

ANALISIS EFISIENSI REMOVAL MBBR DALAM MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK

Ulvi Pri Astuti¹, Mikail Rahmadnegara²

^{1,2}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, PPNS
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo

E-mail: ulvipriastuti@ppns.ac.id

ABSTRAK

Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar pula jumlah air limbah yang dihasilkan. Air limbah yang tidak diolah dengan baik dapat mencemari lingkungan. Salah satu pengolahan yang bisa digunakan yaitu MBBR. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas MBBR dalam mengolah air limbah domestik. Parameter yang dianalisa dalam penelitian ini adalah COD, TSS, dan NH_3N . Penelitian dilakukan skala laboratorium dengan sistem batch. Proses seeding aklimatisasi berlangsung selama 63 hari. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak (2,3, dan 4 jam) dan rasio MFF (0,25 dan 0,5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin besar rasio MFF maka semakin besar efisiensi penyisihannya. Reaktor yang menghasilkan efisiensi penyisihan terbesar adalah R6 yaitu variasi waktu kontak 4 jam dan rasio MFF 0,5.

Kata Kunci: MBBR, Batch, Waktu Kontak, Air Limbah Domestik.

ABSTRACT

The greater the population, the greater the amount of wastewater generated. Wastewater that is not treated properly can pollute the environment. One of the treatments that can be used is MBBR. The purpose of this research is to analyze the effectiveness of MBBR in treating domestic wastewater. The parameters analyzed in this study were COD, TSS, and NH_3N . The research was conducted on a laboratory scale with a batch system. The acclimatization seeding process lasted for 63 days. The variations used in this study were variations in contact time (2, 3, and 4 hours) and MFF ratio (0.25 and 0.5). The results showed that the longer the contact time and the greater the MFF ratio, the greater the removal efficiency. The reactor that produces the largest removal efficiency is R6, which is a variation of contact time of 4 hours and MFF ratio of 0.5.

Keyword : MBBR, Batch, Contact Time, Domestic Wastewater.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 270,20 juta jiwa dengan rata – rata laju pertumbuhan jumlah penduduk selama 2010-2020 sebesar 1,25%/tahun dan kepadatan penduduknya sebesar 141 jiwa per km^2 [1]. Pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat seiring dengan adanya peningkatan limbah yang dihasilkan karena aktivitas tiap individu. Limbah yang tidak diolah dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan masyarakat [2]. Oleh karena itu diperlukan pengolahan air limbah yang tepat sesuai dengan karakteristik serta tidak membutuhkan lahan yang luas karena kepadatan penduduk yang juga makin tinggi.

Salah satu alternatif pengolahan limbah yang efektif dan tidak membutuhkan lahan luas adalah *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). MBBR merupakan modifikasi dari sistem ASP yang menggunakan kombinasi mikroorganisme terlekat sehingga lebih efektif daripada sistem konvensional [3]. Sistem ini menggunakan media bergerak sebagai

substrat untuk pertumbuhan biofilm, yang meningkatkan konsentrasi biomassa aktif dalam reaktor.

Hasil penelitian [4] mengenai efektivitas MBBR dalam mengolah air limbah domestik menunjukkan bahwa MBBR mampu meremoval BOD hingga 97%, COD hingga 95%, efisiensi removal nitrogen hingga 70%, Fosfor mencapai 60%, dan TSS hingga 93%. Kondisi operasional MBBR terbaik yaitu pada waktu kontak 8 jam dan OLR sebesar 1,2 kg COD/ m^3 /hari. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa MBBR merupakan teknologi yang tepat untuk mengolah limbah domestik di daerah yang lahannya terbatas tapi memerlukan efisiensi removal pengolahan tinggi.

Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja MBBR salah satunya adalah media. Pemilihan media yang tepat sangat berpengaruh pada efisiensi removal MBBR. Media Bioball adalah media yang sering digunakan pada pengolahan mikroorganisme terlekat. Keunggulan media bioball adalah memiliki luas permukaan spesifik yang besar yaitu (300-600) m^2/m^3 [5], porositas yang tinggi [6], bahannya dari plastik polietilen atau polypropylene yang tahan lama

[7] dan ringan sehingga mudah bergerak [8], dan yang terpenting efisiensi removal COD dapat mencapai 90% [9].

