

Pengolahan Limbah Industri Kerupuk Ketumbar Menggunakan Biofilter Aerobik

Tanti Utami Dewi^{*}, Ulvi Pri Astuti, Ahmad Erlan Afiuddin, Mirna Apriani,
Ferisa Jenisa Putri, Danang Prasetya Hadi

Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur

^{*}Koresponden email : tanti.dewi@ppns.ac.id

Diterima : 20 Mei 2025

Disetujui : 26 Mei 2025

Abstract

The coriander cracker industries in Nganjuk City, commonly structured in Small Business scales are still implying conventional equipment in its production. High daily production volumes are resulting the large amounts of liquid waste containing pollutants exceeding Indonesia's Threshold Value specifically in Chemical Oxygen Demand (COD) at 131.2 mg/L and Total Suspended Solids (TSS) at 203 mg/L. This condition causes serious environmental risks toward improper treatment. The biofilter system is one of wastewater treatment method with a simple and applicable way, applying a biological treatment approach utilizing microorganisms to reduce organic contaminants. This study aims to analyze the influence of media type on the removal efficiency of COD and TSS concentrations in coriander cracker industries' wastewater using an aerobic biofilter system with the bioball and Kaldness K1 media. Performance testing of the aerobic biofilter demonstrated that the reactor with Kaldness K1 media achieved the highest removal efficiencies, eliminating 85.96% of COD and 95.01% of TSS by day 12. The study confirms that the Kaldness K1 media's porous surface structure and high specific surface area enhance biofilm growth of microorganisms, thereby optimizing organic matter degradation processes.

Keywords: *aerobic, biofilter, bioball, kaldness, continuous system, coriander crackers*

Abstrak

Industri kerupuk ketumbar di Kabupaten Nganjuk yang mayoritas berskala UMKM masih menggunakan peralatan konvensional dalam proses produksinya. Tingginya volume produksi harian menyebabkan timbulnya limbah cair dengan jumlah besar yang mengandung polutan melebihi baku mutu, yakni COD 131,2 mg/L dan TSS 203 mg/L. Kondisi ini berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan jika tidak diolah secara tepat. Pengolahan limbah cair sederhana yang dapat diterapkan yaitu biofilter. Biofilter merupakan metode pengolahan limbah cair secara biologis yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi kandungan organik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh jenis media terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair industri kerupuk ketumbar menggunakan sistem biofilter aerobik dengan media bioball dan Kaldnes K1. Dalam penelitian pengujian kinerja biofilter aerobik yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan TSS tertinggi diperoleh oleh reaktor bermedia Kaldnes K1 dengan persentase penyisihan COD mencapai 85,96% dan persentase penyisihan TSS mencapai 95,01% pada hari ke-12. Penelitian ini membuktikan struktur permukaan media Kaldnes K1 yang berpori dan memiliki luas permukaan spesifik tinggi mampu meningkatkan pertumbuhan *biofilm* mikroorganisme, sehingga proses degradasi bahan organik berlangsung optimal.

Kata Kunci: *bioball kaldnes, biofilter aerobik, kerupuk ketumbar, sistem kontinu*

1. Pendahuluan

Limbah cair merupakan air bekas pakai yang berasal dari berbagai proses penggunaan yang telah mengandung bahan pencemar atau polutan, salah satunya senyawa organik (Martini, 2020). Salah satu industri UMKM yang memiliki potensi untuk berkembang serta berpotensi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Nganjuk adalah industri kerupuk. Industri kerupuk ini dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang mayoritas berasal dari bahan baku kerupuk yang memiliki kandungan organik. Kandungan organik yang tinggi tersebut berdampak pada nilai konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair yang dihasilkan. Diperlukan adanya pengolahan limbah cair yang tepat dalam mengatasi nilai kontaminan yang melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Pengolahan limbah cair secara biologi merupakan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme, dimana mikroorganisme ini dimanfaatkan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang

terkandung dalam air limbah menjadi bahan yang lebih sederhana dan tidak berbahaya (Utami, 2019). Biofilter aerobik merupakan salah satu pengolahan biologis yang dapat mereduksi polutan yang terkandung dalam air limbah (Apelabi, 2021). Biofilter aerobik memiliki serangkaian tahapan, seperti *seeding*, aklimatisasi, dan penelitian inti. Serangkaian tahapan ini dilakukan dari tahap pertumbuhan mikroorganisme, pengadaptasian mikroorganisme hingga kondisi *steady state*, hingga pengaplikasian mikroorganisme sebagai agen utama dalam mereduksi polutan. Terjadinya reduksi polutan pada air limbah ini ditandai dengan penurunan konsentrasi COD dan TSS yang terkandung dalam air limbah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengolahan limbah cair dengan metode biofilter aerobik antara lain:

- a. Limbah cair Industri Kerupuk Ketumbar di Desa Bandung, Kecamatan Prambon, Kabupaten Nganjuk
- b. Reaktor biofilter aerobik yang terbuat dari box container berukuran 25 cm x 38 cm x 21 cm, pipa, ball valve, akrilik, dan elbow.
- c. Media biofilter berupa bioball dan kaldnes K1
- d. Aerator
- e. Pompa
- f. Air stone
- g. Gelas Ukur
- h. Timbangan Analitik
- i. Gayung
- j. Jerigen Air
- k. Wadah Tampungan
- l. EM4
- m. Gula Merah
- n. Pupuk MKP Pak Tani
- o. Pupuk Urea Petro

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain:

1. *Seeding*

Pada tahap *seeding* ini prosedur yang dilakukan, antara lain:

- a. Mempersiapkan reaktor, aerator, air limbah, dan media biofilter yang digunakan.
- b. Menambahkan EM4 sebagai starter bakteri pada masing-masing reaktor.
- c. Menambahkan nutrisi berupa pupuk dan gula merah pada masing-masing reaktor.
- d. Melakukan pemeriksaan pH dan suhu setiap hari.
- e. Mengoperasikan reaktor dengan sistem batch selama 10 hari, kemudian apabila telah 10 hari dilanjutkan tahap *seeding* dengan sistem kontinu pada 3 reaktor. Tiga reaktor lainnya tetap dilanjutkan dengan sistem *batch*.
- f. Melakukan pengamatan fisik hingga terbentuk *biofilm* yang ditandai dengan timbulnya lapisan berwarna hitam kecoklatan serta tidak mudah terlepas dari media.

2. Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi ini prosedur yang dilakukan, antara lain:

- a. Mempersiapkan reaktor, aerator, air limbah, dan media biofilter yang digunakan.
- b. Melakukan pergantian air limbah secara bertahap setiap 3 hari sekali hingga reaktor dipenuhi oleh 100% air limbah utama (Bhakti, 2022).
- c. Melakukan pemeriksaan pH dan suhu setiap hari.
- d. Melakukan proses aklimatisasi hingga kondisi *steady state* yang ditandai dengan fluktuasi efisiensi COD tidak lebih dari 5%.

3. Penelitian Inti

Penelitian inti ini dilakukan setelah tahap *seeding* dan aklimatisasi yang berfungsi sebagai persiapan pertumbuhan mikroorganisme. Reaktor dioperasikan secara kontinu menggunakan media biofilter yang telah ditumbuhi *biofilm* sebagai indikator keberhasilan kolonisasi mikroorganisme.

Selama 9 hari pelaksanaan penelitian, dilakukan pemantauan harian terhadap parameter pH dan suhu untuk memastikan kondisi optimal proses biologis. Pengujian konsentrasi COD dan TSS pada effluent dilakukan setelah penelitian inti selesai untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil analisis menunjukkan perbandingan efisiensi penyisihan polutan antara dua jenis media biofilter yang berbeda dalam sistem operasi kontinu.

Reaktor Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan reaktor biofilter terbuka (tanpa penutup) dan berbahan plastik. Dimensi reaktor yang digunakan yaitu panjang 25 cm, lebar 38 cm, dan tinggi 21 cm. Setiap reaktor dilengkapi dengan aerator dan air stone yang dipasang pada setiap reaktor untuk suplai oksigen. Setiap reaktor diisi dengan media biofilter sebesar 50% dari volume air limbah.

