

## Studi Efektivitas Sistem *Seeding* Reaktor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) Menggunakan Media Modifikasi Tutup Botol Bekas

Vanessa Alfarizka Ranani<sup>1</sup>, Ulvi Pri Astuti<sup>1</sup>, dan Denny Dermawan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

\*E-mail: [denny.dermawan@ppns.ac.id](mailto:denny.dermawan@ppns.ac.id)

### Abstrak

Salah satu penyebab air sungai tercemar yaitu dilakukannya pembuangan air limbah industri tahu ke badan air tanpa adanya pengolahan. Selain itu, perilaku konsumtif dalam membeli minuman kemasan botol plastik dapat meningkatkan jumlah timbulan sampah dari tutup botol plastik. Penelitian ini memanfaatkan tutup botol plastik bekas yang dimodifikasi dengan benang tampar sebagai media untuk menumbuhkan mikroorganisme yang kemudian dibandingkan dengan kinerja media komersial. Penelitian ini menggunakan variasi pada sistem *seeding*, yaitu sistem *seeding batch* dan sistem *seeding batch-kontinu*. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis efektivitas sistem *seeding batch* dan *batch-kontinu* media tutup botol bekas sebagai media biofilter pada reaktor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Proses *seeding* dilakukan selama 14 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *seeding batch* dengan media modifikasi tutup botol bekas mampu menurunkan konsentrasi COD dengan efisiensi sebesar 96,07%, sedangkan sistem *seeding batch-kontinu* menggunakan media modifikasi tutup botol bekas mampu menurunkan konsentrasi COD dengan efisiensi sebesar 84,14%. Kesimpulan penelitian ini yaitu sistem *seeding batch* mampu menurunkan pencemar COD lebih baik dari sistem *seeding batch-kontinu*. Hal tersebut membuktikan bahwa tutup botol bekas berpotensi digunakan sebagai media biofilter pada reaktor MBBR.

**Keywords:** Industri Tahu, Tutup Botol Bekas, *Seeding*, Sistem *Batch*, Sistem *Batch-Kontinu*

### 1. PENDAHULUAN

Industri tahu banyak ditemukan hampir di setiap kota di Indonesia karena tahu merupakan makanan yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Industri tahu mayoritas merupakan industri skala rumah tangga yang tidak memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Kandungan zat organik yang tinggi pada air limbah industri tahu dapat mencemari dan merusak ekosistem pada badan air (Hajar dkk., 2022). *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) merupakan salah satu alternatif pengolahan air limbah industri tahu secara biologis.

*Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) merupakan suatu metode pengolahan air limbah dengan media bergerak. Metode MBBR diketahui mampu menurunkan parameter COD dengan persentase sebesar 98,7% (Nugroho & Soedjono, 2022). Tahapan awal yang diperlukan pada metode ini yaitu menumbuhkan mikroorganisme pada media lekat biofilter (*Seeding*). Proses *seeding* membutuhkan penambahan starter bakteri EM<sub>4</sub> untuk mempercepat laju pertumbuhan mikroorganisme. Alasan pemilihan EM<sub>4</sub> sebagai starter bakteri karena terdapat kandungan kompleks campuran antara mikroba aerobik dan anerobik yang secara sinergis mendegradasi bahan organik (Nugroho & Soedjono, 2022).

Peningkatan timbulan sampah tutup botol plastik dapat dimanfaatkan sebagai media lekat pada pengolahan MBBR. Jika ditinjau dari lapisan tutup botol plastik dan lapisan botol plastik, lapisan dari tutup botol lebih tebal dari lapisan plastik pada botol, sehingga akan lebih sulit terurai (Safitri dkk., 2016). Selain dapat mengurangi jumlah timbulan, tutup botol plastik diharapkan mampu mereduksi parameter dari air limbah industri tahu. Hal tersebut terjadi karena tutup botol plastik memiliki karakteristik yang hampir sama dengan kriteria media biofilter, yaitu ringan, pemeliharaan mudah, terbuat dari bahan inert, tahan air, dan tidak mudah bereaksi.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas sistem *seeding batch* dan sistem *seeding batch-kontinu*. Indikator yang digunakan dalam menentukan efektivitas tersebut yaitu dengan pengamatan fisik serta analisis parameter COD, dimana semakin besar removal efisiensi penurunan COD maka mikroorganisme yang bekerja lebih optimal (Farahdiba dkk., 2019).

