beberapa kelemahan dalam proses pengolahan secara biologis antaralain membutuhkan lahan yang relatif luas, energi yang besar, dan biaya perawatan yang mahal. Hal ini tentu akan menjadi faktor yang menghambat pengolahan air limbah, khususnya di daerah perkotaan. Jika air limbah yang telah diolah berada di atas baku mutu, sehingga menjadi kurang efektif, maka diperlukan suatu modifikasi agar menjadi lebih efektif.

Salah satu teknologi pengolahan limbah yang dapat digunakan adalah dengan proses *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). MBBR merupakan proses pengolahan limbah dengan lumpur aktif yang dimodifikasi dengan menambahkan media (*carrier*) untuk memaksimalkan luas permukaan biofilm dalam reaktor (Rusten, *et al*., 2006). MBBR menggunakan seluruh volume reaktor untuk pertumbuhan biomassa dan tidak memerlukan daur ulang lumpur aktif (Rusten, *et al*., 2006). Terdapat dua proses pengolahan limbah dengan MBBR, yaitu proses biakan tersuspensi (*suspended growth*) dan proses biakan merekat (*attached growth*) (Said,

2017). Proses ini diharapkan akan meningkatkan jumlah mikroorganisme di dalam reaktor dan mampu meningkatkan effisiensi penyisihan zat pencemar.

Media (*carrier*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah media biofiIm *Kaldness* 1 (K1). *Kaldness* merupakan media yang dibuat dari bahan *High Density polyethylene* (HDPE) dengan berat jenis ± 0,95 g/cm^3 dan berbentuk silinder kecil, pada bagian dalam menyilang dan bagian luar menyerupai sirip, silindernya memiliki panjang 7 mm dan diameter 10 mm (tidak termasuk sirip) (Ødegaard, *et al*., 2003). Pada gambar 1 dapat dilihat *Kaldness* 1.

Gambar 1. Media Biofilm *Kaldness 1* (K1) (Ødegaard, *et al*., 2003)

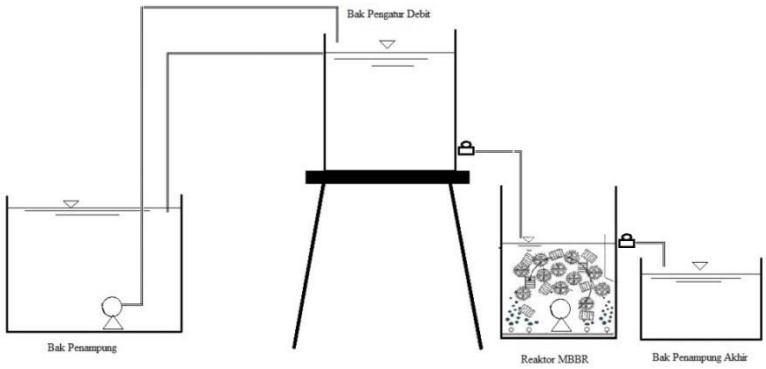
Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah rumah makan menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan proses anoksik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penurunan zat organik *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solids* (TSS) dengan menggunakan proses *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) pada limbah domestik rumah makan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Proses Pembuatan Reaktor

Pada penelitian ini reaktor uji yang digunakan adalah Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dan reaktor aerasi. Rancangan alat pengolahan terdiri atas 1 bak penampung yang terbuat dari plastik kapasitas maksimum 120 liter, 5 bak pengatur debit, 4 bak reaktor MBBR yang telah terisi bubble aerator dengan kapasitas maksimum 16 liter, dan 1 bak yang hanya berisikan bubble aerator saja. Bak pengatur debit dibuat menggunakan bak air berukuran 10 liter yang mana terdapat valve untuk menyalurkan air limbah menuju reaktor MBBR. Di dalam bak pengatur debit terdapat lubang overflow yang berfungsi untuk menstabilkan volume agar tetap terjaga. Air limpahan dari overflow akan kembali ke bak penampung.