Perhitungan dimensi bak biofilter aerob

BOD in	= 49,4 gr/m ³
Debit air limbah	= 1,354 L/jam = 0,033 m ³ /hari
Beban BOD dalam air limbah	= 1,354 L/jam x 49,4 mg/L = 66,90 mg/jam = 0,0016 kg/hari
Beban BOD per volume media	= 0,5 - 4 kgBOD/m ³ .hari (Tchnobanoglous, 2003)
Organic Loading Rate (OLR)	= 0,5 kg BOD/m ³ .hari (ditetapkan)
Volume reaktor yang dibutuhkan	$= \frac{0,0016 \frac{kg}{hari}}{0,5 \frac{kgBOD}{m^3} \frac{hari}{m^3}}$ = 0,003 m ³ = 3,2 L

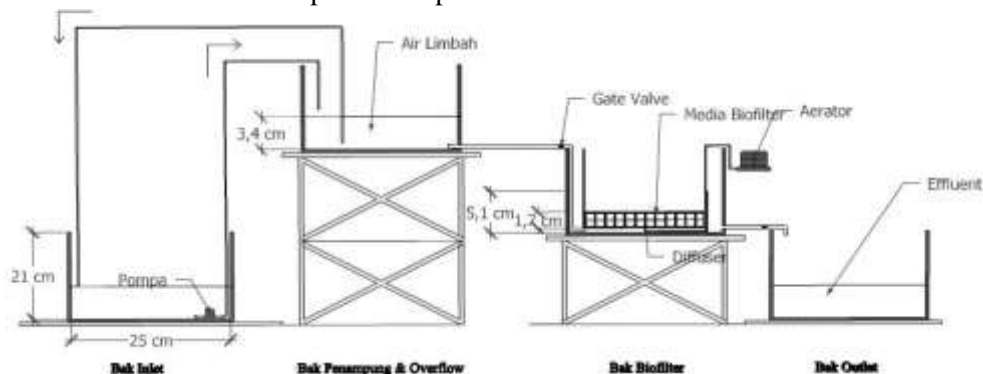
Berdasarkan perhitungan volume reaktor menetapkan wadah berbentuk balok berdimensi P x L x T yaitu 25 cm x 38 cm x 21 cm dengan kapasitas tampung 35 liter.

Tinggi air	= 3,4 cm (ditentukan)
Volume air	= P x L x Tinggi air = 25 cm x 38 cm x 3,4 cm = 3230 cm ³ = 3,2 L

Cek OLR	$= \frac{49,4 \frac{g}{m^3} \times 0,033 \frac{m^3}{hari}}{0,0032 \frac{m^3}{hari}}$
---------	--

Volume media dalam reaktor	= 0,5 kg BOD/m ³ .hari (sesuai) = 50% dari volume air Limbah = $\frac{50}{100} \times 3,2$ Liter = 1,6 Liter
----------------------------	--

Desain reaktor biofilter aerobik dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Desain Reaktor Biofilter Sistem Kontinu

3. Hasil Dan Pembahasan

Industri kerupuk ketumbar menghasilkan limbah cair yang karakteristiknya melebihi standar baku mutu yang berlaku. Karakteristik limbah cair dapat menggambarkan jenis, kualitas, dan potensi pencemaran terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh limbah tersebut. Limbah cair dari industri kerupuk ini memiliki ciri fisik, antara lain berwarna keruh dan sedikit kekuningan. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian awal untuk menentukan unit pengolahan yang tepat.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Kerupuk

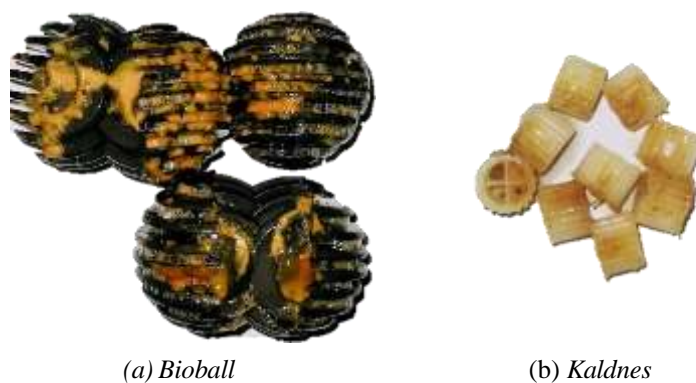
No	Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
1	TSS	mg/L	203	50
2	BOD ₅	mg/L	49,4	50
3	COD	mg/L	131,2	120
4	pH		6,8	6-9
5	Minyak Lemak	mg/L	26,4	20

