

Perbandingan Efektivitas Media Biofilter Aerobik dalam Mengolah Air Limbah Industri Pangan: Studi Kasus Limbah Industri Kerupuk dan RPH

Danang Hadi Suhadak¹, Ulvi Pri Astuti^{1*}, Tanti Utami Dewi¹, Mirna Apriani¹, Ahmad Erlan Afiuddin¹, Ferisa Jenisa Putri¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS-PPNS, Sukolilo, Surabaya 60111

*E-mail: ulvipriastuti@ppns.ac.id

Abstrak

Air limbah dari industri pangan, seperti kerupuk dan Rumah Pemotongan Hewan (RPH), mengandung tingkat COD dan TSS yang melebihi baku mutu, sehingga memerlukan proses pengolahan efektif. Pengolahan dengan sistem biofilter aerob merupakan salah satu alternatif yang patut dipertimbangkan. Efektivitas pengolahan dengan biofilter aerob dapat dipengaruhi oleh jenis media yang digunakan. Penelitian ini bertujuan membandingkan efektivitas media biofilter aerob yaitu bioball, Kaldnes, dan tutup botol bekas modifikasi yang sesuai dengan kebutuhan industri pangan. Tahapan penelitian diawali dengan proses *seeding* untuk menambah kuantitas bakteri dan aklimatisasi untuk mengadaptasikan bakteri. Tahap penelitian utama dilakukan secara kontinu dengan waktu detensi 8 jam. Hasil penelitian utama menunjukkan media tutup botol bekas memiliki efisiensi tertinggi, yakni penurunan COD sebesar 92,9 – 94,6 % dan TSS sebesar 89,1 – 98,1 %, diikuti media Kaldnes (COD 83,3 – 85,9 %; TSS 82,6 – 95,0 %) dan bioball (COD 72,5 – 73,3 %; TSS 82,4 – 92,5 %). Media tutup botol juga memiliki luas permukaan spesifik terbesar ($713 \text{ m}^2/\text{m}^3$) dan biaya paling rendah. Kesimpulannya, media tutup botol bekas adalah alternatif paling efektif dan ekonomis untuk biofilter aerob pengolahan air limbah industri pangan.

Keywords: Bioball, Biofilter Aerobik, Industri Pangan, Kaldness, Tutup Botol Modifikasi

1. PENDAHULUAN

Industri pangan berskala kecil banyak yang kurang memperhatikan terkait dengan pengelolaan air limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan. Industri kerupuk di Desa Bandung Kabupaten Nganjuk dan rumah pemotongan ayam di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik merupakan contohnya. Dua industri ini menghasilkan air limbah yang melebihi baku mutu dalam PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013. Hal ini dapat menyebabkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan serta gangguan kesehatan (Zakaria *et al.*, 2021). Oleh karena itu, proses pengolahan terhadap air limbah perlu dilakukan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Biofilter aerob merupakan salah satu pilihan metode pengolahan air limbah. Proses biofilter aerob memanfaatkan peran mikroorganisme sebagai agen pendegradasi senyawa polutan dalam air limbah (Rachmawan & Agung, 2020). Proses biofilter aerob mampu menyisihkan COD 92,95% ; BOD 94,83 %; TSS 95% (Zahra & Purwanti, 2015). Besarnya nilai efisiensi penyisihan bahan pencemar dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis media, ketersediaan oksigen, waktu kontak, dll.

Media filter berperan penting dalam efektivitas sistem biofilter aerob. Media merupakan tempat yang disediakan untuk mikroorganisme tumbuh dan melekat. Koloni bakteri yang melekat pada media akan membentuk biofilm (Premananda & Primajana, 2023). Media yang umum digunakan berupa bioball dan kaldness. Sementara itu, tutup botol bekas juga dapat dimanfaatkan sebagai media biofilter. Media bioball dan kaldness merupakan media pabrikan yang banyak dijual dipasaran. Bioball terbukti mampu menyisihkan COD 86% dan TSS 78,95% dalam proses aerob (Apema *et al.*, 2023). Sementara itu, media kaldness juga mampu menyisihkan COD 99,82% dan TSS 99,92% dalam proses aerob (Ummah *et al.*, 2020). Selain itu, media tutup botol bekas memiliki kemampuan untuk menyisihkan COD 91,71% dan 96,46% TSS (Ranani, 2024).

Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja dari biofilter aerob dengan media komersil dan media alternatif untuk mengolah air limbah industri pangan. Media yang digunakan berupa bioball, kaldness dan tutup botol modifikasi. Kinerja biofilter dinilai dari kemampuan menyisihkan parameter COD dan TSS. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan media biofilter yang cocok untuk industri pangan.

2. METODOLOGI

2.1 Material

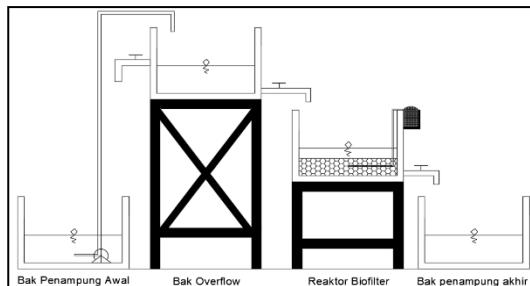
Penelitian membutuhkan material seperti air limbah, reaktor serta komponen-komponen penunjang, bibit mikroorganisme (*starter*), dan media seperti yang diuraikan sebagai berikut:

A. Air Limbah

Air limbah yang digunakan dalam penelitian berasal dari industri kerupuk ketumbar yang berada di Desa Bandung, Kabupaten Nganjuk dan industri rumah potong hewan ayam yang berada di Kecamatan Menganti, Kabupaten Gresik.

B. Reaktor dan Komponen-Komponen Penunjang

Reaktor yang digunakan berbentuk kotak berbahan dasar plastik bening dengan dimensi tinggi 21 cm, lebar 21 cm dan Panjang 30 cm. Setiap reaktor memiliki waktu kontak 8 jam. Selain itu, setiap reaktor diberi aerator sebagai penyuplai oksigen dalam air. Rangkaian reaktor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian Reaktor Sistem Kontinu

C. Starter dan Nutrisi

Starter yang digunakan adalah bakteri *effective microorganism* (EM₄) dengan gula merah cair dan nutrisi yang digunakan adalah produk pupuk urea petro untuk kebutuhan nitrogen serta pupuk MKP PAK TANI untuk kebutuhan fosfat.

D. Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan berupa media komersil (bioball dan kaldness) serta media alternatif (tutup botol bekas modifikasi). Jumlah volume media yang digunakan sebanyak 50% dari volume air limbah. Media biofilter dapat dilihat pada Gambar 2; Gambar 3; Gambar 4.



Gambar 2 Media Bioball



Gambar 3 Media Kaldness



Gambar 4 Media Tutup Botol Modifikasi

2.1 Prosedur Percobaan

A. Seeding

Proses *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan dan memperbanyak kuantitas mikroorganisme dalam reaktor. Pertumbuhan bakteri ditandai dengan kemunculan biofilm yang menyelimuti permukaan media. Selama proses seeding dilakukan penambahan nutrisi berupa larutan gula merah, pupuk urea petro dan pupuk MKP Pak Tani. Proses *seeding* dilakukan dengan kondisi *batch*.

B. Aklimatisasi

Proses aklimatisasi ditujukan agar bakteri dapat beradaptasi dengan air limbah yang akan diolah. Proses aklimatisasi dilakukan hingga reaktor dalam kondisi steady state yang ditandai dengan fluktuasi efisiensi penurunan COD tidak lebih dari 10%.

C. Penelitian Utama

Tahap penelitian utama dilakukan setelah melalui proses seeding dan aklimatisasi. Reaktor dioperasikan dengan sistem aliran kontinu. Pada tahap penelitian utama dilakukan pemantauan pH dan suhu setiap hari untuk memastikan kondisi lingkungan yang sesuai bagi proses biologis. Pengujian konsentrasi COD dan TSS juga dilakukan untuk menganalisis kinerja sistem biofilter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Air Limbah

Analisis karakteristik air limbah merupakan tahapan penting sebelum melakukan pengolahan. Hasil analisis karakteristik awal limbah dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1 Karakteristik Air Limbah