Volume pengolahan pada reaktor MBBR yang akan digunakan adalah 10 liter. Media terendam yang digunakan yaitu tipe kaldness 1 (K1). Di dalam reaktor terdapat bubble aerator dan pompa yang berfungsi untuk mengaduk media K1 dan juga terdapat saluran inlet dan outlet. Sketsa reaktor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Reaktor Penelitian

Reaktor MBBR ini dioperasikan dengan sistem *continues* yang mana di dalam reaktor aliran air yang masuk, diaduk sempurna, diolah, dan dikeluarkan (Metcalf & Eddy, 2003). Proses tersebut akan berlangsung sampai *effluent* air limbah sudah memenuhi baku mutu.

2.2. *Seeding* dan Aklimatisasi

Sebelum dilakukan uji pada air limbah, terlebih dahulu dilakuakan pembiakan (*seeding*) dan aklimatisasi mikroorganisme pada media *kaldness* 1 untuk masing-masing reaktor. Reaktor diisi dengan jumlah media sebesar 15%, 30%, 45%, dan 60% dari total volume reaktor.
S*eeding* mikroorganisme pada penelitian dilakukan secara alami yaitu dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang telah terisi media *kaldness* 1 hingga terbentuknya lapisan biofilm pada media biofilter selama ± 20 hari. Pada saat proses *seeding* berlangsung, dilakukan pemberian oksigen secara terus menerus dengan menginjeksikan oksigen ke dalam reaktor agar proses oksidasi biologi oleh mikroba dapat berjalan dengan baik.

Proses seeding berlangsung selama 2×24 jam, dilanjutkan dengan proses aklimatisasi, yaitu proses pemberian limbah baru ke dalam reaktor biofilter. Aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan suatu kultur mikroorganisme yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air limbah domestik rumah makan. Proses aklimatisasi dilakukan untuk menghindari matinya bakteri yang telah di-seeding sebelumnya karena belum sempat beradaptasi dengan lingkungan baru. Proses aklimatisasi ini berjalan ± 20 hari selama percobaan dengan debit 28 ml/menit. Akhir dari aklimatisasi adalah ketika penurunan konsentrasi yang diuji relatif stabil. Pada gambar 3 dapat dilihat perbedaan media yang telah dilapisi biofilm

(a) (b)

Gambar 3. (a) Media yang belum dilapisi biofilm; (b) Media yang telah dilapisi biofilm

2.3. Variabel Penelitian

Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi selesai, selanjutnya penelitian dilakukan dengan membuat variasi debit aliran proses dan membandingkan media yang digunakan. Debit yang akan digunakan adalah debit aliran sebesar 15, 30, 45, 60, dan 75 ml/menit. Variasi media yang dibandingkan adalah tanpa media, 15%, 30%, 45% dan 60%. Volume reaktor MBBR yang digunakan adalah 10 liter.

Setiap satu siklus proses membutuhkan analisis parameter limbah, yaitu sebelum masuk ke dalam reaktor (*influen*) dan sesudah proses (*effluent*). Hal ini berlaku untuk semua reaktor. Parameter yang diuji adalah pH, COD, dan TSS. Hasil analisis mengacu pada baku mutu air limbah domestik. Pengambilan sampel air yang keluar dari saluran outlet reaktor ditampung pada bak penampung.

Tabel 1. Variasi media dan debit aliran

Debit aliran masuk (Q = ml/menit)	Volume Media				
15	0%	15%	30%	45%	60%
30	0%	15%	30%	45%	60%
45	0%	15%	30%	45%	60%
60	0%	15%	30%	45%	60%
75	0%	15%	30%	45%	60%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Limbah Domestik Rumah Makan

Jenis air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah domestik rumah makan Pizza di daerah MERR Surabaya. Analisis karakteristik awal bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah domestik rumah makan yang nantinya akan digunakan pada penelitian ini. Analisis karakter awal ini meliputi COD dan TSS yang merupakan parameter utama dalam penelitian ini, selain itu juga dianalisis parameter tambahan yaitu pH. Hasil analisis awal karakteristik air limbah domestik rumah makan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah Domestik Rumah Makan