Pengujian awal menunjukkan rasio BOD/COD sebesar 0,37, yang mengindikasikan bahwa limbah tergolong lambat terurai. Hal ini berarti pengolahan secara biologis memungkinkan, meskipun proses dekomposisi berlangsung lebih lambat. Mikroorganisme pengurai memerlukan waktu untuk beradaptasi (Mangkoediharjo, 2010 dalam Yuslitiani, dkk., 2020).

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), rasio BOD/COD yang ideal untuk pengolahan biologis berkisar antara 0,4 hingga 0,8. Oleh karena itu, diperlukan unit pengolahan tambahan (post-treatment) untuk menurunkan nilai COD dan mengoptimalkan fungsi pengolahan biologis. Biofilter aerobik menjadi pilihan yang tepat untuk post-treatment dalam mengurangi konsentrasi COD dan TSS. Implementasi biofilter aerobik melibatkan beberapa tahap, yaitu *seeding*, aklimatisasi, dan penelitian inti, dimana *seeding* dan aklimatisasi bertujuan mempersiapkan mikroorganisme sebelum berperan sebagai agen degradasi kandungan organik dalam air limbah.

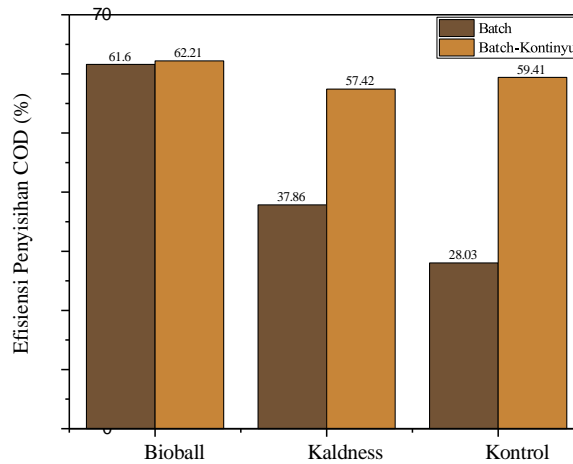
Seeding

Seeding merupakan tahap awal yang dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme. Pada penelitian ini, proses *seeding* dilakukan dengan sistem *batch* dan *batch-kontinu* selama 14 hari. Proses *seeding* secara *batch-kontinu* dilakukan dengan 10 hari secara *batch* dan dilanjutkan 4 hari secara kontinu. Penggunaan kedua metode ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode *seeding* dalam menurunkan konsentrasi COD yang terkandung dalam limbah cair. Pertumbuhan mikroorganisme dapat diamati melalui pembentukan *biofilm* pada permukaan media, yang terlihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. *Biofilm* yang tumbuh pada media biofilter
 (a) *Bioball* dan (b) *Kaldnes*

Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi pH pada tahap *seeding* berkisar antara 5,5 - 8, sedangkan nilai suhu berada dalam rentang 27°C - 29°C. Rentang pH dan suhu tersebut mengindikasikan bahwa mikroorganisme yang tumbuh adalah jenis mesofil. Mikroba mesofil dapat hidup pada rentang pH 5,5 - 8 (Fitria & Zulaika, 2018) dan pada rentang suhu 25°C - 37°C (Indriyasari, 2021). Kondisi ini berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD yang dihasilkan. Pengaruh metode *seeding* terhadap efisiensi penyisihan COD dilihat pada **Gambar 3**.



