

Studi Literasi : Perbandingan Efektivitas Biofilter, Adsorben, Dan Denitrifikasi Dalam Pengolahan Limbah Nitrat

A Literature Review: Comparative Effectiveness Of Biofilters, Adsorbents, And Denitrification In Nitrate Wastewater Treatment

Destiana Zalsa Wulan Nabila^{1*}, Ichya Musytafizur Ziqri², Teguh Wikan Widodo³, Christian Soolany⁴

^{1,2,3}Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap, Jl. Kemerdekaan Barat No.1 Rt.01/05 Kesugihan

⁴Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap, Jl. Kemerdekaan Barat No.1 Rt.01/05 Kesugihan
destianazwn@gmail.com

ABSTRAK

Pengolahan limbah cair yang mengandung nitrogen perlu dilakukan untuk memenuhi standar lingkungan. Studi ini membandingkan efektivitas biofilter, adsorben, dan denitrifikasi dalam menghilangkan nitrogen dari air limbah. Biofilter dengan media sarang tawon menurunkan nitrit hingga 97,23%, amonia 85,80%, dan nitrogen total 43,65%, tetapi meningkatkan nitrat 21,92% akibat nitrifikasi. (Biofilter dengan botol plastik bekas dan sedimen limbah RPH menurunkan amonia 70,92% dalam kondisi aerobik selama 3 hari, serta nitrit dan nitrat masing-masing sebesar 0,12 mg/L dan 3,01 mg/L dalam kondisi anoksik selama 4 hari. Reaktor biofilter tercelup dengan media sarang tawon mencapai efisiensi tertinggi dalam menurunkan nitrit (100%) dan nitrat (99%) dalam 3 hari. Hasil studi review menunjukkan bahwa kombinasi proses nitrifikasi-denitrifikasi dengan biofilter merupakan metode paling efektif dalam pengolahan limbah nitrat.

Kata Kunci : Studi Literatur, Nitrat, Perbandingan, Efektivitas

ABSTRACT

The treatment of nitrogen-containing wastewater is necessary to meet environmental standards. This study compares the effectiveness of biofilters, adsorbents, and denitrification in removing nitrogen from wastewater. A biofilter with a honeycomb medium reduced nitrite by 97.23%, ammonia by 85.80%, and total nitrogen by 43.65%, but increased nitrate by 21.92% due to nitrification. A biofilter using recycled plastic bottles and slaughterhouse wastewater sediment reduced ammonia by 70.92% under aerobic conditions for 3 days, while nitrite and nitrate levels decreased by 0.12 mg/L and 3.01 mg/L, respectively, under anoxic conditions for 4 days. An immersed biofilter reactor with a honeycomb plastic medium achieved the highest efficiency in reducing nitrite (100%) and nitrate (99%) within 3 days. The study indicate that a combination of nitrification-denitrification processes using biofilters is the most effective method for nitrate wastewater treatment.

Keywords: *Literature Review; Nitrate; Comparison; Effectiveness*

PENDAHULUAN

Air limbah yang mengandung senyawa nitrogen seperti amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3) merupakan hasil buangan dari berbagai kegiatan industri dan domestik. Senyawa-senyawa ini dapat bersifat toksik bagi lingkungan dan kesehatan manusia jika konsentrasinya melebihi ambang batas yang diperbolehkan (Satria et al., 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, konsentrasi maksimum nitrogen total yang diperbolehkan dalam air limbah adalah 30 mg/L, sedangkan ambang batas nitrat, nitrit, dan amonia masing-masing adalah 20 mg/L, 1 mg/L, dan 1 mg/L (Sali et al., 2018).

Pengolahan air limbah yang mengandung senyawa nitrogen umumnya dilakukan melalui proses biologis, fisik, kimia, atau kombinasi dari ketiganya. Proses biologis dengan menggunakan biofilter merupakan salah satu metode yang paling ekonomis dan efektif karena dapat menguraikan polutan melalui aktivitas mikroorganisme yang terakumulasi pada media penyangga dan membentuk lapisan biofilm (Pradnyadari et al., 2018).