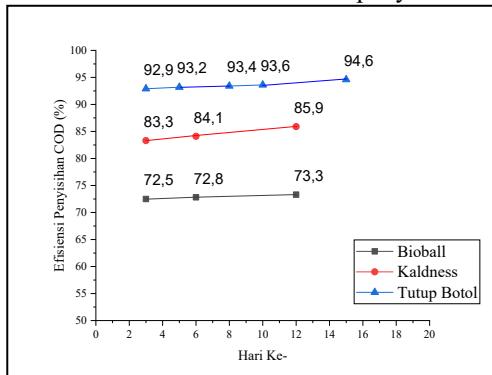
| No | Parameter | Satuan | Air Limbah Industri Kerupuk | Air Limbah Industri RPH |
|----|-----------|--------|-----------------------------|-------------------------|
|----|-----------|--------|-----------------------------|-------------------------|

| | | | Konsentrasi | Baku Mutu | Konsentrasi | Baku Mutu |
|----|-----|------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1. | COD | mg/L | 256,4 | 120 | 916 | 200 |
| 2. | TSS | mg/L | 114,25 | 50 | 320 | 100 |

Hasil analisis karakteristik air limbah pada Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter COD dan TSS melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam PERGUB JATIM No.72 Tahun 2013. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah perlu pengolahan sebelum di buang ke badan air.

3.2 Analisis COD

Analisis nilai efisiensi COD diukur secara berkala. Efisiensi penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 5.

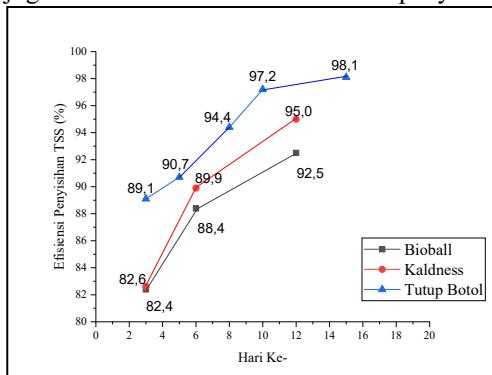


Gambar 5 Efisiensi Penyisihan COD

Gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD reaktor berisi media bioball 72,5% - 73,3%, media kaldness sebesar 83,3% - 85,9%, dan media tutup botol sebesar 92,9% - 94,6%. Penyisihan COD menunjukkan adanya aktivitas biologis yang dilakukan mikroorganisme. Mikroorganisme berperan dalam proses degradasi polutan dalam air limbah (Said & Santoso, 2015). Proses dekomposisi senyawa organik dalam air limbah dipengaruhi oleh kemampuan metabolisme mikroorganisme pengurai. Durasi waktu pengolahan antara air limbah dengan bakteri pengurai yang lebih lama menyebabkan proses degradasi bahan organik lebih efektif (Rachmawan & Agung, 2020).

3.3 Analisis TSS

Analisis nilai efisiensi TSS juga diukur secara berkala. Efisiensi penyisihan TSS dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 6 Efisiensi Penyisihan TSS

Gambar 6 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan TSS mengalami kenaikan pada setiap reaktor. Efisiensi penyisihan TSS dari reaktor berisi media bioball sebesar 82,4% - 92,5%, media kaldness sebesar 82,6% - 95,0%, media tutup botol sebesar 89,1% - 98,1%. Proses biofilter aerob dapat menurunkan kandungan TSS secara fisik dan biologis. Media filter dapat menahan padatan anorganik melalui pori-pori media dan biofilm mampu mendegradasi bahan organik dalam air limbah (Wibowo & Agung, 2021). Sementara itu, durasi operasional reaktor yang lama membuat padatan tersuspensi memiliki kesempatan lebih besar untuk mengendap. Selain itu, kandungan bahan organik dalam TSS mampu diurai oleh mikroorganisme lebih maksimal (Hasanah & Sugito, 2017).

3.4 Perbandingan Media Biofilter

Pemilihan jenis media biofilter perlu mempertimbangkan beberapa aspek penting. Hal ini perlu dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi di industri. Berikut ini aspek-aspek pertimbangan dalam pemilihan media biofilter:

1. Biaya

Faktor biaya merupakan faktor penting dalam pemilihan media biofilter. Tabel 2 merupakan perbandingan biaya yang diperlukan untuk pengadaan media biofilter:

Tabel 2 Perbandingan Biaya Penggunaan Media Biofilter

| Spesifikasi | Bioball | Kaldness | Tutup Botol | Satuan |
|---------------------------------|---------|----------|-------------|---------------------------|
| Jumlah media | 114 | 2031 | 163 | bah |
| Volume air limbah | 3,2 | 3,2 | 6,67 | Liter |
| Debit air limbah | 0,4 | 0,4 | 0,83 | Liter/jam |
| Harga satuan | 250 | 69 | 105 | Rupiah |
| Harga media / Volume air limbah | 8.906 | 43.793 | 2.565 | Rupiah / Liter air limbah |

Tabel 2 menunjukkan media tutup botol memiliki nilai biaya yang paling rendah. Hal ini dikarenakan media tutup botol berasal dari limbah yang tak terpakai. Biaya yang dikeluarkan dari media tutup botol berasal dari benang plastik pengisi media.

