

Analisis Seeding dan Aklimatisasi pada Anaerobic Baffled Reactor – Anaerobic Biofilter (ABR – AF)

Livia Armesta¹, Mirna Apriani^{1*}, Ulvi Pri Astuti¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: mirna.apriani@ppns.ac.id

Abstrak

Air limbah domestik memiliki konsentrasi TSS dan COD sebesar 700 mg/L dan 2.857,6 mg/L yang dapat merusak keseimbangan ekosistem perairan. Nilai tersebut melebihi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat menyisihkan konsentrasi TSS dan COD adalah *anaerobic baffled reactor – anaerobic biofilter* (ABR – AF). Salah satu faktor penting dalam proses *batch seeding* adalah keseimbangan antara bahan organik dan jumlah mikroorganisme (rasio F/M). Tujuan penelitian ini melakukan proses *seeding* dan aklimatisasi menggunakan ABR – AF hingga fluktuasi penyisihan konsentrasi COD <10%. Jenis lumpur yang digunakan sebagai media biakan tersuspensi adalah lumpur tangki septik dan media biakan tercelup adalah *kaldness* (K1). *Seeding* dilakukan selama 7 hari secara *batch* dan aklimatisasi selama 14 hari dengan proses *feeding* setiap 2 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan proses *seeding* mampu meningkatkan konsentrasi MLSS hingga 2.450 mg/L dan rasio F/M selama proses aklimatisasi berkisar 0,243 – 0,528 yang telah memenuhi standar untuk pengolahan biologis.

Keywords: *Seeding*, Aklimatisasi, *Anaerobic Baffled Reactor*, *Anaerobic Biofilter*, Rasio F/M

1. PENDAHULUAN

Air limbah domestik merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti air buangan sisa makanan dan pencucian peralatan makanan. Air limbah domestik restoran memiliki konsentrasi TSS dan COD air limbah domestik sebesar 700 mg/L dan 2.857,6 mg/L. Konsentrasi padatan dan zat organik yang tinggi dalam air limbah domestik dapat membahayakan lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan secara biologis menggunakan *anaerobic baffled reactor – anaerobic biofilter* (ABR – AF).

ABR – AF adalah kombinasi dari pengolahan biologis yang memanfaatkan media biakan tersuspensi (*suspended growth*) dan media biakan tercelup (*attached growth*). ABR – AF memiliki keunggulan seperti operasional pengolahan mudah dan murah, memiliki waktu retensi lumpur yang panjang, stabil terhadap *shock loading*, dan dapat mengolah variasi karakteristik air limbah (Hastuti dkk., 2017). Tahapan sebelum pengolahan menggunakan ABR – AF adalah proses menumbuhkan mikroorganisme (*seeding*) dan proses pengadaptasian mikroorganisme (aklimatisasi). Faktor yang berpengaruh pada keberhasilan proses *seeding* ABR secara anaerobik adalah konsentrasi substrat optimum. Kandungan nutrisi yang dibutuhkan untuk proses anaerob yaitu COD : N : P sebesar 100 : 5 : 1 (Permatasari dkk., 2018).

Media biakan tersuspensi dan tercelup yang digunakan adalah lumpur aktif dari tangki septik dan *kaldness* (K1). Lumpur aktif tangki septik mengandung mikroorganisme yang dapat mengurai senyawa organik. *Kaldness* memiliki luas permukaan sebesar 500 m²/m³ (Said & Sya'bani, 2014). Pemanfaatan media tersebut diharapkan dapat menyisihkan konsentrasi pencemar dalam air limbah domestik. Tujuan penelitian ini untuk melakukan *seeding* dan aklimatisasi air limbah hingga fluktuasi konsentrasi COD < 10%. Ananda dkk (2017) menyatakan bahwa fluktuasi penyisihan COD <10 % proses anaerob terjadi pada hari ke – 11.

