

## Optimalisasi IPAL Prototipe Menggunakan Biofilter Sarang Tawon sebagai Media Degradasi Polutan Limbah *Laundry*

Alricha<sup>1</sup>, Awwalini Maghfirah Salim<sup>1</sup>, Moh Baitullah Amaludin<sup>1</sup>, Anita Pratiwi<sup>1</sup>, Ardini Wulandari<sup>1</sup>, Fatimah Maulida<sup>1</sup> dan Istiqomah Shariati Zamani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo, Palu, 94112, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako, Palu, 94112, Indonesia

### ABSTRACT

*Domestic wastewater treatment often faces challenges due to high concentrations of organic matter and dissolved solids that can pollute the environment if left untreated. This study aims to evaluate the performance of a honeycomb biofilter in reducing key wastewater pollutants. The method applied was a laboratory-scale experiment using a small-scale WWTP system equipped with a honeycomb biofilter unit. The treatment results showed a significant reduction of BOD from 56 mg/L to 4.15 mg/L (92% efficiency), COD from 224 mg/L to 5 mg/L (97% efficiency), and TDS from 290 mg/L to 194 mg/L (30% efficiency). All parameters meet the quality standards. However, pH decreased from 7.4 to 4.4 (40% reduction), indicating the need for a pH adjustment unit before final discharge. In conclusion, the honeycomb biofilter proved effective in reducing organic load and dissolved solids, although integration with a pH neutralization unit is required to comply with environmental standards.*

Keyword: Laundry wastewater; honeycomb biofilter; prototype

### ABSTRAK

*Pengolahan air limbah domestik sering terkendala oleh tingginya kandungan bahan organik dan padatan terlarut yang dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menyalakan kinerja biofilter sarang tawon dalam menurunkan parameter pencemar utama air limbah. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan sistem IPAL skala kecil yang dilengkapi unit biofilter sarang tawon. Hasil pengolahan menunjukkan penurunan signifikan pada BOD dari 56 mg/L menjadi 4,15 mg/L (efektivitas 92%), COD dari 224 mg/L menjadi 5 mg/L (efektivitas 97%), serta TDS dari 290 mg/L menjadi 194 mg/L (efektivitas 30%). Seluruh parameter tersebut memenuhi baku mutu. Namun terjadi penurunan pH dari 7,4 menjadi 4,4 (penurunan 40%), sehingga diperlukan unit penyesuaian pH sebelum pembuangan ke lingkungan. Kesimpulannya, biofilter sarang tawon terbukti efektif dalam menurunkan beban pencemar organik dan padatan terlarut, meskipun perlu integrasi dengan unit netralisasi pH untuk menyediakan standar lingkungan.*

Kata kunci: Air limbah laundry; biofilter sarang tawon; prototipe

---

Correspondence : Alricha  
Email : [alrichanasir@untad.ac.id](mailto:alrichanasir@untad.ac.id)

## 1 PENDAHULUAN

Air limbah domestik adalah air buangan dari berbagai aktivitas rumah tangga termasuk rumah tinggal, rumah makan, kantor, dan kegiatan sejenis yang terdiri atas dua jenis utama, yaitu *black water* dan *grey water* [1]. Di Indonesia, pengolahan air limbah domestik masih tergolong rendah. Hanya sekitar 5,4% dari air limbah domestik di 80 kota besar yang memperoleh pengolahan secara memadai setiap harinya [2]. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar air limbah, baik dari rumah tangga maupun industri kecil masih dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses pengolahan yang layak.

Salah satu sumber utama dari *grey water* yang berpotensi mencemari lingkungan adalah limbah *laundry*. Limbah ini mengandung bahan organik seperti zat aditif dari deterjen, surfactant, fosfat, dan yang berkontribusi pada tingginya kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta perubahan nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) dan pH air. Penelitian [3], menemukan bahwa COD pada limbah *laundry* mencapai 2.660 mg/L, jauh melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Limbah *laundry* yang tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan kualitas air permukaan, menyebabkan eutrofikasi, serta mengganggu keseimbangan ekosistem perairan [4].

Limbah *laundry* yang juga dibuang langsung tanpa pengolahan memicu peningkatan beban pencemar ke perairan, tercermin dari nilai BOD, COD, TDS, dan pH yang jauh melebihi kondisi normal. Penelitian [5], menunjukkan bahwa COD dapat diturunkan dari 1.002,7 mg/L menjadi 234,7 mg/L (efisiensi 76,59 %), sedangkan BOD berkurang dari 344,06 mg/L menjadi 91,39 mg/L (efisiensi 73,44 %). Konsentrasi yang tinggi ini dapat menurunkan oksigen terlarut di perairan, mengganggu habitat biota air, dan mempercepat degradasi ekosistem perairan.

