

# PROSES *OXIC-ANOXIC MOVING BED BIOFILM REACTOR* (MBBR) UNTUK PENYISIHAN PARAMETER COD

Tuhu Agung Rachmanto, Valentino Rizkiar Pradana

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
E-mail: [tuhu.tl@upnjatim.ac.id](mailto:tuhu.tl@upnjatim.ac.id)

## ABSTRAK

Air limbah domestik terbagi menjadi *black water* dan *grey water*. Lumpur tinja (*septage/faecal sludge*) adalah gumpalan lumpur, busa, dan cairan yang dipompa asal sistem pengolahan secara on-site sanitation. Galat satu proses pengolahan yang bisa digunakan buat memproses lumpur tinja adalah, *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Pada penelitian ini menggunakan MBBR memakai media *kaldness* K5 dan menggunakan volume air limbah 10 L. Adapun bakteri yang digunakan ialah bakteri starter EM 4. Variabel bebas dalam penelitian ini ialah konsentrasi limbah yaitu 30%, 60%, serta 90%, Volume isian media yaitu 15%, 30% serta 45% serta waktu tinggal ,6,9,12 dan 15 jam. Parameter yang dianalisa ialah COD. dalam Penelitian ini, dilakukan proses pendahuluan terlebih dahulu yaitu proses seeding serta aklimatisasi, kemudian dilanjutkan menggunakan proses penelitian primer. Dari hasil penelitian dapat diketahui volume isian dengan persen removal terbaik terdapat pada volume isian media 45% mampu menurunkan COD sebesar 89,64%, TDS sebesar 79,64%, dan NH<sub>3</sub>-N sebesar 95,76%. Adapun variasi waktu tinggal selama 15 jam yang terbagi 7,5 jam *Oxic* dan 7,5 jam *Anoxic*, menghasilkan persen removal yang paling optimum.

**Kata Kunci:** MBBR, COD, Lumpur Tinja

## ABSTRACT

Domestic waste water consists of *black water* and *gray water*. Sludge review (*septage/faecal sludge*) is a collection of sludge, foam, and liquid that is sucked up from the on-site sanitation treatment system. One of the processing processes that can be used to treat sludge is the *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). In this study, MBBR was used with *K5 kaldness* media with a volume of 10 L of waste water. The bacteria used were EM 4 starter bacteria. The independent variables in this study were the concentration of waste, namely 30%, 60%, and 90%, the media filming volume, namely 15 %, 30% and 45% and residence times of 3,6,9,12 and 15 hours. The parameter analyzed is COD. In this study, a preliminary process was carried out, namely the process of seeding, acclimatization, then continued with the main research process. From the research results, it can be seen that the filling volume with the best percent removal is at 45% media volume which can reduce COD by 89.64%, TDS by 79.64%, and NH<sub>3</sub>-N by 95.76%. While the variation of residence time for 15 hours divided into 7.5 hours *Oxic* and 7.5 hours *Anoxic*, resulted in the most optimal tool removal.

**Keyword:** MBBR, , COD, Fecal Sludge

## PENDAHULUAN

Limbah domestik terbagi menjadi 2 jenis yaitu *black water* serta *grey water*. *Black water* artinya air limbah mengandung kotoran manusia, *grey water* artinya air limbah bersumber dari air mandi bukan toilet, dapur, dan lain-lain (Purwatinigrum, 2018). Lumpur tinja (*black water*) sendiri merupakan sumber pencemar yang terdiri dari material organik dan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan lainnya. Untuk pengolahan awal (pre- treatment) lumpur tinja menggunakan tangki septik (*septic tank*) pada masing-masing tempat tinggal. Namun permasalahannya, tangki septik mempunyai kapasitas yang terbatas, akibatnya pengurasan lumpur tinja harus segera dilakukan agar tangki septik berfungsi kembali sebagaimana mestinya. Hal ini secara langsung akan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar (Putra, 2020).

