

Kombinasi Proses *Oxic* dan *Anoxic* Menggunakan Metode *Moving Bed Biofil Reactor* dalam Meremoval Parameter Pencemar Pada Limbah Tahu

Hani Ghaisani, Yayok Suryo Purnomo*

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya Indonesia

*Koresponden email : yayoksuryo@gmail.com

Diterima: 21 Agustus 2024

Disetujui: 29 Agustus 2024

Abstract

Threats to the environment can come from various sources, including liquid waste from tofu production. This is due to the presence of pollutants in concentrations that exceed quality standards, which are discharged directly into water bodies from industrial wastewater without prior treatment. Therefore, a simple treatment method is needed to process liquid waste from the tofu industry to ensure that the quality meets established standards before disposal in order to prevent environmental contamination. Currently, the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) method is becoming increasingly popular for wastewater treatment in both domestic and industrial applications. This method offers several advantages, including low energy consumption, no need for additional chemicals during operation, which avoids the generation of additional waste, and relatively simple operation and maintenance. In addition, MBBR does not require a large land area. Research shows that MBBR is effective in reducing concentrations of nitrogen compounds and organic compounds in wastewater. The highest removal efficiencies achieved are 92% for COD, 92% for TSS and 94% for NH₃-N.

Keywords - *industrial waste, MBBR, ammonia, oxic, anoxic*

Abstrak

Ancaman pencemaran lingkungan bisa berasal dari mana saja salah satunya dari limbah cair industri tahu. Hal ini disebabkan karena adanya parameter pencemar yang memiliki nilai yang tidak sesuai baku mutu di buang secara langsung dari pengolahan buangan industri menuju ke badan air tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya. Oleh karena itu dibutuhkan pengolahan sederhana yang dilakukan untuk mengolah limbah bersifat cair dari industri tahu agar nilai baku mutu memenuhi standard yang telah ditetapkan sebelum dibuang agar tidak mencemari lingkungan. Saat ini, metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) semakin populer dalam pengolahan air limbah, baik untuk kebutuhan domestik maupun industri. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain konsumsi energi yang rendah, tanpa kebutuhan tambahan bahan kimia selama operasional sehingga tidak menghasilkan limbah tambahan, serta pengoperasian dan perawatan yang relatif mudah. Selain itu, MBBR tidak memerlukan lahan yang luas. Penelitian menunjukkan bahwa MBBR efektif dalam menurunkan konsentrasi senyawa nitrogen dan senyawa organik dalam air limbah. Efisiensi penyisihan yang paling optimum pada COD sebesar 92 % pada penyisihan optimum TSS sebesar 92% dan penyisihan paling optimum pada NH₃-N sebesar 94%.

Kata Kunci: *limbah industri, MBBR, ammonia, oxic, anoxic*

1. Pendahuluan

Industri tahu adalah usaha yang berfokus pada produksi pangan dan menghasilkan limbah cair yang berpotensi untuk mencemari lingkungan jika air limbah dibuang secara langsung ke badan air. Limbah cair dari industri tahu, berupa air dadih, protein dan bahan organik yang dapat cepat terurai oleh mikroorganisme. Jika limbah cair dari industri tahu tidak melewati proses pendegradasian dengan baik dan langsung dibuang menuju ke badan air, hal ini dapat memengaruhi sifat fisik dan kimia air, serta berdampak negatif pada kelangsungan hidup organisme yang hidup di lingkungan tersebut.