Sistem biofilter dengan media sarang tawon telah terbukti efektif dalam menurunkan kadar nitrit dan amonia, meskipun proses ini dapat meningkatkan konsentrasi nitrat akibat proses nitrifikasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan media sarang tawon pada reaktor biofilter tercelup mampu mengurangi kadar nitrit sebesar 97,23%, amonia sebesar 85,80%, dan nitrogen total sebesar 43,65% dengan waktu tinggal optimal 6-7 hari (Sali et al., 2018).

Penggunaan biofilter dengan potongan botol plastik bekas juga telah dikembangkan sebagai metode pengolahan yang ramah lingkungan dan murah. Dengan penambahan suspensi aktif dari sedimen Rumah Potong Hewan (RPH), biofilter ini dapat menurunkan kadar amonia hingga 70,92% melalui proses aerobik selama 3 hari. Selain itu, proses anoksik selama 4 hari mampu menurunkan nitrit dan nitrat secara signifikan (Pradnyadari et al., 2018).

Proses denitrifikasi merupakan tahap lanjutan dari nitrifikasi yang bertujuan untuk mengubah senyawa nitrit dan nitrat menjadi gas nitrogen (N_2) yang aman bagi lingkungan. Metode ini memerlukan kondisi anaerobik dengan penambahan senyawa karbon sebagai sumber elektron (Shakira et al., 2023). Penggunaan reaktor biofilter tercelup dengan media plastik tipe sarang tawon dalam proses denitrifikasi telah menunjukkan hasil yang sangat efektif dengan penurunan kadar nitrit dan nitrat masing-masing sebesar 100% dan 99% dalam waktu tinggal optimal 3 hari (Herlambang & Marsidi, 1998).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas biofilter, adsorben, dan proses denitrifikasi dalam pengolahan limbah yang mengandung senyawa nitrogen (Methods & Iron, 2022). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai metode pengolahan yang paling efektif dan efisien dalam menyisihkan amonia, nitrit, dan nitrat dari air limbah.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan tiga metode pengolahan limbah yaitu biofilter, adsorben, dan proses denitrifikasi. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Air Limbah: Air limbah yang mengandung senyawa amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3) dengan konsentrasi awal yang telah diketahui.
2. Media Biofilter:
Sarang Tawon: Terbuat dari plastik PVC yang digunakan sebagai media penyangga mikroorganisme dalam proses nitrifikasi (Sali et al., 2018)
Plastik Bekas: Potongan botol plastik jenis PET dan HDPE yang berperan sebagai media penopang biofilm dengan penambahan suspensi aktif dari sedimen tanah Rumah Potong Hewan (RPH) (Pradnyadari et al., 2018).
3. Suspensi Aktif:
Sedimen tanah dari limbah Rumah Potong Hewan (RPH) yang digunakan untuk membantu proses pembiakan mikroorganisme pada biofilm.
4. Reaktor Biofilter:
Asam asetat atau larutan gula yang ditambahkan dalam proses denitrifikasi untuk mendukung aktivitas mikroorganisme (Herlambang & Marsidi, 1998).
5. Peralatan Analisis:
Reaktor berbahan kaca atau plastik dengan ukuran yang telah disesuaikan untuk setiap metode pengolahan (biofilter sarang tawon, plastik bekas, dan denitrifikasi).
6. Peralatan Analisis:
Spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat.

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan utama

yaitu pengolahan menggunakan biofilter, proses adsorpsi oleh media plastik bekas, dan denitrifikasi dengan media sarang tawon.

1. Pengolahan Menggunakan Biofilter Sarang Tawon (Sali et al., 2018)
Reaktor biofilter berbentuk kolom dengan media sarang tawon PVC yang disusun teratur.

Proses nitrifikasi dilakukan secara aerobik dengan sistem biofilter tercelup. Air limbah dialirkan ke dalam reaktor selama 7 hari untuk mengamati penurunan kadar amonia, nitrit, dan nitrogen total. Pengukuran konsentrasi senyawa nitrogen dilakukan setiap hari menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2. Pengolahan Menggunakan Biofilter Plastik Bekas (Pradnyadari et al., 2018)
Media berupa potongan botol plastik (PET dan HDPE) diletakkan dalam reaktor kaca dengan aerator untuk mensuplai oksigen. Suspensi aktif dari sedimen tanah RPH ditambahkan untuk mempercepat pembentukan biofilm. Proses aerobik dilakukan selama 3 hari untuk menghilangkan amonia. Proses anoksik dilanjutkan selama 4 hari dengan menutup reaktor untuk mengurangi kadar nitrit dan nitrat. Pengukuran kadar senyawa nitrogen dilakukan setiap hari menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Octaerlian, 2021).
3. Pengolahan dengan Proses Denitrifikasi (Herlambang & Marsidi, 2003)
Proses ini menggunakan reaktor biofilter tercelup dengan media sarang tawon yang telah terakumulasi biofilm. Proses denitrifikasi dilakukan dalam kondisi anaerobik dengan penambahan senyawa karbon (asam asetat atau larutan gula) sebagai