Parameter	Hasil	Baku Mutu Air Limbah Domestik (Permen LH 5/2014)
COD	1689,60 mg/lt	100
TSS	460 mg/lt	100
pH	6,1	6 – 9

3.2. Pengaruh Debit Aliran dan Volume Media Terhadap Kadar COD

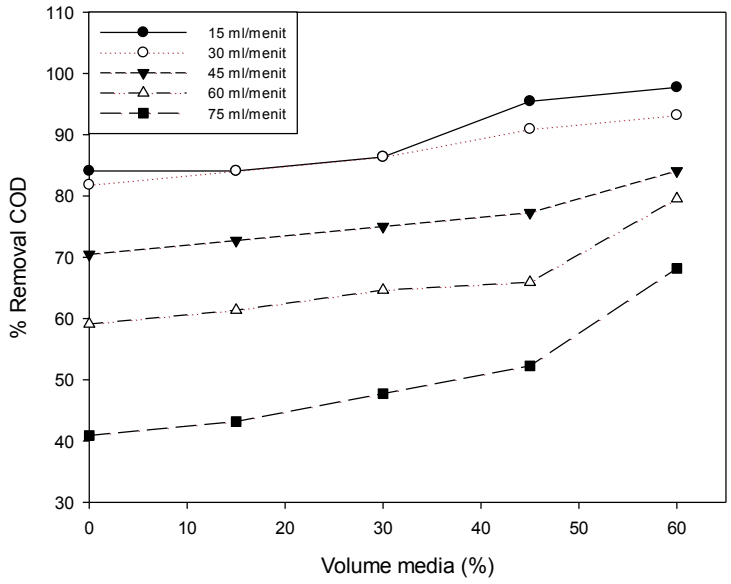
Berdasarkan debit aliran air limbah dan volume reaktor MBBR sebesar 10 liter, maka akan dihasilkan waktu tinggal (*time detention*) untuk masing-masing debit aliran. Debit aliran 15

ml/menit dihasilkan waktu tinggal selama 666 menit, debit aliran 30 ml/menit dihasilkan waktu tinggal selama 333 menit, debit aliram 45 ml/menit dihasilkan waktu tinggal selama 222 menit, debit aliran 60 ml/menit dihasilkan waktu tinggal selama 167 menit, dan debit aliran 75 ml/menit dihasilkan waktu tinggal selama 133 menit. Data hasil removal COD berdasasrkan debit aliran yang masuk ke dalam reaktor dan volume media dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh debit aliran dan volume media dalam proses MBBR terhadap kadar COD

Debit aliran masuk (Q = ml/menit)	Kadar COD pada volume media (mg/liter)				
	0%	**15%**	**30%**	**45%**	**60%**
15	268,80	268,80	230,40	76,80	38,40
30	307,20	268,80	230,40	153,60	115,20
45	499,20	460,80	422,40	384,00	268,80
60	691,20	652,80	614,40	576,00	345,60
75	998,40	960,00	883,20	806,40	537,60

Pengaruh debit aliran terhadap removal COD pada masing-masing reaktor menunjukan bahwa debit aliran 15 ml/menit dengan waktu tinggal selama 666 menit menghasilkan (%) removal COD pada rentang 84,09–97,73%, debit aliran 30 ml/menit dengan waktu tinggal selama 333 menit menghasilkan (%) removal COD pada rentang 81,82–93,18%, debit aliran 45 ml/menit dengan waktu tinggal 222 menit menghasilkan (%) removal COD pada rentang 70,45–84,09 %, debit aliran 60 ml/menit dengan waktu tinggal 167 menit menghasilkan (%) removal COD pada rentang 59,09–79,55%, dan dengan debit 75 ml/menit dan waktu tinggal 133 menit menghasilkan (%) removal COD pada rentang 40,91–68,18%. Pada gambar 4 dapat dilihat grafik hubungan antara debit aliran dan volume media dengan persen removal COD.