Maka dari itu, penting untuk dilakukannya pengolahan terhadap air limbah dengan tepat dari industri tahu sebelum limbah dibuang ke badan air. Pada saat ini pengolahan biologis adalah metode yang banyak digunakan dan sedang dikembangkan, yaitu dengan pemanfaatan makhluk hidup berupa mikroorganisme untuk mendegradasi adanya senyawa organik pada limbah cair tahu serta mengurangi kandungan nutrisi dalam air limbah. (Anisa & Herumurti, 2017). Dalam proses pengolahan dengan metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) yang merupakan salah satu dari unit pengolahan biologis yang memanfaatkan

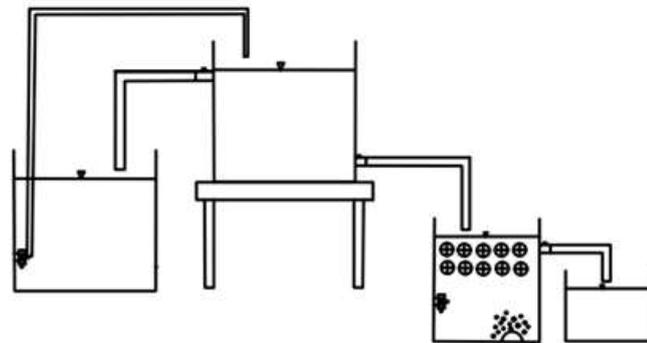
biofilm yang menempel pada media atau bisa disebut dengan system attached growth (mikroorganisme yang melekat dan tumbuh pada media) (E. Metcalf & Eddy, 2014). Pada proses Moving Bed Biofilm Bed (MBBR) proses anoxic digunakan untuk meremoval COD dengan cara memanfaatkan microorganism dimana mikroorganisme juga membutuhkan oksigen sebagai energy pada saat proses oxic. Polutan organik akan diurai oleh bakteri aerob menjadi zat-zat yang lebih stabil seperti karbon dioksida, air, energi, dan biomassa baru. Energi yang dihasilkan digunakan oleh mikroorganisme untuk berbagai proses metabolisme, termasuk respirasi, oksidasi, dan pertumbuhan.

Sementara itu, dalam kondisi anaerob, terjadi proses denitrifikasi yang mereduksi nitrit menjadi nitrat. (Jusepa & Herumurti, 2017). MBBR juga dapat diartikan sebagai proses lumpur aktif yang diproses dengan melakukan penambahan media (carrier) ke dalam reaktor MBBR sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Terdapat dua media yang digunakan dalam penelitian kali ini media yang pertama yaitu Biocube (spons) dengan volume isian media 30 dan 40% lalu media kedua yang digunakan adalah media kaldnes dengan ukuran K5 dengan variasi volume isian 30 dan 40% .

2. Metode Penelitian

A. Alat dan Bahan

Dalam penelitian yang dilakukan kali ini, alat dan bahan diperlukan untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan eksperimen. alat dan bahan yang perlu disiapkan antara lain : sampel limbah industri tahu di Mojokerto. Antara lain alat yang dibutuhkan yaitu limbah cair dari industri tahu, aerator, pompa submersible, media Kaldness 5 (K5), spons (biocube),



Gambar 1. Desain reaktor MBBR

Keterangan :

1. Bak penampung awal
2. Bak pengatur debit
3. Reaktor MBBR
4. Bak penampung akhir

B. Analisis Karakteristik Awal Limbah tahu

Air limbah industri tahu yang diambil dari industri tahu Mojokerto, Jawa Timur digunakan sebagai sampel dalam penelitian kali ini. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juni 2024. Pengambilan sampel dilakukan di tempat pembuangan limbah cair pada industri tahu. Pada penelitian pendahuluan dilakukan uji karakteristik limbah cair industri tahu , uji COD, TSS, NH₃-N, nitrit dan phospat.

C. Seeding dan Aklimatisasi

Seeding dilaksanakan untuk menumbuhkan mikroorganisme hingga terbentuk lapisan biofilm yang menempel pada media kaldness dan spons (biocube). Seeding pada penelitian ini dilakukan merendam media dengan air limbah pada reaktor. Pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada media diamati setiap hari dan mulai tumbuh pada hari ke- 7 dengan lapisan biofilm yang sedikit tebal. Lalu seeding dilanjutkan hingga hari ke 14 sampai selesai. Setelah proses seeding selesai, maka dilanjutkan dengan melakukan proses aklimatisasi sebelum melakukan penelitian.