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis mengenai kemampuan media bioball dengan sistem MBBR dalam mengolah limbah domestik.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efisiensi pengolahan MBBR menggunakan media bioball dalam mengolah air limbah domestik.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Parameter yang dianalisis adalah COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$.
- Penelitian dilakukan dengan sistem Batch pada skala laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Seeding dan Aklimatisasi

Seeding adalah proses penambahan mikroorganisme ke dalam sistem pengolahan biologis atau proses menumbuhkan populasi mikroorganisme yang diinginkan [5]. Seeding berperan penting untuk memastikan adanya mikroorganisme yang tumbuh di dalam reaktor pengolahan biologis.

Aklimatisasi adalah proses adaptasi mikroorganisme terhadap kondisi lingkungan baru sesuai dengan karakteristik limbah [10]. Aklimatisasi bertujuan untuk beradaptasi dengan komposisi limbah dan meningkatkan efisiensi pengolahan secara bertahap. Aklimatisasi biasanya berlangsung (2-8) minggu tergantung pada karakteristik air limbah dan jenis mikroorganismenya. Aklimatisasi dikatakan berhasil apabila terdapat peningkatan efisiensi penyisihan kontaminan dan kinerja reaktor stabil yang ditandai dengan kondisinya steady state [5].

2.2 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Kinerja MBBR

Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja MBBR adalah sebagai berikut [11]:

- Karakteristik Media yang digunakan :
 - Luas permukaan spesifik media yang digunakan tinggi yaitu sebesar (300-1000 m^2/m^3) untuk memaksimalkan area pertumbuhan biofilm.
 - Media yang memiliki porositas lebih baik daripada yang tidak porous karena media yang berporos proses sirkulasi air dan nutrient bisa lancar.

- Tahap jangka panjang perlu dipertimbangkan mengenai ketahanan media (baik dari segi bahan, pembuatan, dll).
- Rasio Pengisian Media (MFF)
 - Rasio MFF berkisar (30-50) % disesuaikan dengan jenis air limbah yang digunakan.
 - Pantau pengaruh rasio pengisian terhadap efisiensi pengolahan dan konsumsi energi.
 - Aerasi dan Kecepatan Aliran
 - Atur kecepatan aerasi untuk mencapai sirkulasi media yang baik tanpa menyebabkan gesekan berlebihan pada media.
 - Pastikan distribusi oksigen merata di seluruh reaktor.
 - Hydraulic Retention Time (HRT)
 - Limbah domestik sebaiknya menggunakan HRT (3-8) jam.
 - Evaluasi trade-off antara efisiensi pengolahan dan kapasitas pengolahan.
 - Organic Loading Rate (OLR)
 - Mulai dengan OLR (5-10) $\text{kg COD}/\text{m}^3/\text{hari}$ dan sesuaikan berdasarkan kinerja reaktor.
 - Pantau respons sistem terhadap perubahan OLR untuk mengoptimalkan efisiensi.
 - Suhu
 - Pertahankan suhu operasi dalam rentang 20-35°C jika memungkinkan.
 - Pertimbangkan pengaruh variasi suhu musiman pada kinerja reaktor.
 - pH
 - Pertahankan pH dalam rentang 6,5-8,5 untuk mayoritas proses biologis.
 - Sesuaikan pH jika diperlukan untuk proses spesifik seperti nitrifikasi atau denitrifikasi.
 - Konsentrasi oksigen terlarut (DO)
 - Pertahankan DO di atas 2 mg/L untuk proses aerobik.
 - Pantau dan sesuaikan DO untuk mengoptimalkan nitrifikasi dan penghematan energi.

2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian mengenai evaluasi efisiensi MBBR dalam mengolah air limbah domestik menggunakan media poliuretan menunjukkan bahwa MBBR efektif dalam meremoval bahan organik dan nutrien. Penelitian dilakukan skala laboratorium dengan volume 20 L. Media biofilm yang digunakan memiliki luas area spesifik 500 m^2/m^3 . Hasil efisiensi MBBR dengan media poliuretan mampu menyisihkan COD hingga 95%, BOD hingga 97%,

TSS hingga 93%, penyisihan nitrogen mencapai 70%, dan Fosfor mencapai 60% [4].

3. METODE ANALISA

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk membuat reaktor MBBR adalah media bioball, aerator, diffuser, selang, dan jaring. Bahan yang digunakan adalah air limbah domestik.