2. Luas Permukaan Spesifik

Luas permukaan spesifik media merupakan luas permukaan yang dimiliki pada setiap volume media. Luas permukaan spesifik dari media yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Luas Permukaan Spesifik Media

| Media | Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3) |
|-------------|---------------------------------------|
| Bioball | 200 - 240 |
| Kaldness | 500 |
| Tutup Botol | 713,2 |

Tabel 3 menunjukkan bahwa luas permukaan spesifik media yang paling besar berturut-turut dimiliki oleh media tutup botol bekas. Kaldness, dan bioball. Luas permukaan media yang besar memungkinkan banyaknya ruang untuk mikroorganisme melekat. Peningkatan jumlah mikroorganisme dapat menaikkan nilai efisiensi penyisihan biofilter (Radityaningrum *et al.*, 2021).

3. Efisiensi Penyisihan

Efisiensi penyisihan kandungan pencemar merupakan salah satu pertimbangan dalam memilih media filter. Hasil efisiensi penyisihan pencemar dapat dilihat dalam Table 4.

Tabel 4 Efisiensi Penyisihan COD dan TSS dari Setiap Media

| Media | Efisiensi Penyisihan (%) | |
|-------------|--------------------------|-------------|
| | COD | TSS |
| Bioball | 72,5 – 73,3 | 82,4 – 92,5 |
| Kaldness | 83,3 – 85,9 | 82,6 – 95,0 |
| Tutup Botol | 92,9 – 94,6 | 89,1 – 98,1 |

Table 4 menunjukkan bahwa media tutup botol memiliki nilai efisiensi penyisihan COD dan TSS yang paling tinggi. Kemudian, diikuti dengan media bioball dan kaldness.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian dapat disimpulkan bahwa media tutup botol dapat menjadi pilihan yang terbaik untuk sistem biofilter aerob pada air limbah industri pangan. Hal ini dikarenakan media tutup botol membutuhkan biaya yang relatif murah, memiliki luas permukaan spesifik yang besar, serta efisiensi penyisihan COD dan TSS yang tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Apema, F. D., Rahayu, D. E., Adnan, F., & Waryati. (2023). Penggunaan Media Sarang Tawon dan Bioball pada Biofilter Aerob pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 7(1), 81–89.
- Hasanah, U., & Sugito. (2017). Removal Cod Dan TSS Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *Jurnal Teknik Waktu*, 15(1), 61–69.
- Premanova, W. H., & Primajana, D. J. (2023). Efisiensi Penggunaan Air Bersih dengan Memanfaatkan Kembali Air Limbah Memgunakan Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Aerob-Anaerob Biofilter. *Nusantara Hasana Journal*, 3(2).

- Rachmawan, A., & Agung, T. (2020). Pendekrasian Pencemar Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Aerobik Biofilter. *Seminar Nasional (Esec)*, 2020.
- Radityaningrum, A. D., Rukmana, S., & Afrianisa, R. D. (2021). Effect of Bottle Cap Shape As Aerobic Biofilter Media To Treat Shrimp Cold Storage Wastewater. *Konversi*, 10(1), 7–12.
- Ranani, V. A. (2024). Perbandingan Efektivitas Kinerja Media Modifikasi Tutup Botol Bekas dan Media Kaldnes K3 pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Tugas Akhir: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Said, N. I., & Santoso, T. I. (2015). Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). 8(1), 1.
- Ummah, Y. S., Wardoyo, I. R. E., & Hermiyanti, P. (2020). Biofilter Aerob Media Kaldness dalam Menurunkan Kadar BOD, COD Dan TSS Limbah Cair Rumah Makan. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 18(1), 16–19.
- Wibowo, M. A., & Agung, T. (2021). Kombinasi Tangki Aerasi dan Upflow Biofilter dalam Mendekrasasi Bahan Organik (BOD, TSS, TDS) Limbah Cair Industri Tempe. 2(1), 27–35.
- Zahra, L. Z., & Purwanti, I. F. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D35–D39.
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Alumunium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104.