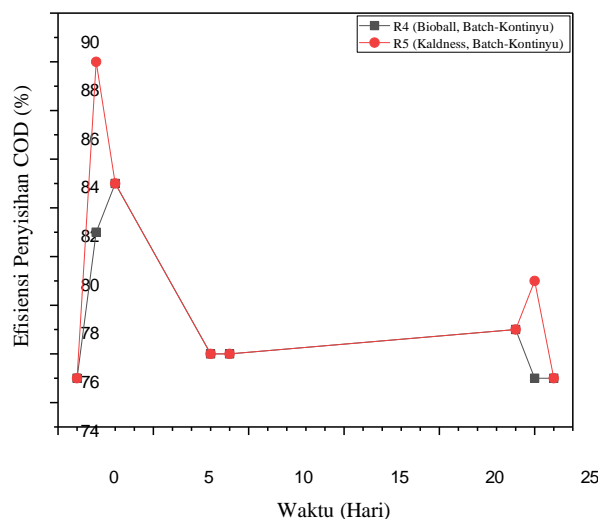
Gambar 3. Pengaruh Metode *Seeding* Terhadap Efisiensi Penyisihan COD

Penyisihan konsentrasi COD pada tahap *seeding* dapat dipengaruhi oleh durasi waktu kontak (Laksono, 2012). Semakin lama waktu kontak maka semakin lama pula interaksi antara biomassa dalam reaktor dengan substrat, sehingga efisiensi penyisihan COD akan meningkat. Namun, jika waktu kontak melebihi batas tertentu, efisiensi pengolahan air limbah dapat menurun. Ketika mikroorganisme sudah stabil, biomassa bakteri akan tumbuh secara berkala menyebabkan lapisan *biofilm* menebal. Kondisi ini mengakibatkan difusi makanan dan oksigen berkurang, sehingga hanya bakteri di permukaan luar yang dapat berfungsi secara optimal. Akibatnya, mikroorganisme di bagian dalam mengalami respirasi endogen atau kekurangan makanan. Mikroorganisme yang mati dalam celah kecil media yang tetap berada di biofilter akan menambah beban organik, sehingga kemampuan untuk mengurangi senyawa organik tidak dapat berlangsung optimal dalam jangka waktu lama.

Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah tahap mikroorganisme melakukan penyesuaian diri terhadap lingkungan baru, termasuk sumber makanan yang tersedia. Dalam penelitian ini, mikroorganisme yang akan menjalani aklimatisasi adalah mikroorganisme yang tumbuh pada media dalam reaktor *seeding* sistem batch-kontinu. Perbandingan persentase antara limbah baru dan air bersih yang digunakan adalah 25%, 50%, 75%, dan 100%. Penggantian air limbah dilakukan setiap tiga hari, dimulai dari konsentrasi terendah hingga tertinggi.

Tahap aklimatisasi berlangsung selama 26 hari dengan nilai pH berada dalam rentang 7 - 8 dan suhu berkisar antara 25°C - 27°C. Mikroorganisme dapat bertahan hidup dalam rentang pH 6,5 - 9 dan suhu 25°C - 30°C (Pitriani dkk., 2014). Proses aklimatisasi dilanjutkan hingga efisiensi penyisihan konsentrasi COD menunjukkan nilai konstan dengan fluktuasi tidak lebih dari 5% selama tiga hari berturut-turut. Efisiensi penyisihan konsentrasi COD pada tahap aklimatisasi dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan COD Tahap Aklimatisasi

Efisiensi penyisihan konsentrasi COD berlangsung konstan pada hari ke-24 - hari ke-25. Pada awal tahap aklimatisasi, efisiensi penyisihan COD belum menunjukkan konsistensi yang baik. Kondisi ini diduga disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang tidak serentak, sehingga kemampuan mikroorganisme dalam mereduksi limbah bervariasi setiap harinya (Bastom, 2015).