Upaya pengolahan limbah *laundry* melalui IPAL konvensional tanpa media biofilter khusus telah dilakukan dalam berbagai penelitian, namun seringkali belum optimal dalam menurunkan semua parameter pencemar.

Penelitian pengolahan limbah cair laundry menggunakan kombinasi media pasir silika-karbon aktif-manganes greensand melaporkan bahwa sebelum pengolahan, konsentrasi BOD<sub>5</sub> (180,7 mg/L), COD (500,3 mg/L), TSS (30 mg/L), fosfat (31,8 mg/L), dan pH (8,3) setelah proses filtrasi tanpa biofilter sarang tawon, efisiensi penurunan BOD<sub>5</sub> hanya 68,56 %, COD 65,78 %, TSS 6,67 %, dan fosfat 16,35 % [6]. Meskipun terjadi penurunan, hasil tersebut belum memenuhi baku mutu secara konsisten, sehingga dibutuhkan optimalisasi melalui penambahan media seperti biofilter sarang tawon.

Sistem pengolahan limbah menggunakan biofilter sarang tawon menjadi alternatif yang dapat diaplikasikan untuk optimalisasi IPAL. Media ini terbuat dari bahan PVC berstruktur berongga, dengan luas permukaan tinggi dan tahan terhadap penyumbatan. Media ini berfungsi sebagai tempat tumbuh mikroorganisme pengurai (biofilm), yang berperan aktif dalam menguraikan zat pencemar seperti BOD, COD, dan zat organik lainnya [7]. Penelitian oleh [8], menunjukkan bahwa penggunaan biofilter sarang tawon dengan sistem aerasi dan resirkulasi dapat menurunkan BOD dan COD secara signifikan dalam *grey water*, serta memberikan efisiensi pengolahan yang lebih stabil dibandingkan sistem tanpa biofilm.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem IPAL dengan media biofilter sarang tawon terhadap kualitas air limbah laundry, terutama dalam menurunkan parameter BOD, COD, TDS, dan pH, sebagai indikator utama kualitas air limbah.

## 2 METODE PENELITIAN

### 1.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan area pengambilan sampel air limbah yakni dilaksanakan di Rumah Laundry, Jalan Santigi, Kec. Ulujadi Kota Palu, berkoordinat Latitude: 0°53'06.5"S - Longitude: 119°49'42.9"E. Berikut gambar peta lokasi penelitian.



**Gambar 1.** Lokasi pengambilan sampel air limbah *Laundry*

## 1.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui metode eksperimen laboratorium dengan sistem IPAL skala kecil yang dilengkapi unit biofilter sarang tawon. Dalam hal ini, terdapat dua kelompok perlakuan yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan IPAL prototipe dengan media biofilter sarang tawon, dan kelompok kontrol yang menggunakan IPAL konvensional tanpa media biofilter.

Sampel air limbah diambil dari unit usaha *laundry* aktif dengan metode grab sampling mengacu pada SNI 6989.59:2008, yaitu pengambilan contoh limbah pada satu waktu tertentu dan lokasi spesifik selama aktivitas pencucian berlangsung (pagi dan siang hari) pada inlet dan outlet. Parameter yang diuji meliputi BOD, COD, TDS, dan pH, dengan alat ukur sesuai standar (DO meter, spektrofotometer, pH meter digital).

## 1.3. Jenis Penelitian

Alat dan Bahan pengambilan Sampel Alat:

1. Botol sampel (1500 ml): 4 buah
2. Sarung tangan: 1 pasang
3. Masker: 1 buah
4. Gayung: 1 buah

Bahan:

1. Limbah cair *laundry*:  $\pm$  5 liter
2. Masker
3. Label

Alat dan Bahan Pembuatan Alat Prototipe  
Alat:

1. Gerinda tangan
2. Bor listrik
3. Palu
4. Paku
5. Meteran

6. Baut
7. Aerator
8. Selang Aerator
9. Batu Aerator
10. Lem Pipa
11. Isolasi Pipa

Bahan:

1. Kayu
2. Ember
3. Pipa PVC
4. Kran Air
5. Drat
6. Sarang Tawon
7. Batu Zeolit
8. Pasir Silika
9. Karbon Aktif
10. Ijuk



**Gambar 2.** Desain Prototipe

## 1.4. Prosedur Penelitian

Prototipe terdiri dari 5 bak pengolahan yaitu: (i) Bak inlet dan pengendapan, (ii). Bak Flokulasi dan Koagulasi, (iii) Bak Aerob, (iv) Bak Anaerob, dan (v) Bak Filtrasi. Setelah masukkan air limbah pada bak awal yaitu inlet untuk di proses dan dialirkan pada bak yang lain.