Gambar 4. Hubungan antara debit aliran dan volume media dengan persen removal COD

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa semakin kecil debit aliran maka (%) removal penyisihan COD semakin besar. Hal ini terjadi karena pada debit yang kecil maka akan dihasilkan waktu tinggal yang cukup lama, sehingga kontak antara air limbah dan mikroorganisme menjadi lebih lama. Waktu tinggal yang semakin lama memberikan waktu

bagi mikroorganisme agar bisa menyerap dan memproses bahan organik yang ada pada air limbah, pada reaktor dengan aerasi waktu kontak yang semakin lama membuat kandungan oksigen terlarut pada limbah semakin tinggi karena adanya oksigen yang diinjeksikan pada air limbah yang kemudian mempengaruhi performa dari mikroorganisme dalam mengolah bahan organik melalui mekanisme biodegradasi (Dhamayanthie, 2000).
Penyisihan COD terjadi karena mikroorganisme yang hidup di dalam reaktor mengurai zat organik pada air limbah domestik. Udara yang diinjeksikan melalui aerator menciptakan suasana aerobik di dalam reaktor, sehingga mikroorganisme aerob bekerja mereduksi zat organik (Said, 2014). Secara umum penyisihan COD dapat dilihat pada reaksi berikut:

$$\text{Senyawa Organik} + O_2 \xrightarrow{\text{mikroba}} CO_2 + H_2O + \text{Sel Baru} + \text{Energi} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Menurut Said *et al*. (2015), hasil dari reduksi zat organik menghasilkan zat-zat yang relatif lebih stabil (CO_2 dan H_2O), selain itu terbentuk pula biomassa dan energi yang dimanfaatkan untuk proses metabolisme pada mikroorganisme. Metabolisme yang terjadi oleh mikroorganisme terdiri dari proses katabolisme dan anabolisme. Proses katabolisme yang terjadi adalah proses oksidasi dan respirasi, yang mana pada proses ini zat organik yang diurai oleh mikroorganisme menghasilkan energi untuk pertumbuhan bakteri, sedangkan proses anabolisme terjadi untuk bakteri berkembang biak dengan memanfaatkan energi yang diperoleh dari proses oksidasi dan respirasi.
Pada gambar 4 dapat dilihat pengaruh media terhadap persen (%) removal COD pada masing-masing reaktor menunjukkan bahwa dengan variasi tanpa media menghasilkan persen (%) removal COD pada rentang 40,91–84,09%, pada volume media 15% menghasilkan persen (%) removal COD pada rentang 43,18–84,09% pada volume media 30% menghasilkan persen (%) removal COD pada rentang 47,73–86,36%, pada volume media 45% menghasilkan persen (%) removal COD pada rentang 52,27–95,45%, dan pada volume media 60% menghasilkan (%) removal COD pada rentang 68,18–97,73%.

Pada tabel 3 dapat dilihat pada volume media 60% mampu menurunkan kadar COD hingga di bawah baku mutu dengan eflluent kadar COD sebesar 38,40 mg/liter atau dengan persen (%) removal sebesar 97,72%, sedangkan untuk reaktor tanpa media berhasil menurunkan kadar COD dengan *effluent* sebesar 268,80 mg/liter dengan (%) removal sebesar 84,09 %. Dapat dilihat bahwa proses pendegradasian kadar COD lebih baik jika menggunakan media dibandingkan jika tidak menggunakan media. Hal ini dikarenakan pada reaktor tanpa menggunakan media, proses pendegradasian hanya dilakukan oleh bakteri dengan biakan tersuspensi (*suspended growth)*, sedangkan yang menggunakan media proses pendegradasian dilakukan oleh 2 proses yakni, proses biakan tersuspensi (*suspended growth*) dan proses biakan merekat (*attached growth*) (Said & Santoso,2015). Penambahan media akan meningkatkan jumlah mikroorganisme di dalam reaktor dan meningkatkan efisiensi penurunan zat pencemar.