Aklimatisasi adalah proses penyesuaian suatu organisme untuk dapat berfungsi dengan baik di lingkungan yang baru. Proses ini melibatkan perubahan yang memungkinkan organisme beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berbeda dari habitat aslinya. Prinsip kerja aklimatisasi adalah dengan memasukkan air limbah ke dalam reaktor secara bertahap dari 50% dan 100% air limbah. Menurut Herald (2010) selesainya aklimatisasi pada saat kondisi steady state, apabila fluktuasi penyisihan nilai COD yaitu

pada saat tidak lebih dari 10% dimana berarti mikroorganismenya siap untuk dilakukan menuju proses selanjutnya. Setelah berhasil pada tahap aklimatisasi maka akan dilanjutkan tahap running.

D. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat keefektifan MBBR dalam menurunkan baku mutu dari parameter COD, TSS, dan NH₃-N yang dilakukan penelitian selama 24 hari. Analisis parameter pada penelitian ini dilakukan dengan cara kombinasi pada saat kondisi oxic dan anoxic. Kondisi oxic dilakukan dengan menggunakan pompa submersible dan juga aerator, sedangkan pada proses anoxic dilakukan dengan cara hanya menggunakan pompa submersible saja.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis awal meliputi COD, TSS dan NH₃-N dimana parameter tersebut merupakan parameter yang akan diteliti dalam penelitian kali ini. Hasil uji baku mutu awal karakteristik air pada limbah tahu dapat dilihat pada **Tabel 1**.

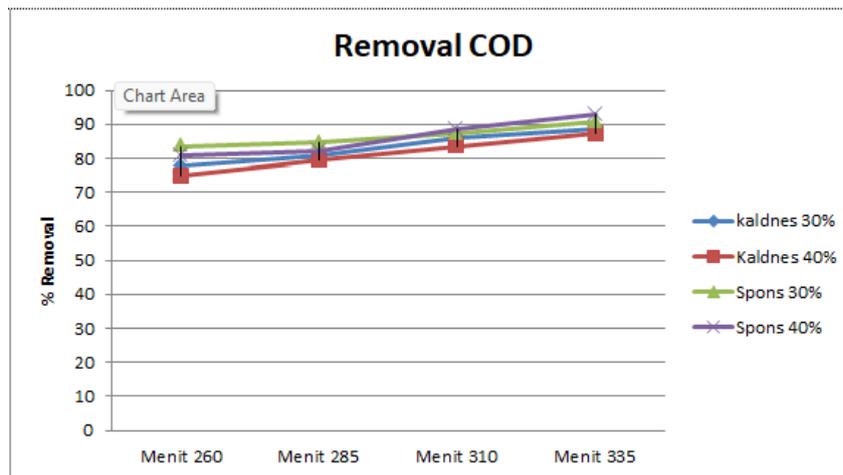
Tabel 1. Hasil awal karakteristik limbah tahu

Parameter	Hasil Analisa Awal (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
COD	636	300
TSS	535	200
NH ₃ -N	9,2	10

Sumber : Analisis 2024

A. Penurunan Senyawa COD

Grafik pada **Gambar 2** menunjukkan persen removal pada penurunan COD dengan hasil persen removal 78%, 80%, 86%, 88% pada media Kaldness 30%. Selanjutnya untuk media Kaldness 40% menghasilkan persen removal sebesar 74%, 79%, 83%, 87%. Untuk media spons 30% menghasilkan persen removal sebesar 83%, 84%, 87%, 90% dan untuk media spons 40% menghasilkan persen removal sebesar 80%, 82%, 88% dan 92%.