Berdasarkan PUPR, ada parameter seperti BOD, COD, TSS, TDS dan NH<sub>3</sub>N yg perlu dilakukan *treatment* terlebih dahulu sebelum disalurkan ke badan air atau sungai. Standart mutu untuk limbah tinja yaitu mengacu di Pergub Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Salah satu proses *treatment* yang mampu dipergunakan buat mengolah lumpur tinja ialah, *Moving Bed Biofilm Reactor* atau MBBR merupakan salah satu unit *treatment* biologis yg memanfaatkan *biofilm* yaitu menggunakan sistem *fluidized attached growth* (mikroorganisme tumbuh dan berkembangbiak di media) (E. Metcalf & Eddy, 2014). *Treatment* menggunakan MBBR hanya membutuhkan lahan terbatas sehingga mampu meminimalkan kebutuhan luas lahan buat instalasi pengolahan limbah. Penelitian sebelumnya menurut chen 2007, berkata bahwa MBBR menggunakan sistem aerobik-anoksik efektif buat

meremoval COD serta amonium, dimana total removal buat COD mencapai 95% dan removal amonium mencapai 97%. Efisiensi removal nitrogen dalam bentuk ammonia dan nitrat melalui proses *oxic-anoxic* yaitu mencapai 80%.

Menurut latar belakang yang telah dijabarkan, peneliti tertarik untuk meneliti potensi MBBR dalam menurunkan parameter pencemar. Sehingga nantinya bisa digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah tinja skala rumah tangga.

## METODE

### Alat dan Bahan

Bahan :

1. Limbah Tinja dari IPLT Keputih Surabaya.  $\pm$ 150 Liter
2. Media kaldness K5 yang terbuat dari bahan plastik (HDPE)
3. EM 4 (1 Liter)
4. Glukosa
5. Pupuk NPK

Alat yang harus dipersiapkan meliputi :

1. 3 Unit MBBR 10 L
2. 1 Bak awal kapasitas 60 L
3. 1 Bak debit kapasitas 60 L
4. 4 Pompa *submersible*
5. 3 Aerator
6. 6 Batu aerator
7. Kran cabang aerator
8. Selang bening aerator
9. Kran kompresor ukuran  $\frac{1}{4}$  inch

### Cara Kerja

#### A. Tahap Awal

Pada tahap ini mempersiapkan alat dan bahan serta dilakukan analisis karakteristik awal pada limbah tinja yang akan digunakan. Analisis awal pada limbah tinja bertujuan untuk mengetahui kadar COD awal sebelum dilakukan proses pengolahan dan juga digunakan untuk mengetahui perubahan kadar COD setelah proses pengolahan dengan memakai *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) serta menggunakan *microbubble pump*.

#### B. Proses *Batch* (*Sedding* & Aklimatisasi)

*Seeding* pada penelitian ini dilakukan untuk menegembangkan mikroorganisme yang siap dipakai ketika proses MBBR berlangsung. Tahap *seeding* dilakukan secara *batch* dan diperhatikan setiap hari, hingga di biofilm terlihat lapisan lendir

berwarna agak coklat-coklatan serta tidak simpel lepas dari media, maka dapat dipastikan bahwa sudah tumbuh mikroorganisme di media (Metcalf & Eddy, 2003). Menurut Marieta & Netti (2018) tahap *seeding* dikatakan berhasil apabila biofilm pada media dapat dilihat secara visual. Mikroorganisme memerlukan nutrisi berupa rasio COD : N : P supaya dapat tumbuh dengan baik. Nilai rasio COD : N : P yang diberikan untuk mikroorganisme ini yaitu sebesar 100 : 5 : 1 untuk aerob.