### a. Bak Inlet dan Pengendapan

Air limbah dari inlet rumah sakit dimasukkan ke dalam bak inlet dan pengendapan alat prototipe selama 24 jam. Pengendapan berguna untuk melakukan mengendapkan terhadap partikel-partikel besar yang membentuk lumpur pada dasar bak, sehingga mengurangi kekeruhan pada air tersebut.

### b. Bak Koagulasi

Pada bak ini ditambahkan koagulan Tawas (*Aluminium Sulfat*). Kontrol dilakukan 5 jam sekali untuk melihat hasil dari penambahan

koagulan. Penambahan koagulan ini berguna agar padatan tersuspensi yang berukuran kecil menjadi flok-flok lebih besar sehingga dapat dapat tersedimentasi di dasar bak.

#### c. Bak Biofilter

Bak biofilter terbagi menjadi dua bagian yaitu bak aerob dan anaerob yang masing-masing telah dipasang media sarang tawon. Proses perlakuan berlangsung selama 7 hari pada bak aerob dan 2 hari pada bak anaerob untuk melakukan proses biologis. Tahap ini bertujuan untuk menggiatkan mikroorganisme untuk mengurai zat pencemar organik yang tersisa dalam limbah, mengurai mereka menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menurunkan parameter melalui proses biologis.

#### d. Bak Filtrasi

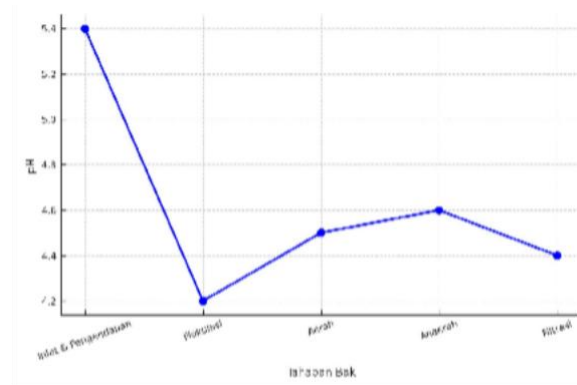
Limbah yang telah melalui proses- proses sebelumnya melewati media penyaring seperti pasir, batu, karbon aktif, ijuk dan kapas. Bak ini bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel kecil yang masih tersisa dan substansi kimia pada limbah. Proses ini berlangsung selama 1x24 jam sebelum limbah dikeluarkan dari bak/reaktor.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian pH

Setelah proses perlakuan selesai dilakukan, sampel limbah di analisis di laboratorium. Berikut merupakan hasil pemeriksaan parameter BOD, COD, pH, dan TDS sebelum dan setelah penggunaan biofilter sarang tawon.

##### 3.1.1 Kadar pH



**Gambar 3.** Kadar pH pada 5 bak Prototipe

Grafik 3. menunjukkan perubahan pH pada setiap tahapan bak IPAL. Terlihat bahwa pH tertinggi ada di bak inlet dan pengendapan (5,4), kemudian turun pada bak flokulasi (4,2), sedikit naik pada bak aerob (4,5), meningkat lagi di bak anaerob (4,6), lalu turun kembali di bak filtrasi (4,4).

Penurunan pH yang tajam pada bak flokulasi sangat mungkin disebabkan oleh penambahan koagulan berbasis aluminium (tawas). Hidrolisis garam aluminium melepaskan ion  $H^+$  sehingga menurunkan pH air. beberapa studi menunjukkan penggunaan alum  $Al_2(SO_4)_3$  dapat menurunkan pH akhir secara signifikan bergantung dosis [9].

Perbedaan pH selanjutnya antar bak biologis berkaitan dengan aktivitas mikroba dan reaksi biokimia yang berlangsung: oksidasi biologis seperti proses nitrifikasi/oksidasi organik pada tahap aerob dapat menghasilkan asam menurunkan alkalinitas dan pH. Sementara pada tahap anaerob akumulasi atau konsumsi asam organik (VFA) dan aktivitas metanogenik dapat mengubah pH kadang sedikit menaikkan kembali jika asam dikonsumsi oleh metanogenesis, atau menurunkan pH jika VFA menumpuk [10],[11].