### 2. METODE

Penelitian ini menggunakan reaktor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan variasi pada sistem

*seeding*. Variasi yang digunakan yaitu sistem *seeding batch* dan sistem *seeding batch-kontinu*. Adapun alat, bahan, dan prosedur percobaan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

## 2.1 Bahan Percobaan

Bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini yaitu air limbah yang berasal dari salah satu industri tahu yang terletak di Kecamatan Jogoroto, Jombang, Jawa Timur. Selain itu, penelitian ini juga membutuhkan EM<sub>4</sub> sebagai starter bakteri serta gula merah, pupuk Urea Petro, dan pupuk MKP Pak Tani sebagai nutrisi pada proses *seeding*.

## 2.2 Alat Percobaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *container box* berukuran 32,5 cm × 21,5 cm × 15 cm, aerator amara AA350 dan selang aerator, kran, pompa, alat potong dan perekat, drum/*jerrycan*, serta media biofilter yang berperan sebagai media tumbuh dari mikroorganisme. Media biofilter pada penelitian ini menggunakan tutup botol plastik bekas yang dimodifikasi dengan benang tampar. Modifikasi tersebut dilakukan dengan menggabungkan sebanyak 2 tutup botol plastik kemudian dilubangi pada kedua sisi dengan diameter lubang sebesar 0,5 cm, sehingga media ini memiliki dimensi berupa diameter sebesar 3 cm, serta tinggi sebesar 2,5 cm. Kemudian, media tersebut diisi dengan benang tampar berdiameter 0,05 cm, sepanjang 5 cm, berjumlah 70 helai.

## 2.3 Prosedur Percobaan

### 2.3.1 Persiapan Reaktor

Penelitian ini membutuhkan 2 (dua) reaktor (1 (satu) reaktor *seeding* sistem *batch* dan 1 (satu) reaktor *seeding* sistem *batch-kontinu* yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Tahap *seeding* dilakukan selama 14 hari untuk sistem *batch*, sedangkan sistem *batch-kontinu* dilakukan 10 hari dengan sistem *batch* kemudian dilanjutkan 4 hari dengan sistem *kontinu*.



**Gambar 1**(a) Reaktor *Seeding* Sistem *Batch* dan (b) Reaktor *Seeding* Sistem *Batch-Kontinu*

### 2.3.2 *Seeding*

Tujuan dari tahap *seeding* yaitu untuk menumbuhkan mikroorganisme pada media biofilter. Untuk mempercepat laju pertumbuhan mikroorganisme, dilakukan penambahan starter bakteri *Effective Microorganism-4* (EM<sub>4</sub>) dan nutrisi seperti gula merah dan pupuk selama proses *seeding* (Pitriani dkk, 2014). Volume air limbah yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 11 liter, sehingga dibutuhkan penambahan EM<sub>4</sub> sebanyak 11 mL pada setiap reaktor. Kemudian, penambahan gula merah sebanyak 0,0825 mL (aturan pemakaian produk EM<sub>4</sub>). Penambahan pupuk Urea Petro sebanyak 38,41 mg/L sebagai penambahan *nitrogen* dan pupuk MKP Pak Tani sebanyak 6,80 mg/L sebagai penambahan *phospor*. Penambahan pupuk tersebut dilakukan sesuai dengan komposisi COD:N:P = 100:5:1 (Permatasari dkk., 2018). Kemudian, pemeriksaan pH dan suhu dilakukan setiap hari serta pengamatan fisik pada media apabila terbentuk lapisan seperti lendir dengan warna hitam kecoklat-coklatan serta tidak mudah lepas, artinya mikroorganisme telah tumbuh pada media (Filliazati dkk., 2013).