sumber energi bagi mikroorganisme. Waktu tinggal optimal yang digunakan adalah 3 hari. Konsentrasi nitrit dan nitrat yang dihasilkan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga metode pengolahan limbah nitrogen (biofilter sarang tawon, biofilter plastik bekas, dan denitrifikasi) memiliki efektivitas yang berbeda dalam menyisihkan amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3). Berikut adalah hasil pengolahan dari masing-masing metode:

1. Pengolahan dengan Biofilter Sarang Tawon (Sali et al., 2018)
Penurunan Amonia: 85,80% dalam waktu tinggal optimal 7 hari.
Penurunan Nitrit: 97,23% dalam waktu tinggal optimal 6 hari.
Penurunan Nitrogen Total: 43,65% dalam waktu tinggal optimal 6 hari.
Peningkatan Nitrat: 21,92% sebagai hasil dari proses nitrifikasi.
Proses biofiltrasi ini efektif dalam menghilangkan amonia dan nitrit, namun meningkatkan konsentrasi nitrat karena proses oksidasi amonia menjadi nitrat.
2. Pengolahan dengan Biofilter Plastik Bekas (Pradnyadari et al., 2018)
Penurunan Amonia (Proses Aerobik): 70,92% dalam 3 hari. Penurunan Nitrit (Proses Anoksik): Menurun dari 0,58 mg/L menjadi 0,12 mg/L dalam 4 hari. Penurunan Nitrat (Proses Anoksik): Menurun dari 10,66 mg/L menjadi 3,01 mg/L dalam 4 hari. Proses ini menunjukkan bahwa

penggunaan suspensi aktif dari sedimen RPH dapat meningkatkan pembentukan biofilm dan mengurangi kandungan amonia secara signifikan. Namun, proses anoksik dibutuhkan untuk mengurangi nitrit dan nitrat lebih lanjut.

3. Pengolahan dengan Proses Denitrifikasi (Herlambang & Marsidi, 1998)

Penurunan Nitrit: 100% dalam waktu tinggal optimal 3 hari. Penurunan Nitrat: 99% dalam waktu tinggal optimal 3 hari. Proses denitrifikasi merupakan tahap lanjutan dari nitrifikasi yang sangat efektif dalam menghilangkan nitrit dan nitrat dari air limbah dengan menggunakan biofilter sarang tawon dalam kondisi anaerobik.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap metode memiliki keunggulan masing-masing dalam menyisihkan senyawa nitrogen dari air limbah.

1. Biofilter dengan Media Sarang Tawon: Sangat efektif dalam menghilangkan amonia dan nitrit. Namun, proses ini menyebabkan peningkatan konsentrasi nitrat akibat konversi dari amonia (proses nitrifikasi). Penggunaan biofilter ini cocok diterapkan sebagai proses awal (nitrifikasi) sebelum proses denitrifikasi untuk hasil yang lebih optimal.
2. Biofilter Plastik Bekas dengan Suspensi Aktif: Menggunakan limbah plastik bekas (PET dan HDPE) dapat menjadi alternatif ramah lingkungan. Penambahan suspensi aktif dari sedimen RPH mempercepat pembentukan biofilm sehingga mempercepat proses pengolahan amonia. Proses aerobik efektif dalam menurunkan amonia, sementara proses

anoksik efektif dalam menurunkan nitrit dan nitrat.

3. Proses Denitrifikasi:

Sangat efektif dalam menghilangkan nitrit dan nitrat yang dihasilkan dari proses nitrifikasi. Kondisi anaerobik dengan penambahan sumber karbon (asam asetat atau larutan gula) berperan penting dalam proses ini. Waktu tinggal yang relatif singkat (3 hari) menunjukkan efisiensi yang sangat baik.