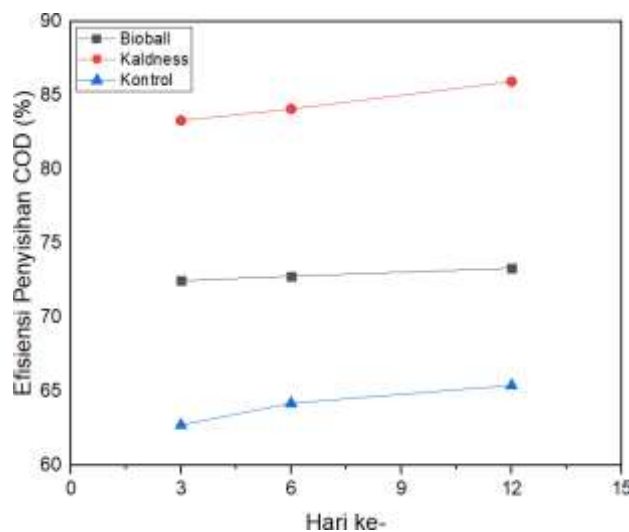
Penelitian Inti

Penelitian inti biofilter aerobik merupakan bagian penting dari penelitian karena melibatkan peran mikroorganisme yang telah dipersiapkan pada tahap sebelumnya. Tahap ini dilakukan secara kontinu selama 12 hari. Dalam penelitian inti ini, digunakan media bioball dan kaldnes K1 sebagai perbandingan. Tahap penelitian inti biofilter aerobik yang berlangsung secara kontinu dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 5. Proses Biofilter Aerobik Sistem Kontinu

Penelitian inti dilakukan dengan pengujian laboratorium terhadap konsentrasi COD dan TSS dengan waktu pengamatan selama 3, 6, dan 12 hari. Hasil efisiensi penyisihan konsentrasi COD pada masing-masing reaktor biofilter dapat dilihat pada **Gambar 6**.



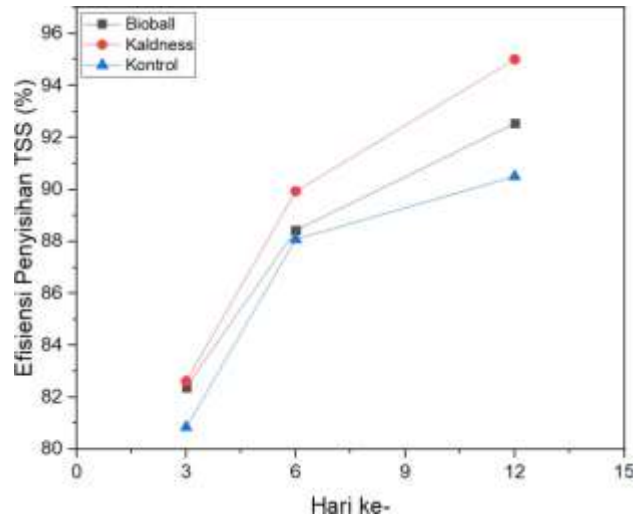
Gambar 6. Pengaruh Waktu Terhadap Efisiensi Penyisihan COD

Penelitian mengenai biofilter aerobik menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi COD meningkat pada setiap media yang digunakan. Salah satu faktor yang memengaruhi peningkatan efisiensi penyisihan COD adalah lamanya waktu tinggal. Semakin lama waktu kontak antara biomassa dengan substrat, semakin baik proses degradasi biologis aerob berlangsung (Bastom, 2015). Oleh karena itu, efisiensi penyisihan COD meningkat dari hari ke hari.

Dalam penelitian ini, terdapat pengaruh media terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi COD. Reaktor yang menggunakan media kaldnes K1 menunjukkan efisiensi penyisihan COD yang lebih tinggi dibandingkan reaktor dengan media bioball. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan media kaldnes K1 yang lebih besar, yang memungkinkan reduksi kandungan organik yang lebih efektif. Mikroorganisme

cenderung lebih banyak melekat pada media dengan luas permukaan yang besar (Bastom, 2015).