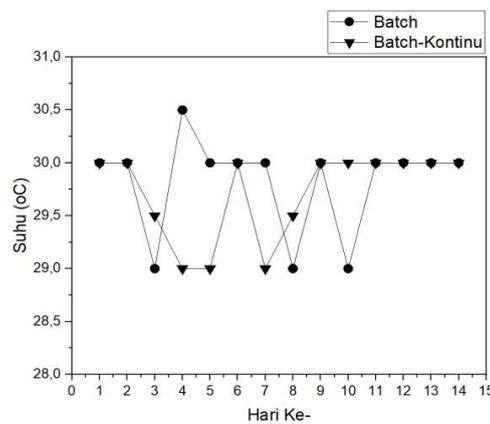
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik awal air limbah perlu dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan pencemar yang ada pada air limbah. Selain itu, pengujian awal juga digunakan sebagai penentu metode pengolahan air yang limbah yang tepat sebelum dibuang ke badan air. Hasil dari pengujian karakteristik awal air limbah industri tahu dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data Karakteristik Awal Air Limbah

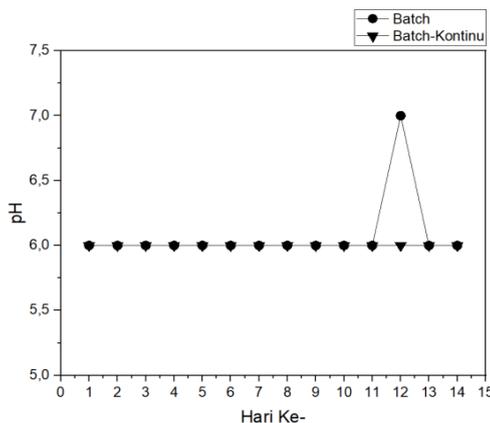
No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
1.	COD	mg/L	353,4	300
2.	BOD	mg/L	178,1	150
3.	TSS	mg/L	206	100
4.	pH	mg/L	4	6-9

Tahap *seeding* dilakukan selama 14 hari, baik sistem *batch* maupun *batch-kontinu*. Sebelum dilakukan tahap *seeding*, perlu dilakukan pengecekan pada reaktor *kontinu* bahwa tidak terjadi kebocoran. Untuk memastikan proses oksidasi biologi oleh mikroba berhasil, langkah selanjutnya adalah memberikan oksigen selama tahap *seeding* melalui aerator (Filliazati dkk., 2013). Setelah dilakukan aerasi, langkah selanjutnya yaitu penambahan EM<sub>4</sub>. EM<sub>4</sub> yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis EM<sub>4</sub> untuk pengolahan limbah. Starter bakteri EM<sub>4</sub> dilakukan dengan tujuan agar pertumbuhan dan pengembangan mikroorganismenya yang menempel pada media lebih cepat sehingga mempersingkat waktu pengolahan serta efisiensi biofilter meningkat. Selama proses *seeding*, perlu dilakukan pengukuran suhu dan pH. **Gambar 1** dan **Gambar 2** menunjukkan hasil pengamatan pH dan suhu harian.



**Gambar 2.** Suhu Tahap Seeding

**Gambar 2** menunjukkan pengamatan suhu selama proses *seeding*. Hasil pengukuran dari kedua variasi sistem *seeding* memiliki suhu 29°C – 30,5°C. Pengukuran suhu dapat mendukung pengamatan pertumbuhan mikroorganismenya dengan optimal. Kriteria suhu untuk laju pertumbuhan mikroorganismenya adalah 25°C – 30°C. Mikroorganismenya dapat tumbuh dengan baik pada suhu ini, sehingga dapat melakukan fermentasi bahan organik dalam limbah (Amalia & Prayitno, 2024). Apabila hasil pengukuran suhu lebih besar dari suhu ideal, maka dapat mengganggu proses pertumbuhan enzim dalam sel (Dayanti & Herlina, 2018).