4. Perbandingan Efektivitas :

Metode denitrifikasi memberikan hasil terbaik dalam mengurangi kadar nitrit dan nitrat secara signifikan.

Biofilter sarang tawon dan plastik bekas efektif dalam menurunkan kadar amonia dan nitrit, namun membutuhkan proses lanjutan untuk mengurangi nitrat yang terbentuk.

Penggabungan proses nitrifikasi (biofilter) dan denitrifikasi (reaktor anaerobik) merupakan metode terbaik dalam menghilangkan seluruh senyawa nitrogen dari air limbah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa setiap metode pengolahan limbah yang mengandung senyawa nitrogen memiliki efektivitas yang berbeda dalam menyisihkan amonia, nitrit, dan nitrat.

1. Biofilter dengan Media Sarang Tawon efektif dalam menghilangkan amonia (85,80%) dan nitrit (97,23%) dengan waktu tinggal optimal selama 6-7 hari. Namun, proses ini meningkatkan konsentrasi nitrat sebesar 21,92% akibat proses nitrifikasi (Sali et al., 2018).

2. Biofilter Plastik Bekas dengan Suspensi Aktif menunjukkan efisiensi yang baik dalam menurunkan amonia sebesar 70,92% melalui proses aerobik selama 3 hari.

Proses anoksik yang dilakukan selama 4 hari berhasil menurunkan kadar nitrit dan nitrat masing-masing menjadi 0,12 mg/L dan 3,01 mg/L (Pradnyadari et al., 2018).

3. Proses Denitrifikasi menggunakan reaktor biofilter tercelup dengan media sarang tawon menunjukkan hasil yang sangat efektif dalam menghilangkan nitrit (100%) dan nitrat (99%) dengan waktu tinggal optimal selama 3 hari (Herlambang & Marsidi, 1998).

Penggabungan proses nitrifikasi dengan biofilter (media sarang tawon atau plastik bekas) dan denitrifikasi dengan reaktor anaerobik merupakan metode yang paling efektif untuk menghilangkan seluruh senyawa nitrogen dari air limbah. Metode ini sangat direkomendasikan untuk diterapkan pada pengolahan air limbah yang mengandung konsentrasi nitrogen tinggi agar sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan jurnal ini.

Tidak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya ini.

Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan referensi dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Herlambang, A., & Marsidi, R. (2003). Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 46–55.
- Methods, U. D., & Iron, Z. Z.-V. I. (2022).

Using Different Methods and Materials , including. *Molecules*, 27(2552).

Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, 15(1), 1-12.

Octaerlian, A. R. (2021). Unjuk Kerja Ecological Floating Bed (EFB) Dengan Media Penyangga Polyurethane Sponge Untuk Penyisihan Nitrit (NO₂-) Dan Nitrat (NO₃-) Pada Air Limbah *Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia*, 2.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/29879>

Sali, G. P., Suprabawati, A., & Purwanto, Y. (2018). Efektivitas Teknik Biofiltrasi Dengan Media Sarang Tawon Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total Limbah Cair. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 1.
<https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.1-6>

Satria, A. W., Rahmawati, M., & Prasetya, A. (2019). Pengolahan Nitrifikasi Limbah Amonia dan Denitrifikasi Limbah Fosfat dengan Biofilter Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(2), 243.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v20i2.3479>

Shakira, A., Mullah, A., Hamdan, A. M., & Lubis, S. S. (2023). Efektivitas Metode Multi Soil Layering (MSL) dalam Penurunan Total Koliform Limbah Cair Domestik. *Dampak*, 20(2), 83–92.
<https://doi.org/10.25077/dampak.20.2.83-92.2023>

Pradnyadari, I. G. A. L., Suyasa, I. W. B., & Suastuti, N. G. A. M. D. A. (2018). Penyisihan Amonia, Nitrit Dan Nitrat Dengan Biofilter Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Media Penopang Biofilm. *Jurnal Media Sains*, 2(2), 76-82.

Sali, G. P., Suprabawati, A., & Purwanto, Y. (2018). Efektivitas Teknik Biofiltrasi Dengan Media Sarang Tawon Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total Limbah Cair. *Jurnal Presipitasi: Media*