2. METODE

2.1. Material

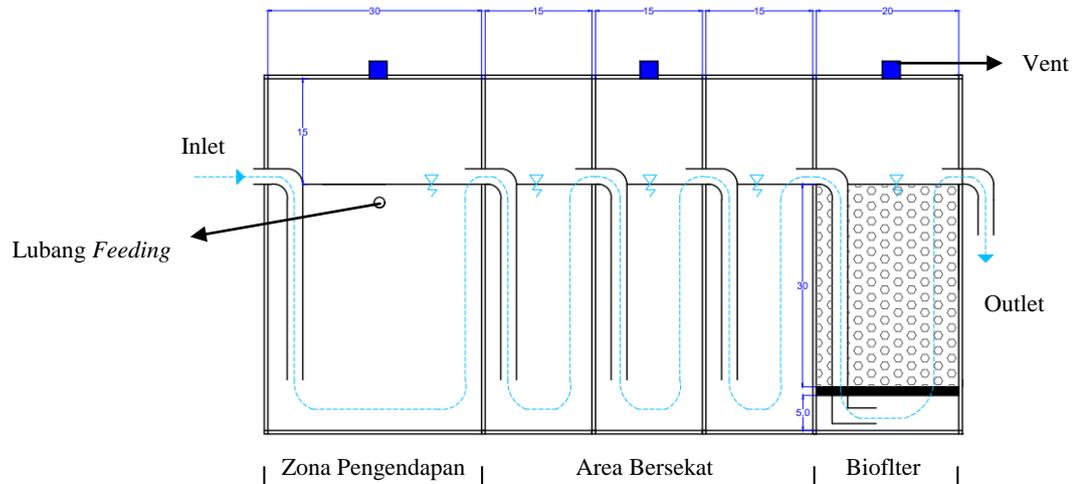
Material yang digunakan dalam penelitian yaitu air limbah, reaktor, starter dan nutrisi, dan media biofilter seperti uraian berikut :

A. Air Limbah

Air limbah yang digunakan adalah air limbah yang berasal dari kegiatan dapur restoran Kota Surabaya, Jawa Timur

B. Reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk balok bersekat dengan ukuran 95 cm x 35 cm x 50 cm. Reaktor ABR – AF yang digunakan terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Reaktor ABR - AF

C. Starter dan Nutrisi

Starter yang digunakan adalah bakteri EM₄ toilet dari PT Songgolangit Persada. Pemenuhan nutrisi yang digunakan untuk menunjang pengolahan adalah gula merah, pupuk urea petro, dan pupuk MKP Pak Tani. Pupuk Urea Petro untuk pemenuhan kebutuhan nitrogen dan pupuk MKP untuk pemenuhan kebutuhan fosfor.

D. Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan adalah kaldness (K1) yang memiliki luas permukaan 500 m²/m³ (Said & Sya'bani, 2014).

2.2. Prosedur Percobaan

A. Seeding

Seeding adalah tahap pengembangbiakan mikroorganisme di dalam air limbah. Proses seeding dilakukan dengan penambahan starter bakteri *Effective Microorganism* (EM₄) dan penambahan nutrisi berupa gula merah, pupuk urea petro, dan pupuk MKP Pak Tani. Penelitian ini menggunakan 92 L air limbah sehingga memerlukan 92 mL EM₄ dan 6,89 mL gula merah cair. Komposisi penambahan nutrisi untuk menyediakan makanan bagi mikroorganisme adalah COD : N : P = 100 : 5 : 1 (Permatasari dkk., 2018). Kadar nitrogen pupuk Urea Petro sebesar 46% dan kadar fosfor pupuk MKP Pak Tani sebesar 52% sehingga kebutuhan pupuk urea petro dan pupuk MKP Pak Tani pada penelitian ini sebesar 352,22 mg/L dan 57,54 mg/L. Proses pengamatan *seeding* unit ABR dilakukan setelah proses *batch* 7 hari terhadap parameter MLSS. Proses pengamatan pada unit AF dilakukan secara visual. Pengamatan visual dilakukan hingga timbul lapisan lendir berwarna hitam kecoklatan serta tidak mudah terlepas dari media (Filliazati, 2013).

B. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian mikroorganisme agar dapat beradaptasi terhadap air limbah yang akan diolah. Aklimatisasi dilakukan dengan cara menambahkan air limbah dengan konsentrasi 100% secara intermiten dengan waktu operasional 3 jam/hari dan *feeding* nutrisi setiap 2 hari. Indikasi proses aklimatisasi telah mencapai kondisi *steady state* apabila fluktuasi penyisihan konsentrasi COD <10% (Ananda dkk., 2017).

2.3. Metode Analisis Parameter

Analisis parameter COD mengacu pada SNI 6989.73 : 2019 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand / COD*) dengan refluks tertutup secara titrimetri. Analisis parameter MLSS mengacu pada SNI 6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri. Perhitungan COD dan MLSS mengacu pada persamaan berikut :

$$\text{COD} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{mL contoh uji}} \quad (1)$$

$$\text{TSS} = \frac{(C-D) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahap Seeding Bakteri

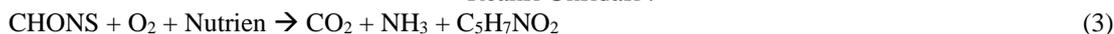
Seeding dilakukan secara *batch* selama 7 hari. Hal tersebut bertujuan untuk memperbanyak jumlah mikroorganisme. Selama proses *seeding*, dilakukan penambahan starter EM4 untuk mempercepat proses metabolisme pembentukan mikroorganisme. Selain itu, penambahan nutrisi berupa gula merah, pupuk urea petro, dan pupuk MKP Pak Tani dilakukan pada saat awal proses *seeding*. Hal itu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan karbon, nitrogen, dan fosfor. Proses pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi (Laksono, 2012). Pengamatan terhadap parameter MLSS dan COD dilakukan pada saat awal dan akhir proses *seeding* unit ABR yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengamatan MLSS dan COD *Seeding*

| Parameter | Satuan | Sebelum | Sesudah | %Efisiensi |
|-----------|--------|-----------|---------|------------|
| MLSS | mg/L | 550 | 2.450 | 77,55 |
| COD | mg/L | 2.867,925 | 603,774 | 78,95 |

Tabel 1 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi MLSS sekaligus penurunan konsentrasi bahan organik COD. Peningkatan MLSS sebagai biomassa yang mengandung mikroorganisme mengoksidasi bahan organik COD sebagai makanan kemudian digunakan sebagai nutrisi untuk proses metabolisme mikroorganisme. Reaksi oksidasi dan sintesis sel yang terjadi dalam lumpur aktif seperti berikut (Sari dkk., 2013) :

Reaksi Oksidasi :



Reaksi Sintesis / Respirasi :



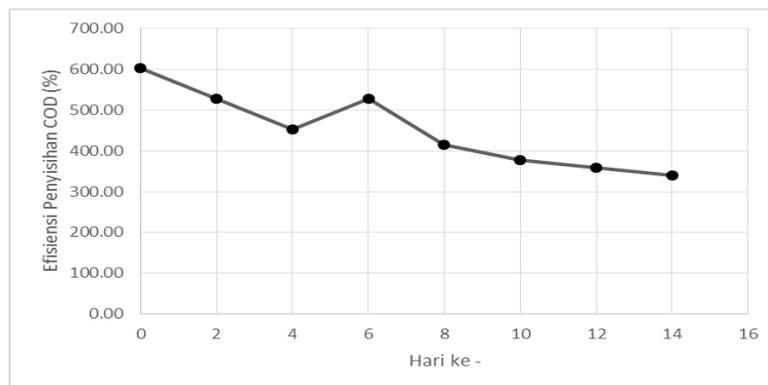
Pengamatan pertumbuhan mikroorganisme pada unit AF dilakukan secara visual. Pertumbuhan mikroorganisme ditandai dengan adanya perubahan warna dan lendir (*biofilm*) pada media kaldness (K1). Media kaldness yang telah ditumbuhi mikroorganisme terdapat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Pengamatan Biofilm pada Media Kaldness (K1)