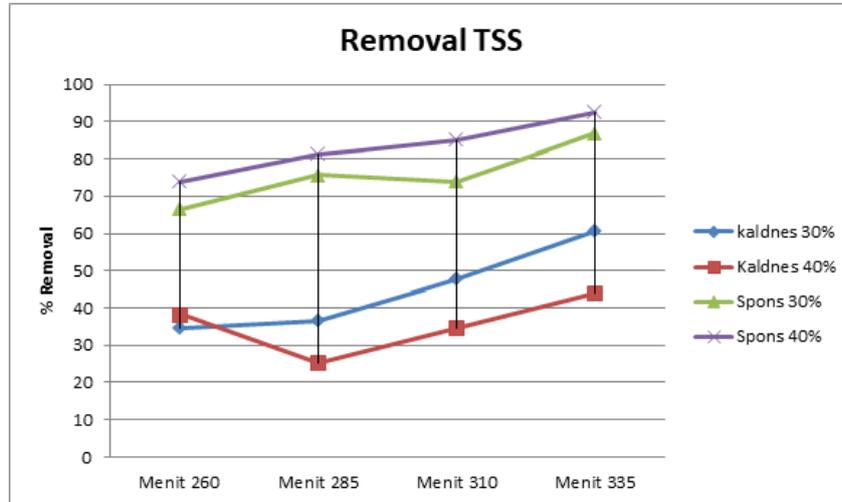


Gambar 2. Grafik Removal COD

Dapat dilihat grafik **Gambar 2** menggambarkan hubungan tentang isian media terhadap persentase removal COD, media spons 40% terbukti dapat menurunkan kadar COD hingga 92%. Hal ini dikarenakan pada media Kaldness dengan volume isian media 40% bakteri yang melekat pada media lebih banyak dan hal itu mempengaruhi proses removal pada parameter COD. Sedangkan pada media Kaldness bakteri tumbuh sedikit lebih lama dikarenakan permukaan media yang licin sehingga seringkali mikroorganismenya yang sudah melekat pada media luruh. Hal itu juga mempengaruhi proses pendegradasian pada parameter COD.

B. Penurunan Senyawa TSS

Grafik **Gambar 3** menunjukkan persen removal pada penurunan TSS dengan hasil persen removal 34%, 36%, 47%, 60% pada media Kaldness 30%. Lalu untuk media Kaldness 40% menghasilkan persen removal sebesar 38%, 25%, 34%, 43%. Sementara untuk media spons 30% menghasilkan persen removal sebesar 66%, 75%, 73%, 86% dan untuk media spons 40% menghasilkan persen removal sebesar 73%, 81%, 85% dan 92%.

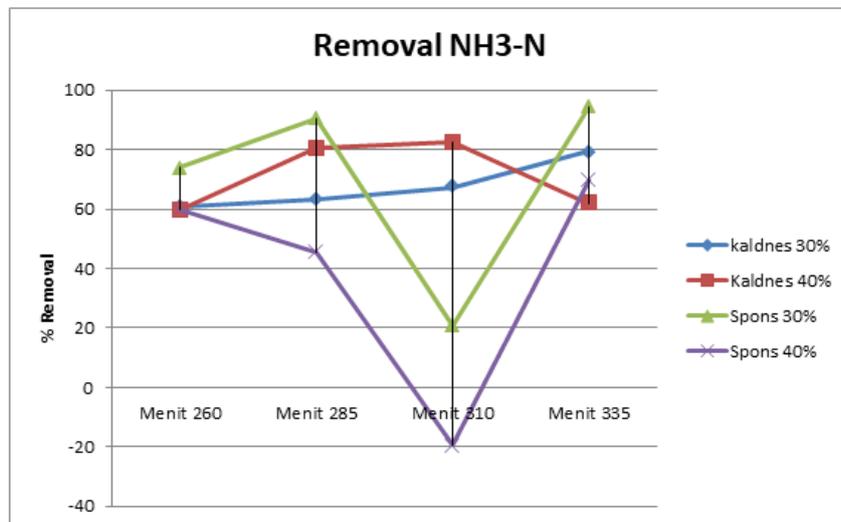


Gambar 3. Grafik Removal TSS

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan kadar TSS tidak stabil. Hal ini disebabkan oleh luruhnya mikroorganisme yang ada pada media ketika proses berlangsung. Bakteri yang tersuspensi (*suspended growth*) tersebut membuat kadar TSS pada penelitian kali ini tidak stabil dan mengalami kenaikan.