Aklimatisasi dilakukan secara *batch* pada reaktor sesuai dengan variasi volume isian media yang ditetapkan yaitu 15%, 30% dan 45%. Aklimatisasi ialah proses adaptasi mikroorganisme untuk proses pada lingkungan yang baru. Prinsip kerja aklimatisasi adalah dengan memasukkan air limbah ke dalam reaktor secara bertahap yakni 30%, 60%, dan 90% air limbah. Menurut Herald (2010) selesainya aklimatisasi pada saat kondisi stabil, apabila naik dan turunnya penyisihan nilai COD yakni saat tidak melebihi 10% yang artinya mikroorganisme siap digunakan pada tahap berikutnya.

#### C. Proses *Continue* (Penelitian Utama)

Penelitian utama berlangsung secara *continue* dan dimulai setelah proses aklimatisasi selesai. Pada penelitian secara *continue* dilakukan untuk mendapatkan kemampuan reaktor MBBR dalam mengolah limbah tinja, volume isian media dan waktu tinggal mana yang paling efektif. Variasi volume isian media yang pakai yaitu 15 %, 30 % dan 45 % dari volume air limbah, untuk jenis biofilm yang dipakai pada penelitian ini yakni kaldnes K5.

Waktu tinggal yang dipakai di penelitian ini diantaranya 3, 6, 9, 12, dan 15 jam. kondisi aerob berjalan menyalakan bubble aerator dan pompa microbubble serta menjaga nilai DO supaya nilainya  $>2$  mg/L, sesudah itu dilanjutkan menggunakan kondisi anoksik menggunakan pompa *submersible* saja serta nilai DO dijaga supaya berada pada  $<2$  mg/L.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Seeding dan Aklimatisasi

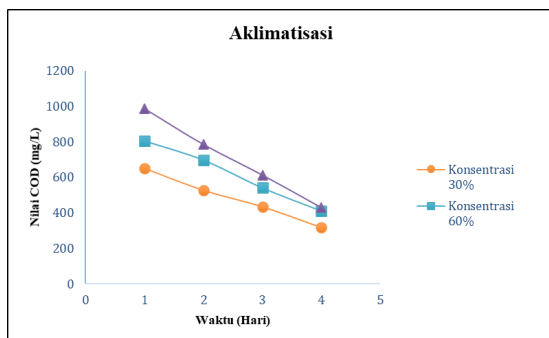
Berikut adalah hasil pembahasan mengenai tabel pengaruh waktu aklimatisasi dan konsentrasi limbah terhadap penyisihan COD.

**Tabel 3.** Pengaruh Waktu Aklimatisasi dan Konsentrasi Limbah Terhadap Penyisihan COD (mg/L)

Konsentrasi Limbah (%)	Waktu (Hari)			
	1	2	3	4
30	652	528	435	318
60	806	698	542	412
90	986	785	613	430

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dilakukan pengujian nilai COD setiap satu hari sekali selama proses aklimatisasi berlangsung, suoaaya menegetahui nilai COD sudah mampu teremoval atau belum. Menurut penelitian yang dilakukan Rahayu (2018) aklimatisasi disebut berhasil bila penurunan COD telah stabil (steady state) dan efisiensi penyisihan COD mencapai 50% asal konsentrasi awal, namun di penelitian ini tahap aklimatisasi disebut terselesaikan pada waktu kondisi *steady state* serta penyisihan COD mencapai 50%. Berikut merupakan grafik hasil dari aklimatisasi pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hubungan Waktu Aklimatisasi dengan Konsentrasi Limbah terhadap Penyisihan Nilai COD