3.2. Tahap Aklimatisasi Bakteri

Aklimatisasi bertujuan untuk mendapatkan suatu kondisi mikroorganisme yang stabil. Proses aklimatisasi sebagai fase adaptasi mikroorganisme dilakukan pengamatan MLSS dan COD yang dilakukan setiap 2 hari. Hal ini bertujuan untuk memastikan keseimbangan antara jumlah makanan dan mikroorganisme. Penurunan konsentrasi COD menunjukkan keaktifan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik (COD) air limbah domestik. Tahap aklimatisasi pada penelitian ini dilakukan selama 14 hari hingga efisiensi penyisihan COD relatif konstan (<10%) (Ananda dkk., 2017). Fluktuasi efisiensi penyisihan COD terdapat pada **Gambar 3**.

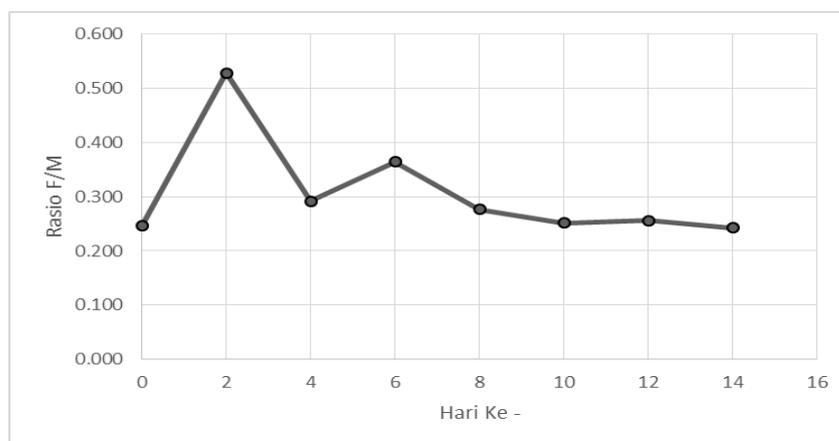


Gambar 3. Fluktuasi Efisiensi Penyisihan COD

Gambar 3 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi COD pada hari ke – 6. Hal ini berkaitan dengan menurunnya aktivitas mikroorganisme dalam air limbah. Penurunan konsentrasi COD disebabkan terjadinya proses degradasi bahan organik sebagai nutrisi atau makanan bagi mikroorganisme (Rachmawati dkk., 2022). Fluktuasi efisiensi penyisihan COD dalam 3 hari terakhir pada proses aklimatisasi tidak lebih dari 10%.

Fluktuasi penyisihan terjadi akibat adanya mikroorganisme aktif ikut keluar bersama dengan efluen. Selain itu, biofilm pada media kaldness mengalami proses *sloughing*. Proses *sloughing* merupakan mekanisme pengelupasan biofilm yang disebabkan adanya kondisi hidrodinamik akibat perubahan debit air limbah (Direstiyani, 2016).