Variasi pH semacam ini dan dampaknya terhadap kinerja biofilter telah dilaporkan pada kajian-kajian biofiltrasi dan penelitian nitrifikasi/anaerobik terkini. Selain itu, tahap filtrasi kadang menunjukkan perubahan pH minor akibat pelepasan atau penyerapan senyawa terlarut oleh media filtrasi dan adanya sisa produk asam [10],[11].

##### 3.1.2 Perbandingan Kualitas Air Limbah *Laundry* dengan Biofilter Sarang Tawon

**Tabel 1.** Hasil Uji Kualitas Air limbah Sebelum dan Setelah Perlakuan Biofilter

| Parameter | Sebelum Perlakuan | Setelah Perlakuan | Satuan |
|-----------|-------------------|-------------------|--------|
| BOD       | 56                | 4.15              | Mg/L   |
| COD       | 224               | 5                 | Mg/L   |
| pH        | 7.4               | 4.4               | -      |
| TDS       | 290               | 194               | Mg/L   |

*Data Primer, 2025*

Tabel 1. hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan biofilter sarang tawon mampu meningkatkan kualitas air limbah secara signifikan. Nilai BOD turun dari 56 mg/L menjadi 4,15 mg/L, COD dari 224 mg/L menjadi 5 mg/L, TDS dari 290 mg/L menjadi 194 mg/L, sementara pH berubah dari 7,4 menjadi 4,4.

**Tabel 2.** Hasil Uji Kualitas Air limbah Sebelum dan Setelah Perlakuan Biofilter

| Parameter | Inlet | Outlet | Baku mutu | Satuan |
|-----------|-------|--------|-----------|--------|
| BOD       | 56    | 4.15   | 100       | Mg/L   |
| COD       | 224   | 5      | 250       | Mg/L   |
| pH        | 7.4   | 4.4    | 6-9       | -      |
| TDS       | 290   | 194    | 2000      | Mg/L   |

*Data Primer, 2025*

Tabel hasil pengujian, seluruh parameter BOD, COD, dan TDS setelah pengolahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan [12],[13]. Adapun pH berada di bawah kisaran baku mutu (6-9). Hal ini menunjukkan bahwa biofilter sarang tawon efektif menurunkan beban pencemar, namun diperlukan penyesuaian pH sebelum air limbah dibuang ke lingkungan [15].

Perubahan ini menunjukkan bahwa biofilter sarang tawon efektif menurunkan beban pencemar organik dan memperbaiki kualitas fisik air limbah. Hasil ini sejalan dengan penelitian [12], menunjukkan bahwa biofilter sarang tawon dapat menurunkan BOD dan COD secara signifikan pada limbah domestik, serta [13] yang menemukan penurunan serupa pada limbah rumah sakit.

Disisi lain, nilai pH, memiliki kecenderungan ke arah asam. Penurunan pH akibat aktivitas mikroorganisme sehingga unit penyesuaian pH tetap diperlukan sebelum pembuangan ke lingkungan [14].

### 3.1.3 Efektivitas Pengolahan Limbah Prototipe Biofilter Sarang Tawon

**Tabel 3.** Efektivitas Prototipe Biofilter Sarang Tawon

| Parameter | Efektivitas (%) |
|-----------|-----------------|
| BOD       | 92              |
| COD       | 97              |
| pH        | 40              |
| TDS       | 30              |

*Data Primer, 2025*

Data pada tabel 3. Menampilkan efektivitas prototipe biofilter sarang tawon. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efektivitas penurunan BOD mencapai 92%, sedangkan efektivitas penurunan COD lebih tinggi yaitu sebesar 97%.

Angka ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan dengan biofilter sarang tawon bekerja dengan sangat baik dalam menurunkan beban pencemar organik maupun kimia, serta memperbaiki kualitas fisik air limbah. Efisiensi di atas 90% dapat dikategorikan sangat efektif karena mampu menurunkan kadar pencemar hingga berada jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian [12], menunjukkan bahwa biofilter sarang tawon dapat menurunkan BOD dan COD secara signifikan pada limbah domestik, serta [13], yang menemukan penurunan serupa pada limbah rumah sakit.

Parameter lain seperti TDS ternyata sebaliknya memiliki efektivitas yang rendah. Hasil uji TDS menunjukkan hanya sebesar 30%. Nilai ini dikarenakan limbah yang diuji sejak awal sudah memiliki kandungan padatan terlarut rendah. Penurunan TDS oleh biofilter sarang tawon memang tidak sebesar penurunan BOD dan COD, namun tetap mengindikasikan adanya peningkatan kualitas air limbah. Kondisi ini sesuai dengan temuan [15], yang menyebutkan bahwa biofilter lebih dominan berperan dalam menurunkan beban organik (BOD, COD), sementara penurunan TDS biasanya tidak signifikan karena sebagian besar padatan terlarut bersifat non- biodegradable.