3.2 Pembuatan Reaktor MBBR

Langkah – langkah dalam membuat Reaktor MBBR skala laboratorium dengan sistem Batch sebagai berikut :

- Menyambung selang – selang di pompa aerasi.
- Memasang *diffuser* di setiap ujung selang.
- Memasukan selang yang sudah dipasang batu aerasi kedalam wadah bakal reaktor.
- Mengisi wadah dengan air limbah.
- Mengisi wadah dengan media.
- Reaktor siap digunakan (Gambar 1).



Gambar 1. Reaktor MBBR Skala Lab.

3.3 Seeding Aklimatisasi

Seeding adalah proses menumbuhkan biofilm pada media yang digunakan. Seeding aklimatisasi yang dilakukan pada penelitian ini selama 63 hari. Volume udara yang diinjeksikan sebesar 65 L/menit.

3.4 Variasi Penelitian

Variasi penelitian ini adalah Rasio MFF dan lamanya waktu kontak dalam reaktor MBBR. Tabel 1. menjelaskan mengenai variasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Variasi Penelitian MBBR

Waktu Kontak (jam)	Rasio MFF	Kode Reaktor
2	0,25	R1
	0,5	R2
3	0,25	R3
	0,5	R4
4	0,25	R5
	0,5	R6

3.5 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik yang digunakan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakterik Air Limbah Domestik

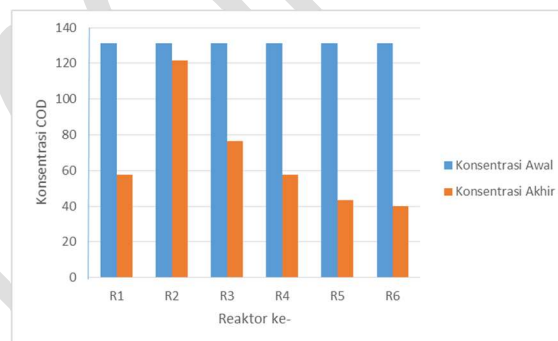
Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Baku Mutu*
COD	131,4	80
TSS	86,6	30
NH ₃ N	1	0,1

*PerGub Jatim No.72 Tahun 2013

4. PEMBAHASAN

4.1 Seeding dan Aklimatisasi

Proses seeding pada penelitian ini berlangsung selama 2 minggu dengan sistem batch. Seeding dikatakan berhasil jika sudah terdapat mikroba yang tumbuh pada media bioball. Hal tersebut dapat dilihat dari kemampuan mikroba dalam mengolah air limbah. Tahap seeding dihentikan jika sudah terlihat adanya penurunan konsentrasi organik. Hasil pengujian parameter COD tahap seeding terdapat pada Gambar 2.

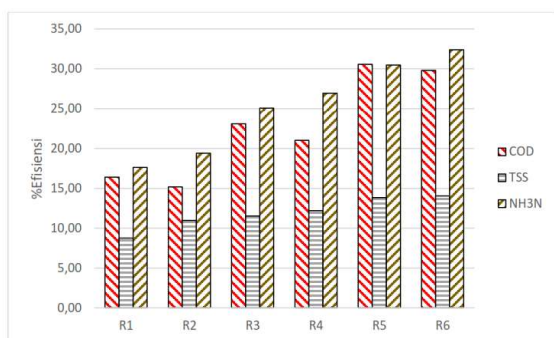


Gambar 2. Hasil Pengujian COD Tahap Seeding

Gambar 2. menjelaskan rata – rata keenam reaktor mikroba sudah tumbuh. Hal ini ditandai dengan konsentrasi COD yang sudah mulai turun. Konsentrasi COD yang paling banyak penurunannya yaitu pada R6. Hal ini menjelaskan bahwa semakin lama waktu kontak dan makin besar MFF proses penurunan konsentrasi COD juga makin besar.