**Dampak Waktu Tinggal dan Volume Isian Media Untuk Meremoval COD**

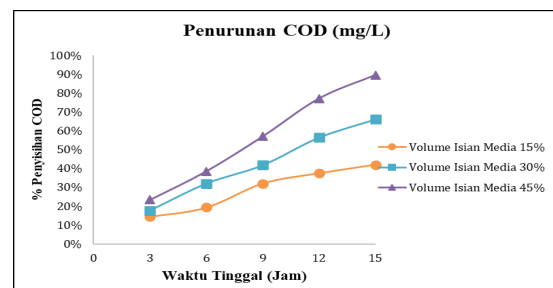
COD merupakan parameter yang diolah pada penelitian kali ini, karena apabila kadarnya tinggi dan dibiarkan secara langsung dibuang ke badan air berdampak bahaya untuk biota air yang ada dan berdampak pencemaran lingkungan. Berikut adalah hasil setelah melalui proses, parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini :

**Tabel 4.** Dampak Waktu Tinggal dan Volume Isian Media Terhadap Penurunan % Removal COD (mg/L)

Volume Isian Media (%)	Waktu Tinggal (Jam)				
	3 (Oxic 1,5 Jam & Anoxic 1,5 Jam)	6 (Oxic 3 Jam & Anoxic 3 Jam)	9 (Oxic 4,5 Jam & Anoxic 4,5 Jam)	12 (Oxic 6 Jam & Anoxic 6 Jam)	15 (Oxic 7,5 Jam & Anoxic 7,5 Jam)
0.15	14.45	19.38	32.08	37.51	42.02
0.3	17.63	32.00	41.77	56.47	66.17
0.45	23.39	38.60	57.06	77.19	89.64

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Analisis penyisihan COD dimulai pada saat tahap aklimatisasi selesai dikarenakan kondisi reaktor sudah berada pada keadaan steady state. Penelitian ini mempelajari pengaruh waktu tinggal dan volume isian media sebagai variable bebas. Kemudaian terdapat variable kontrol yaitu DO, Suhu, serta pH, dikarenakan buat proses oxic dan anoxic memiliki range kriteria yg sudah ditentukan agar proses pengerjaan dapat dilakukan secara optimal. Pembahasan dampak waktu tinggal dan volume isian media disajikan pada Gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 2.** Hubungan Waktu Tinggal dengan Volume Isian Media dengan % Penurunan COD (Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Grafik diatas menggambarkan persentase penyisihan kadar COD dari masing masing variabel yang telah dihubungkan satu sama lain. Dari grafik diatas dapat dilihat persentase penurunan kadar COD menggunakan MBBR dengan proses oxic-anoxic yang paling optimum dari semua variabel adalah pada volume isian media 45 % dan pada waktu tinggal 15 jam (Oxic 7,5 jam – Anoxic 7,5 jam) sebesar 89,64% dengan kadar COD sebesar 124 mg/L, sedangkan persentase penurunan kadar COD yang paling minimum adalah 14,45% pada volume isian media 15% dan pada waktu tinggal 3 jam (Oxic 1,5 jam – Anoxic 1,5 jam) dengan kadar COD sebesar 1024 mg/L. Namun asal hasil yang paling optimum belum dapat memenuhi baku mutu yang digunakan yaitu peraturan kementerian lingkungan hayati angka 68 tahun 2016, hal ini

terjadi sebab kurangnya waktu tinggal yang ditetapkan sehingga proses penguraian beban organik kurang maksimal.

Pada volume isian media 15% terdapat persentase penurunan kadar COD yang paling optimum sebesar 42,02%, sedangkan persentase penurunan kadar COD terkecil yaitu sebesar 14,45%. Pada volume isian media 30% terdapat persentase penurunan kadar COD yang paling optimum sebesar 66,17%, sedangkan persentase penurunan kadar COD terkecil yaitu sebesar 17,63%. Pada volume isian media 45% terdapat persentase penurunan kadar COD yang paling optimum sebesar 89,64%, sedangkan persentase penurunan kadar COD terkecil sebesar 23,39%.

Pada unit MBBR bisa dipresentasikan bahwa semakin usang waktu tinggal maka % penurunan COD akan semakin tinggi. kondisi itu terjadi sebab semakin lama waktu tinggal maka semakin lama saat kontak antara biofilm menggunakan air limbah, sebagai akibatnya bakteri mempunyai kapasitas yg lebih tinggi buat kontak dengan air limbah serta mereduksi parameter yg ada (Jaafari, et al., 2017).