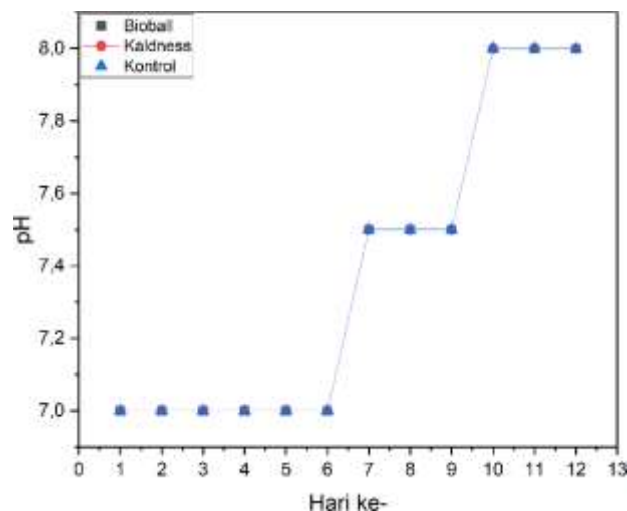
Selain itu, penelitian biofilter aerobik ini juga menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan konsentrasi TSS pada setiap reaktor. Persentase peningkatan efisiensi penyisihan konsentrasi TSS dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Pengaruh Waktu Terhadap Efisiensi Penyisihan TSS

Peningkatan efisiensi penyisihan konsentrasi TSS terus meningkat hingga hari ke-12. Semakin lama waktu tinggal, semakin besar efisiensi penyisihan konsentrasi TSS yang dihasilkan. Dengan bertambahnya waktu tinggal air limbah di dalam reaktor, peluang zat padat tersuspensi untuk mengendap juga semakin tinggi. Dalam penelitian ini, posisi kran outlet reaktor biofilter tidak terlalu rendah, sehingga endapan tidak terbawa langsung oleh efluen. Selain itu, reaktor biofilter dilengkapi dengan sekat (*baffle*), sehingga efluen air limbah yang telah melewati proses biofilter aerobik tidak langsung keluar melalui kran outlet. Air limbah hasil proses biofilter aerobik memiliki waktu pengendapan sebelum keluar melalui kran outlet.

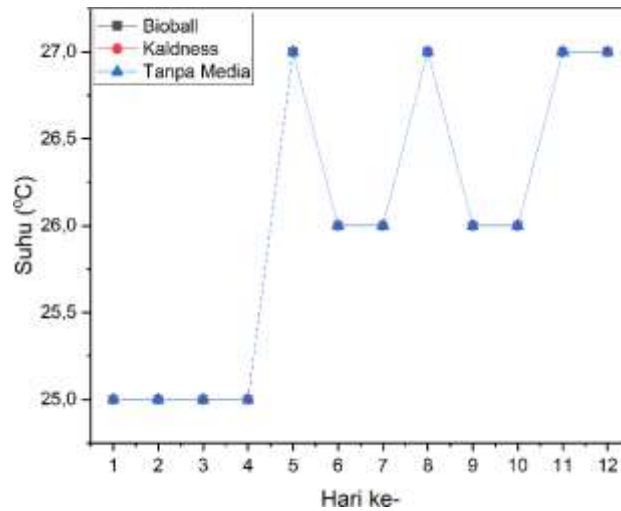
Pada tahap penelitian inti biofilter aerobik ini, dilakukan pengamatan kondisi lingkungan setiap hari, meliputi pH dan suhu. Analisis pH dalam pengolahan biologis air limbah sangat penting untuk memastikan kualitas air limbah dan mengoptimalkan proses pengolahan. Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH universal. Nilai pH dari penelitian inti biofilter aerobik dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Pengaruh Waktu terhadap pH

Nilai pH pada tahap penelitian inti ini berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme yang digunakan dalam proses pengolahan. Berdasarkan **Gambar 8** terjadi peningkatan pH selama proses biofilter aerobik berlangsung. Nilai pH pada tahap ini berada dalam rentang 7 - 8. Nilai pH air limbah yang berkisar antara 6,5 - 8 merupakan kondisi yang baik untuk kehidupan mikroorganisme pada biofilter aerobik (Apelabi dkk., 2021). Penelitian ini juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai pH pada reaktor dengan jenis media

yang berbeda memberikan perbedaan nilai yang kecil, sehingga dapat dinyatakan bahwa jenis media tidak mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan. Analisa suhu dilakukan menggunakan termometer air. Nilai suhu tahap penelitian inti hingga hari ke-12 dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Pengaruh Waktu Terhadap Suhu

Organisme akan bekerja pada suhu optimalnya. Berdasarkan penelitian, suhu optimal tersebut berada dalam rentang 25°C - 27°C. Rentang suhu ini termasuk dalam suhu optimum untuk pengolahan air limbah. Aktivitas bakteri optimal terjadi pada kisaran suhu 25°C - 35°C.