4.2 Efektivitas MBBR dalam Mengolah Air Limbah Domestik

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air limbah domestik dengan konsentrasi organik sebesar 131,4 mg/L. Efektivitas MBBR dalam mengolah air limbah domestik dilihat dari efisiensi penyisihannya pada parameter COD, TSS, dan NH₃N. Hasil analisa efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efektivitas MBBR Mengolah Limbah Domestik

Gambar 3. menunjukkan bahwa persentase penyisihan untuk ketiga parameter tergolong rendah. Beberapa faktor yang menyebabkan efisiensi penyisihannya rendah adalah :

- Adanya senyawa toksik atau inhibitor sehingga dapat menghambat aktivitas biofilm [12]. Hal ini ditandai dengan terbentuknya gelembung busa berlebih di atas reaktor.
- Adanya akumulasi biomassa yang berlebih atau sloughing yaitu terjadinya pelepasan biofilm secara bersamaan sehingga menumpuk banyak dan dapat mengurangi efisiensi pengolahan[13].
- Rendahnya konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO). Kekurangan oksigen dapat menghambat aktivitas mikroorganisme aerobik [14]. Pada penelitian ini besaran oksigen yang diinjeksikan sebesar 65 L/menit dengan menggunakan set selang akuarium.

Secara keseluruhan hasil penelitian pada Gambar 3. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan terbesar dari ketiga parameter terdapat pada reaktor R6. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka efisiensi removalnya juga akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak air limbah dengan mikroba memberikan kesempatan mikroba untuk lebih lama mendegradasi polutan organik yang ada pada air limbah. Selain itu MFF menjadi faktor terpenting berikutnya. Hasil pada Gambar 3 juga menunjukkan MFF terbesar menghasilkan efisiensi terbesar. Semakin besar rasio MFF maka makin baik pengolahannya. Hal ini dikarenakan semakin banyak media yang terdapat pada reaktor pengolahan MBBR maka semakin banyak pula mikroba yang akan mendegradasi polutan organik yang terdapat pada air limbah.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah MBBR cukup efektif dalam mengolah air limbah domestik. Reaktor terbaik pada penelitian ini adalah R6 yaitu variasi waktu kontak 4 jam dengan MFF 0,5.

PUSTAKA

Daftar Pustaka yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Badan Pusat Statistik. (2021). Hasil Sensus Penduduk 2020. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- Shroff, K., & Vaidya, V. K. (2019). Treatment of municipal wastewater through moving bed biofilm reactor: A review. *Journal of Environmental Management*, 245, 356-367.
- Leyva-Díaz, J. C., Martín-Pascual, J., & Poyatos, J. M. (2017). Moving bed biofilm reactor to treat wastewater. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(4), 881-910.
- Punjabi, A., Amulya, K., Belagali, S. L., & Venkobachar, C. (2017). Efficiency of moving bed biofilm reactor for the treatment of domestic wastewater. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 36(6), 1693-1700.
- Ødegaard, H. (2006). Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process. *Water Science and Technology*, 53(9), 17-33.
- Barwal, A., & Chaudhary, R. (2020). Conventional MBBR versus hybrid MBBR (H-MBBR): A critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 44909-44929.
- Wang, X. J., Xia, S. Q., Chen, L., Zhao, J. F., Renault, N. J., & Chovelon, J. M. (2006). Nutrients removal from municipal wastewater by chemical precipitation in a moving bed biofilm reactor. *Process Biochemistry*, 41(4), 824-828.
- Fazolo, A., Vieira, J. A. V., Foresti, E., & Zaiat, M. (2021). Attached biomass growth on different support materials in a moving bed biofilm reactor treating domestic wastewater. *Environmental Technology*, 42(16), 2521-2532.
- Hoang, V., Delatolla, R., Abujamel, T., Mottawea, W., Gadbois, A., Laflamme, E., & Stintzi, A. (2014). Nitrifying moving bed biofilm reactor (MBBR) biofilm and biomass response to long term exposure to 1° C. *Water Research*, 49, 215-224.
- Bassin, J. P., Kleerebezem, R., Dezotti, M., & van Loosdrecht, M. C. (2012). Simultaneous nitrogen and phosphate removal in aerobic granular sludge reactors operated at different temperatures. *Water Research*, 46(12), 3805-3816.
- Wu, Y., Zhu, W., & Lu, X. (2021). Identifying the key operational parameters in moving bed biofilm reactor (MBBR): A review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 20(1), 61-79.
- Yogalakshmi, K. N., & Joseph, K. (2010). Effect of transient sodium chloride shock loads on the performance of submerged membrane bioreactor. *Bioresource Technology*, 101(18), 7054-7061.
- Falås, P., Andersen, H. R., Ledin, A., & la Cour Jansen, J. (2012). Impact of solid retention time and nitrification capacity on the ability of activated sludge to remove pharmaceuticals. *Environmental Technology*, 33(8), 865-872.
- Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., & Lygren, E. (2006). Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 322-331.