Food to microorganism (Rasio F/M) merupakan indikator keseimbangan proses degradasi bahan organik sekaligus sebagai kontrol jumlah kuantitas mikroorganisme dalam mengolah bahan organik (Hartaja & Setiadi, 2016). Pada penelitian ini, nilai *food* (F) ditunjukkan oleh besaran nilai COD dan nilai MLSS sebagai indikator mikroorganisme (M). Rasio F/M selama proses aklimatisasi ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Aklimatisasi terhadap Rasio F/M

Gambar 4 menunjukkan rasio F/M pada hari ke – 2 sebesar 0,528. Nilai ini melebihi standar rasio F/M pengolahan biologis. Hal tersebut disebabkan nilai COD yang masih cukup tinggi dalam air limbah. Standar rasio F/M sebesar 0,2 – 0,5 dan semakin kecil nilai rasio F/M menunjukkan pengolahan semakin efisien (Ningtyas, 2015). Rasio F/M berkaitan dengan fase pertumbuhan mikroorganisme. Masa pengadaptasian menunjukkan mikroorganisme berada dalam fase eksponensial menuju fase pertumbuhan stasioner. Fase stasioner pertumbuhan mikroorganisme terjadi pada aklimatisasi nilai hari ke – 10. Rasio F/M terbaik terjadi pada hari ke – 10 sebesar 0,252. Penurunan COD maksimum sebesar 86,84% dapat dicapai pada hari ke – 10 kemudian mencapai kondisi *steady state* (Soeprijanto dkk., 2007).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses penumbuhan mikroorganisme (*seeding*) membutuhkan waktu selama 7 hari ditandai peningkatan MLSS hingga 2.450 mg/L pada unit ABR dan munculnya lendir pada media kaldness (K1).
2. Proses aklimatisasi membutuhkan waktu 14 hari hingga mencapai kondisi *steady state* dengan fluktuasi efisiensi penyisihan COD <10%.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih oleh penulis disampaikan pihak restoran Kota Surabaya yang telah memberikan izin dalam melakukan sampling air limbah dan alumni PL 2015 yang telah memberikan beasiswa tugas akhir sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar.

6. DAFTAR NOTASI

| | |
|------|--|
| MLSS | = <i>Mixed Liquor Suspended Solid</i> (mg/L) |
| COD | = <i>Chemical Oxygen Demand</i> (mg/L) |
| A | = Volume FAS yang dibutuhkan blanko (mL) |
| B | = Volume FAS yang dibutuhkan sampel (mL) |
| C | = Berat kertas saring + residu kering (mg) |
| D | = Berat kertas saring (mg) |
| 8000 | = Berat miliekuivalen oksigen x 1000 mL/L |

7. DAFTAR PUSTAKA

- Ananda dkk. (2017). Seeding dan Aklimatisasi pada Proses Anaerob Two Stage System menggunakan Reaktor Fixed Bed. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 6(1), 1–9.
- Direstiyani. (2016). *Kajian Kombinasi Anaerobic Baffled Reactor (ABR) - Anaerobic/Aerobic Biofilter (AF) untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Filliazati. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Hartaja, & Setiadi. (2016). Perencanaan desain instalasi pengolahan limbah industri nata de coco dengan proses lumpur aktif. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(2), 97–112.
- Hastuti dkk. (2017). Pengembangan Porses pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Jurnal Permukiman*, 12(2), 70–79.
- Laksono. (2012). Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Ningtyas. (2015). Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif. *Jurusan Teknik Kimia, ITB, Desember*, 1–11.
- Permatasari dkk. (2018). Treating domestic effluent wastewater treatment by aerobic biofilter with bioballs medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 106(1).
- Rachmawati dkk. (2022). Penurunan Konsentrasi COD Limbah Batik Pada Proses Seeding dan Aklimatisasi Menggunakan Material Preservasi Mikroorganisme (MPMO). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(1), 73–82.
- Said, & Sya'bani. (2014). Penghilangan Amoniak di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *JAI*, 7(1), 44–65.
- Sari dkk. (2013). Perbandingan Limbah dan Lumpur Aktif terhadap Pengaruh Sistem Aerasi pada Pengolahan Limbah CPO. *Konversi*, 2(1), 40–46.
- Soeprijanto dkk. (2007). Pengolahan Vinasse dari Air Limbah Industri Alkohol menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB. *Jurnal Purifikasi*, 11(1), 11–20.