**Gambar 3.** pH Tahap Seeding

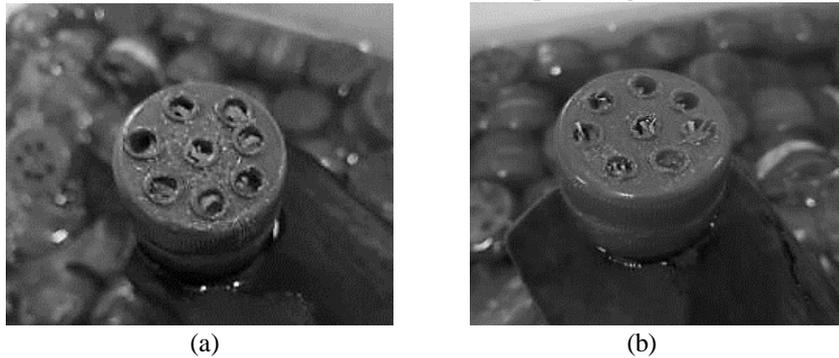
**Gambar 3** menunjukkan hasil pengamatan suhu selama proses *seeding*. *Seeding* dengan sistem *batch-kontinu* tidak menunjukkan adanya kenaikan pH, tetap berada pada pH 6. Sedangkan *seeding* dengan sistem *batch*, terjadi kenaikan pH pada hari ke 12. Pengukuran pH dilakukan agar kondisi pH air limbah tetap pada kriteria pH selama proses *seeding*. Kriteria pH tersebut yaitu antara 6,5 – 9 (Pitriani dkk., 2014). Pengamatan dari nilai pH dilakukan dengan tujuan untuk memastikan mikroorganismenya dapat tumbuh secara optimal (Ananda

dkk., 2018). Nilai pH yang berada di atas rentang kriteria, maka akan menghambat aktivitas mikroorganisme. Sebaliknya, apabila nilai pH berada di bawah rentang kriteria, maka akan muncul jamur dan mengganggu metabolisme materi organik (Waluyo, 2009).

Tahap *seeding* dilakukan selama 14 hari hingga terbentuk biofilm yang ditandai dengan adanya lapisan lendir yang tidak mudah lepas dari media. Variasi dari penelitian ini yaitu sistem *seeding*. Perbandingan media sebelum dan setelah ditumbuhi biofilm dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



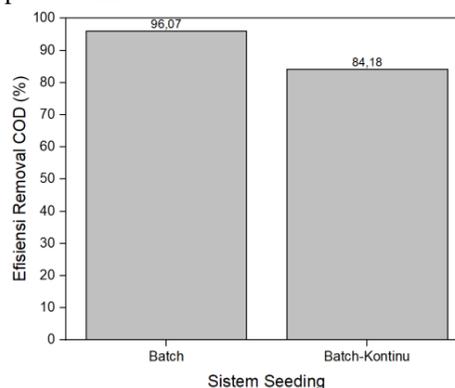
**Gambar 4.** Media Sebelum Tahap Seeding



**Gambar 5(a)** Media Setelah Tahap *Seeding* Sistem *Batch* dan **(b)** Media Setelah Tahap *Seeding* Sistem *Batch-Kontinu*

**Gambar 5** menunjukkan lapisan biofilm pada *seeding* sistem *batch* lebih tebal dibandingkan dengan biofilm pada *seeding* sistem *batch-kontinu*. Hal ini terjadi karena proses *seeding* dengan sistem *batch* memungkinkan mikroorganisme berkembang dengan lebih stabil dan efektif serta proses adaptasi dengan lingkungan lebih baik. Selain itu, proses *seeding* dengan sistem *batch* juga memungkinkan penambahan nutrisi secara terkontrol, seperti gula yang berfungsi sebagai sumber *carbon* untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Elystia dkk., 2024).

Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada penelitian ini digunakan sebagai parameter indikator karena parameter tersebut sangat relevan dalam mengevaluasi efisiensi pengolahan limbah, terutama pada proses *seeding* yang bertujuan untuk mengaktifkan mikroorganisme dalam menguraikan zat organik. Efisiensi penurunan kadar COD dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Efisiensi Removal COD

**Gambar 6** menunjukkan efisiensi removal COD *seeding* dengan sistem *batch* lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi removal COD *seeding* dengan sistem *batch-kontinu*. Artinya, aktivitas mikroorganisme yang tumbuh pada media selama proses *seeding* dengan sistem *batch* lebih optimal. Pernyataan tersebut mendukung performa lapisan biofilm pada sistem *batch* yang lebih tebal dibandingkan dengan sistem *batch-kontinu*. Artinya, jumlah mikroorganisme yang lebih banyak mampu menurunkan beban pencemar yang lebih optimal (Farahdiba dkk., 2019).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa media biofilter modifikasi tutup botol bekas dengan *seeding* sistem *batch* lebih efektif daripada *seeding* sistem *batch-kontinu* dibuktikan dengan efisiensi removal COD pada sistem *batch* sebesar 96,07% sementara efisiensi removal COD pada sistem *batch-kontinu* sebesar 84,14%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N. T., & Prayitno, P. 2024. Proses Seeding Dan Aklimatisasi Aerob – Anaerob Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Gondorukem. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 48–55.
- Ananda, R. A., Hartati, E., & Salafudin. 2017. Seeding dan Aklimatisasi pada Proses Anaerob Two Stage System menggunakan Reaktor Fixed Bed. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 6(1), 1–9.
- Dayanti, M. S., & Herlina, N. 2018. Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercepat dengan Media Bioring. *Jurnal Dampak*, 15(1), 31.
- Elystia, S., Andrio, D., Fitria, D., & Sasmita, A. 2024. Pengembangan Rotary Algae Biofilm Reactor (RABR) Sistem Semikontinu untuk Produksi Biomassa dan Kadar Lipid , serta Penyisihan Polutan Organik Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 693–703.
- Farahdiba, A. U., Purnomo, Y. S., Sakti, S. N., & Kamal, M. F. 2019. Pengolahan Limbah Domestik Rumah Makan Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1).
- Filliazati, M. 2013. Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Hajar, T., Supriatna, A. M., Eko, D., Hadisantoso, P., Kimia, J., Sains, F., Teknologi, D., Gunung, S., & Bandung, D. 2022. Pengaruh Limbah Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Cikeruh dan Penanganannya dengan Metode Adsorpsi Berdasarkan Prinsip Teknologi Tepat Guna. *Gunung Djati Conference Series*, 15, 1–10.
- Nugroho, A. K., & Soedjono, E. S. 2022. Optimasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pemerahan Sapi menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3).
- Permatasari, R., Rinanti, A., & Ratnaningsih, R. 2018. Treating domestic effluent wastewater treatment by aerobic biofilter with bioballs medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 106(1).
- Pitriani, Anwar, D., dan Nurhaedar, J. 2014. Efektivitas Penambahan EM4 pada Biofilter AnaerobAerob dalam Pengolahan Air Limbah RS. UNHAS. Palu: Universitas Tadulako.
- Safitri, A. W., Patriansyah, M., & Mubarat, H. 2016. Perancangan Buku Kreasi "Limbah Tutup Botol Sebagai Media Inspiratif". *Besaung : Jurnal Seni Desain Dan Budaya*, 1(3).
- Waluyo, Lud. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.