Nilai pH juga memiliki kecenderungan ke arah asam. Penurunan pH krena akibat aktivitas mikroorganisme, sehingga unit penyesuaian pH tetap diperlukan sebelum pembuangan ke lingkungan [14].

## 4 KESIMPULAN

Pengolahan limbah laundry menggunakan biofilter sarang tawon terbukti efektif, ditunjukkan dengan keseluruhan parameter memenuhi baku mutu. Konsentrasi BOD menurun dari 56 mg/L menjadi 4,15 mg/L (92%), COD dari 224 mg/L menjadi 5 mg/L (97%), serta TDS dari 290 mg/L menjadi 194 mg/L (30%). Namun pH mengalami penurunan dari 7,4 menjadi 4,4 (40%), sehingga diperlukan penyesuaian pH sebelum air limbah dibuang ke lingkungan.

## DAFTAR RUJUKAN

1. Damayanti, F., 2018. Pengelolaan air limbah domestik berbasis masyarakat. Yogyakarta: UGM Press.
2. Sutrisno, J., Al Kholif, M., Purwanti, L. & Indah, N., 2024. Bibliometric analysis and future study trends in anaerobic biofilter systems for laundry wastewater treatment. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 9(4), pp.223–230.
3. Fitria, K.A., Nurhayati, I. & Sutrisno, J., 2023. Penurunan chemical oxygen demand (COD) dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) limbah laundry menggunakan EM4 dan mikroalga *Spirulina* sp. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 15(1), pp.9–17.
4. Sugito, S., Ambima, A.R., Al Kholif, M. & Fitria, F.L., 2025. Optimizing laundry wastewater treatment: a hybrid approach using poly-aluminum chloride coagulation and activated carbon adsorption. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 10(1), pp.146–154.
5. Amin, M.F., 2021. *Penurunan kadar COD, BOD dan fosfat pada air limbah laundry menggunakan metode aerasi dan filtrasi*. Skripsi. Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang. Tersedia di: <http://eprints.itn.ac.id>
6. Zahro, S.F., Setyowati, R.D.N., Nengse, S. & Utama, T.T., 2022. Pengolahan limbah cair laundry menggunakan kombinasi media pasir silika karbon aktif manganese greensand. *Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan*, 19(2), pp.75–83.
7. Daniro, M., Abdullah, K., Maharani, D. & Eva, E., 2020. Performance test of wastewater treatment plant: anaerobic pond combination of honeycomb biofilter and multi layer filtration. *GCI Series*, 19, pp.59–65.
8. Sasmita, A., Asmura, J. & Maharani, F., 2023. Pengaruh resirkulasi dan aerasi terhadap penurunan konsentrasi BOD dan COD dari air limbah grey water dengan media honeycomb. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 7(1), pp.33–40.
9. Zhang, Y., Chen, X. & Zhang, J., 2020. Influence of alum coagulation on pH and residual aluminum in water treatment. *Frontiers in Environmental Science*, 8, pp.1–9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00049>
10. Wang, Z., Li, Y. & Zhao, J., 2022. pH dynamics and microbial community shifts in aerobic–anaerobic biofilters for wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102689. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102689>
11. Silva, R., Pereira, M. & Santos, A., 2021. Effect of volatile fatty acids accumulation on pH variation in anaerobic treatment systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105473. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105473>
12. Handajani, N. & Romdania, R., 2021. Efektivitas biofilter sarang tawon dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah domestik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Lingkungan*, 17(2), pp.45–52. <https://doi.org/10.33005/jirl.v17i2.245>
13. Wulandari, S., Putri, N.K. & Hidayat, R., 2020. Aplikasi biofilter sarang tawon untuk pengolahan limbah rumah sakit: studi penurunan BOD, COD, dan TSS. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 7(3), pp.101–108. <https://doi.org/10.14710/jeest.7.3.2020.101-108>
14. Susanto, H., Prasetyo, T. & Lestari, E., 2022. Dinamika pH dan aktivitas mikroorganisme pada sistem biofilter



anaerob-aerob untuk pengolahan air limbah. Jurnal Teknologi Lingkungan, 23(1), pp.11–20.  
<https://doi.org/10.29122/jtl.v23i1.4459>.

15. Putra, A., Setiawan, B. & Dewi, F., 2019. Kinerja biofilter dalam menurunkan TDS, BOD, dan COD pada limbah cair domestik. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 20(1), pp.25–34.  
<https://doi.org/10.22146/jrl.2019.20.1.25>