C. Penurunan Senyawa NH₃-N

Grafik **Gambar 4** menunjukkan persen removal pada penurunan NH₃-N dengan hasil persen removal 60%, 63%, 67%, 79% pada media Kaldness 3%. Untuk media Kaldness 40% menghasilkan persen removal sebesar 59%, 80%, 82%, 61%. Selanjutnya untuk media spons 30% menghasilkan persen removal sebesar 73%, 90%, 20%, 94% dan untuk media spons 40% menghasilkan persen removal sebesar 59%, 45%, -19% dan 69%.



Gambar 4. Grafik Removal NH₃-N

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan kadar NH₃-N tidak stabil. Dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme yang bekerja untuk mengurai NH₃-N belum bekerja dengan baik. Namun dapat dilihat seiring dengan bertambahnya waktu di waktu paling lama pada penelitian ini penurunan kadar NH₃-N dapat turun dengan pesat.

4. Kesimpulan

MBBR optimum dalam meremoval parameter COD, TSS, dan NH₃-N dengan besar persentase paling optimum sebesar 92,79 % pada parameter COD, dan meremoval sebesar 92,52 % pada parameter TSS dan persentase removal pada NH₃-N sebesar 94,23 %. Variasi isian media spons dengan volume isian 40% terbukti paling efisien pada proses pengolahan dengan persentase removal sebesar 92,79 % untuk COD. Media spons dengan volume isian 40 % dengan removal sebesar 92,52 % untuk parameter TSS, dan media spons dengan volume isian 30 % dengan removal sebesar 94,23 % untuk parameter NH₃-N.

Variasi waktu tinggal yang paling efektif yaitu pada waktu 335 menit (255 menit oxic dan 80 menit anoxic), hal itu dikarenakan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah yang semakin lama akan semakin baik juga bagi mikroorganisme dalam mendegradasi air limbah. Sehingga mikroorganisme tentunya akan meremoval parameter pencemar yang diteliti lebih optimal dibandingkan dengan waktu kontak yang terjadi antara air limbah dengan mikroorganisme yang lebih sebentar.

5. Daftar Pustaka

- Ana, A. & Welly, H., 2017. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, Volume Vol. 6 No.2.
- Anisa, A., & Herumurti, W. 2017. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25166>
- Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. 2016. Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3).
- Hartoyo, Sri. 2018. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat. *Direktorat Jendral Cipta Karya*.
- Igarashi, T., Watanebe, Y., Asano, T. & Tambo, N., 1999. Water Environmental Engineering Reuse of Water. Jepang: Hokkaido Press.
- Putra, A. Y., & Yulia, P. A. R. 2019. Kajian kualitas air tanah ditinjau dari parameter pH, nilai COD dan BOD pada desa teluk nilap kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 103-109.
- Jusepa, N. R., dan Herumurti, W. 2017. Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Bio film Reactor dengan Proses Anaerobik-Aerobik-Anoksik. *Jurnal Teknik ITS* 5.
- Metcalf & Eddy, 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. Newyork: Mc-Graw Hill, Inc.
- Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Nurhasmawaty Pohan, 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik. Tesis, Pasca Sarjana. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Nusa, I. S. & Muhammad, R. S., 2014. Penghilangan Amoniak di dalam Air Limbah Domestik dengan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). JAI, Volume Vol 7. No. 1.
- Nusa, I. S. & Ruliasih, 2005. Tinjauan Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah. JAI, Volume Vol. 1 No. 3.
- Nusa, I. S. & Teguh, I. S., 2015. Penghilangan Polutan Organik dan Padatan Tersuspensi di dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor. JAI Vol. 8 No.12015.
- Nusa, I. S., 2001. Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(3).
- Nusa, I. S., 2011. Teknologi Pengolahan Limbah Domestik. *Teknologi Lingkungan*, Volume 1(2), pp. 52-61.
- Huda, R. 2017. Pengolahan Lindi Dengan Proses Aerobik-Anoksik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor Untuk Menurunkan Konsentrasi Organik Dan Nitrogen. *Jurusan Teknik Lingkungan*.