Kemudian pada waktu tinggal oxic menghasilkan persentase penurunan COD yang lumayan baik, dikarenakan semakin lama saat oxic kebutuhan oksigen yg didapatkan menjadi lebih, sebagai akibatnya ketika syarat anoxic berlangsung oksigen yang diharapkan masih terpenuhi (Aljumriani, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Huda (2017) waktu oxic yang lebih lama yaitu 36 jam dan anoxic 9 jam mampu meremoval COD sebesar 78,78%, sedangkan pada waktu oxic 9 jam dan anoxic 36 jam COD yang berhasil diremoval adalah 46,02%. Ketika waktu tinggal oxic yang lebih panjang mempunyai kemampuan yang sangat baik buat mereduksi zat organik melalui oksidasi organik (Chen, et al., 2008).

Volume isian media 45% berhasil mereduksi parameter COD lebih baik dibandingkan menggunakan variasi volume isian media yg lain. Hal tadi disebabkan semakin besar variasi volume isian media yang digunakan maka semakin besar juga luas bagian atas media dan persentase ruang kosong yang ada. Luas media serta persentase ruang kosong mengakibatkan faktor penting yang mensugesti sebuah media, karena jika semakin

besar luas media serta ruang kosong maka akan semakin tinggi jumlah mikroorganisme yang melekat serta tumbuh pada media (Aulia, et al., 2019).

## KESIMPULAN

Dari proses pengerjaan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa reaktor MBBR dalam megolah limbah tinja mampu mendegradasi parameter organik, dengan ketiga variasi volume isian yang ditetapkan. volume isian dengan persen removal terbaik terdapat pada volume isian media 45% mampu menurunkan COD sebesar 89,64%. Adapun variasi waktu tinggal selama 15 jam yang terbagi 7,5 jam Oxic dan 7,5 jam Anoxic, menghasilkan persen removal yang paling optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, S., Sun, D. & Chung, J. S., 2007. *Treatment of Pesticide Wastewater by Moving Bed Biofilm Reactor Combined with Fenton-Coagulation Pretreatment*. J Hazard Mater.
- Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat. (2018). *Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja*.
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 5th Edition. McGraw-Hill Education.
- Nusa, I. S. & Dinda, R. K. H., 2015. Pengolahan Air Lindi dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi. Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT, Volume JAI Vol 8 No. 1.
- Purwatiningrum, Oktina (2018). "Gambaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal Di Kelurahan Simokerto Kecamatan Simokerto Kota Surabaya." *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 10.2 (2018): 243-253.
- Putra, F. P. (2020). Study of Treatment Process Improvement of Fecal Sludge in Surabaya City and Optimization for The Management Retribution. Thesis. Environmental Engineering. Institute of Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Rahayu, R., 2018. Penyisihan Konsentrasi COD dalam Proses Seeding dan Aklimatisasi Secara Anaerob Dengan Sistem Curah

Menggunakan Fluidize Bed Reactor.  
Seminar Nasional Sains dan Teknologi.

Sya'bani, M. R. (2013). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Hidraulik terhadap Efisiensi Penyisihan Amoniak (NH<sub>3</sub>) dalam Air Limbah Domestik Pada Sistem Moving Bed Biofilm Reactor, Thesis, Universitas Mulawarman.

Syahrin, A., Andrio, D. & Veronika, N., 2016. Proses Seeding dan Aklimatisasi untuk

Pengolahan Anaerob Limbah Cair Produksi Kelapa Sawit. Jom F TEKNIK, Volume Vol 3 No 2.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., dan Stensel, H. D. (2003). "Wastewater Engineering Treatment and Reuse," Boston, US: McGraw-Hill Higher Education.