Pada reaktor yang menggunakan media *Kaldness* 1 (K1) dapat dilihat bahwa dengan volume media 60% dapat mendegradasi COD lebih baik dibandingkan dengan volume media 15%, 30%, dan 45%. Hal ini dikarenakan volume media 60% adalah volume terbanyak pada penelitian ini, yang mana semakin banyak volume media pada suatu reaktor maka akan semakin besar pula luas permukaan media yang akan terpakai. Luas permukaan media sendiri

digunakan sebagai tempat tumbuh dan menempelnya mikroorganisme untuk mendapatkan unsur-unsur kehidupan yang dibutuhkannya, seperti nutrien dan oksigen. Dua sifat yang paling penting yang harus ada dari media adalah luas permukaan dari media dan persentase ruang kosong. Semakin luas permukaan media, maka semakin besar jumlah biomassa per-unit volume. Semakin besar ruang kosong maka semakin besar kontak biomassa yang menempel pada media pendukung dengan substrat yang ada dalam air buangan (Essa, 2017).

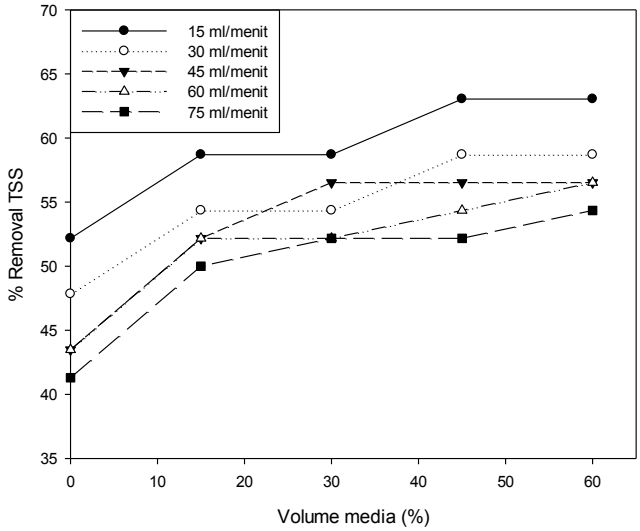
3.3. Pengaruh Debit Aliran dan Volume Media Terhadap Kadar TSS

Data hasil removal TSS berdasasrkan debit aliran yang masuk ke dalam reaktor dan volume media dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh debit aliran dan volume media dalam proses MBBR terhadap kadar TSS

Debit aliran masuk (Q = ml/menit)	Kadar TSS pada volume media (mg/liter)				
	0%	15%	30%	45%	60%
15	220	190	190	170	170
30	240	210	210	190	190
45	260	220	200	200	200
60	260	220	220	210	200
75	270	230	220	220	210

Pengaruh debit aliran terhadap (%) removal TSS pada masing-masing reaktor menunjukan bahwa dengan debit aliran 15 ml/menit dengan wkatu tinggal selama 666 menit menghasilkan (%) removal TSS pada rentang 52,17–63,04%, debit aliran 30 ml/menit dengan waktu tinggal selama 333 menit menghasilkan (%) removal TSS pada rentang 47,83–58,70%, debit aliran 45 ml/menit dengan waktu tinggal 222 menit menghasilkan (%) removal TSS pada rentang 43,48–56,52%, debit aliran 60 ml/menit dengan waktu tinggal 167 menit menghasilkan (%) removal TSS pada rentang 43,48–56,52%, dan debit aliran 75 ml/menit dan waktu tinggal 133 menit menghasilkan (%) removal TSS pada rentang 41,30–54,35%. Pada gambar 5 dapat dilihat grafik hubungan antara debit aliran dan volume media dengan persen removal TSS.