Uji *Two Way* MANOVA

Uji *Two Way* MANOVA dilakukan untuk mengetahui apakah faktor jenis media dan waktu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan TSS. Sebuah faktor dianggap memberikan pengaruh signifikan jika hasil pengujian *Two Way* MANOVA menunjukkan nilai $p < 0,05$. Hasil pengujian *Two Way* MANOVA untuk variabel COD dan TSS dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji *Two Way* MANOVA COD

Tests of Between-Subjects Effect				
	Source	F	Sig.	Keterangan
Removal COD	Model	54.756	0.000	Berpengaruh
	Waktu * Media_Biofilter	5.440	0.034	Berpengaruh
	Waktu	8.778	0.010	Berpengaruh
	Media_Biofilter	26.146	0.000	Berpengaruh
Removal TSS	Model	62.117	0.000	Berpengaruh
	Waktu * Media_Biofilter	30.612	0.000	Berpengaruh
	Waktu	11.704	0.004	Berpengaruh
	Media_Biofilter	76.770	0.000	Berpengaruh

Berdasarkan **Tabel 2** variabel pengaruh jenis media dan waktu terhadap penyisihan konsentrasi COD memiliki nilai signifikansi *p-value* sebesar 0,000 dan 0,010, yang lebih kecil dari α (0,05). Sementara itu, pengaruh jenis media dan waktu terhadap penyisihan konsentrasi TSS menunjukkan nilai signifikansi *p-value* sebesar 0,000 dan 0,004, yang juga lebih kecil dari α (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa jenis media dan waktu berpengaruh secara signifikan terhadap penyisihan konsentrasi COD dan TSS dalam reaktor biofilter aerobik.

4. Kesimpulan

Penelitian mengenai biofilter aerobik menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara jenis media biofilter yang digunakan terhadap efisiensi penyisihan konsentrasi COD dan TSS. Reaktor yang menggunakan media bioball menghasilkan efisiensi penyisihan konsentrasi COD antara 72,49% - 73,34%, serta efisiensi penyisihan TSS antara 82,39% - 92,54%. Sementara itu, reaktor dengan media Kaldnes K1 mencapai efisiensi penyisihan konsentrasi COD sebesar 83,32% - 85,96% dan efisiensi penyisihan TSS sebesar 82,62% - 95,01%.

5. Daftar Pustaka

1. Apelabi, dkk. (2021). Pengaruh Proses Biofilter Aerob Anaerob Terhadap Penurunan Kadar BOD Pada Limbah Cair Rumah Tangga (Studi Literatur). Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat, 21(1)
2. Bastom, Bellia Maharani. (2015). Kajian Efek Aerasi Pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Bioball untuk Pengolahan Air Limbah Budidaya Tambak Udang. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bhakti, L. M., dkk. (2022). Seeding dan Aklimatisasi Karung Plastik *Reject* sebagai Alternatif Media Biofilter Aerobik. Vol 5. Issue 1
4. Fitria, Avip Nur & Zulaika, Enny. (2018). Aklimatisasi pH dan Pola Pertumbuhan *Bacillus cereus* S1 pada Medium MSM Modifikasi. Jurnal Sains dan Seni ITS. Vol 7(2): Hal 39-41
5. Indriyasaki, Eka. (2021). Identifikasi Bakteri *Bacillus* sp. Sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
6. Laksono, Sucipta. (2012). Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
7. Utami, Lucky Indrati, dkk. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses *Batch*. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 13(2): 39-43
8. Martini, Sri, dkk. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*. Vol 5 (2): 26-33
9. Pitriani, dkk. 2014. Efektivitas Penambahan EM4 pada Biofilter Anaerob-Aerob dalam Pengolahan Air Limbah RS. UNHAS.
10. Yuslitiani, Yonik Meilawati, dkk. (2020). Studi Identifikasi Kualitas Air dan Kapasitas Biodegradasi Sungai Cibaligo. *Jurnal Infomatek*. Vol 22(1): 23-30