Gambar 5. Hubungan antara debit aliran dan volume media dengan persen removal TSS

Pada gambar 5 dapat dilihat pada debit 15 ml/menit dengan waktu tinggal 666 menit mampu menurunkan konsentrasi TSS paling besar, dengan persen (%) removal sebesar 63,04% atau dengan *effluent* konsentrasi TSS sebesar 170 mg/liter.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa penurunan TSS menggunakan MBBR ini kurang efisien jika tidak ada pengolahan lanjutan seperti bak pengendap akhir. Namun untuk debit yang kecil, hasil penyisihan TSS menggunakan MBBR hasilnya tidak begitu buruk. Hal ini terjadi karena dengan debit aliran yang kecil maka dihasilkan waktu tinggal yang cukup lama, sehingga kontak antara air limbah dan mikroorganisme menjadi lebih lama. Hal ini sesuai dengan Parasmita *et al*. (2013), bahwa semakin lama waktu kontak antara air limbah dengan media, maka *effluent* yang dihasilkan akan lebih kecil dan efisiensi penyisihan akan menjadi tinggi.

Pada gambar 5, pengaruh volume media terhadap persen (%) removal TSS pada masing-masing reaktor menunjukan bahwa dengan variasi tanpa media menghasilkan persen (%) *removal* TSS pada rentang 41,30–52,17%, pada volume media 15% menghasilkan persen (%) *removal* TSS pada rentang 50,00–58,70%, pada volume media 30% menghasilkan persen (%) *removal* TSS pada rentang 52,17–58,70%, pada volume media 45% menghasilkan persen (%) *removal* TSS pada rentang 52,17–63,04%, pada volume media 60% menghasilkan persen (%) *removal* COD pada rentang 54,35–63,04%.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa penyisihan TSS menggunakan MBBR kurang efisien. Persen removal TSS tertinggi terdapat pada volume media 60%, yang mana semakin banyak volume media pada suatu reaktor maka akan semakin besar juga luas permukaan media yang akan terpakai. Pada reaktor MBBR hanya dapat mendegradasi TSS yang berupa zat organik, yang mana zat organik tersebut direduksi oleh mikroorganisme yang menempel pada media (Said dan Santoso, 2015). Pada TSS yang berupa flok, dapat diendapkan pada bak pengendap.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) menunjukan bahwa removal COD dapat mencapai 97,73% dan removal TSS mencapai 63,04%.
2. Debit yang paling optimal adalah debit 15 ml/menit yang memiliki waktu tinggal selama 666 menit. Semakin kecil debit yang digunakan, maka waktu tinggal yang dihasilkan akan lebih lama dan akan membuat penyisihan COD lebih maksimal.
3. Reaktor yang diisi oleh media *kaldness* 1 (K1) lebih optimal dalam meremoval kadar COD dan TSS dibandingkan dengan reaktor tanpa menggunakan media. Pada hasil penelitian reaktor dengan volume media K1 sebesar 60% dapat menurunkan kandungan COD sampai di bawah baku mutu, sedangkan untuk TSS kurang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Andiese, V.W. (2011). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Kolam Oksidasi. *Jurnal Infrastuktur*. Volume 1 Nomor 2. 103-110.

Dhamayanthie, I. (2000). *Pengolahan Limbah Cair Industri Textile dengan Proses Anaerob.* Program Studi Teknik Kimia, Program Proses Sarjana ITB Bandung. Bandung.

Essa, N. (2017). Aplikasi Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor (SBBGR) pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dalam Skala Laboratorium. *Skripsi.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment.* McGraw-Hill. New York.

Ødegaard, H., Z. Liao, A.T. Hansen. (2003). Coarse Media Filtration-An Alternative to Settling in Wastewater Treatment. *Water Science Technology* Volume 47 Nomor 12. 81-88.

Parasmita, B.N., W. Oktiawan, dan M. Hadiwidodo. (2013). Studi Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyisihan Parameter BOD5, COD dan TSS Lindi Menggunakan Biofilter Secara Anaerob-Aerob. *Jurnal Teknik Lingkungan* Volume 2 Nomor 1. 1-16.

Rusten, B., B. Eikebrokk, Y. Ulgenes, & E. Lygren. (2006). Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering* 34. 322-331.

Said, N.I., & T.I. Santoso. (2015). Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di Dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Jurnal Air Indonesia* Volume 8 Nomor 1. 33-46.

Said, N.I.. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Erlangga. Jakarta.

Zahra, L.Z. & I.F. Purwanti. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS* Volume 4 Nomor 1. D35-D39.