JIKES: JURNAL ILMU KESEHATAN
Tahun 2026, Volume 5, Nomor 1, Bulan Juli-Desember: hlm 1736-1745
e-ISSN: 2963-069X | URL: https://yptb.org/index.php/jik | e-Mail: jurnalq17@gmail.com

Lisensi: CC-BY

DOI: https://doi.org/10.71456/jik.v5i1.2936

PENGARUH EFFECTIVE MICROOGANISM-4 (EM-4) TERHADAP KADAR BOD (*BIOLOGYCAL OXYGEN DEMAND*) PADA LIMBAH CAIR TAHU

Eka Inggrit Nur Hayati[1*], & Dwi Astuti[2]

[*1&2] Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta
e-Mail: ekainggritnurhayati.@gmail.com*, Dwi.Astuti@ums.ac.id

Submit Tgl: 08-Oktober-2026 Diterima Tgl: 22-Oktober-2026 Diterbitkan Tgl: 23-Oktober-2026

Abstrak: Latar Belakang: Limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik tinggi yang dapat meningkatkan kadar BOD dan mencemari lingkungan. EM-4 dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan biologis untuk membantu menguraikan bahan organik. Tujuan: Mengetahui keefektifan EM-4 dalam menurunkan kadar BOD limbah cair tahu. Metode: Penelitian eksperimen dengan rancangan *pretest-posttest* dan kelompok kontrol. Populasi berupa seluruh limbah cair industri tahu di Dukuh Wangkis, Desa Dibal, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali. Sampel sebanyak 12 liter diambil dengan *purposive sampling*. BOD diukur menggunakan metode Titrasi Winkler setelah inkubasi 5 hari. Analisis menggunakan SPSS dengan uji Shapiro-Wilk, One-Way ANOVA, dan Tukey HSD. Hasil: Rata-rata BOD sebesar 634,33 mg/L pada kontrol menurun menjadi 391,33 mg/L, 160,33 mg/L, dan 39,00 mg/L pada konsentrasi EM-4 masing-masing 1, 2, dan 3 mL/L. Penurunan tertinggi sebesar 93,85% pada konsentrasi 3 mL/L. Kesimpulan: EM-4 berpengaruh signifikan terhadap penurunan BOD, dengan konsentrasi 3 mL/L sebagai perlakuan paling efektif.

Kata Kunci: Kebutuhan Oksigen Biologis, Mikroorganisme Efektif, Air Limbah Industri, Air Limbah Tahu, Pengolahan Air Limbah

Abstract: *Background: Tofu wastewater contains high levels of organic matter that can increase Biological Oxygen Demand (BOD) and cause environmental pollution. Effective Microorganism-4 (EM-4) can be used as an alternative biological treatment to decompose organic matter. Objective: To determine the effectiveness of EM-4 in reducing BOD levels in tofu wastewater. Methods: An experimental study was conducted using a pretest-posttest design with a control group. The population consisted of tofu industrial wastewater in Wangkis Hamlet, Dibal Village, Ngemplak District, Boyolali Regency. A total of 12 liters of wastewater were collected using purposive sampling. BOD was measured using the Winkler titration method after five days of incubation. Data were analyzed using SPSS with the Shapiro-Wilk, One-Way ANOVA, and Tukey HSD tests. Results: The mean BOD decreased from 634.33 mg/L in the control group to 391.33 mg/L, 160.33 mg/L, and 39.00 mg/L at EM-4 concentrations of 1, 2, and 3 mL/L, respectively. The highest reduction was 93.85% at 3 mL/L. Conclusion: EM-4 significantly reduced BOD levels, with 3 mL/L being the most effective concentration under the study conditions.*

Keywords: *Biological Oxygen Demand, Effective Microorganisms, Industrial Wastewater, Tofu Wastewater, Wastewater Treatment*

Cara mengutip Hayati, E. I. N., & Astuti, D. (2026). Pengaruh Effective Microoganism-4 (EM-4) terhadap Kadar BOD (Biologycal Oxygen Demand) pada Limbah Cair Tahu. *JIKES : Jurnal Ilmu Kesehatan*, *5*(1), 1736–1745. https://doi.org/10.71456/jik.v5i1.2936

Copyright©2026: Eka Inggrit Nur Hayati, & Dwi Astuti

PENDAHULUAN

Limbah cair merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang berkaitan dengan aktivitas manusia, terutama dari kegiatan rumah tangga dan permukiman. Astuti dan Rosemalia (2022) menjelaskan bahwa aktivitas rumah tangga menjadi salah satu sumber penghasil limbah cair yang besar, terutama seiring dengan jumlah penduduk dan kepadatan permukiman yang semakin meningkat. Kondisi tersebut dapat memicu pembangunan permukiman, termasuk di sekitar bantaran sungai, yang selanjutnya meningkatkan volume limbah cair domestik yang dihasilkan. Selain limbah domestik, aktivitas industri juga menjadi sumber limbah cair yang perlu mendapatkan perhatian, salah satunya industri tahu yang berkembang dalam skala industri kecil dan menengah. Seroja et al. (2018) menjelaskan bahwa berkembangnya industri tahu dapat menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran air karena limbah cair yang dihasilkan mengandung bahan organik berupa protein, karbohidrat, dan lemak dalam konsentrasi yang tinggi. Hardiansyah (2016b) juga menjelaskan bahwa limbah cair industri tahu memiliki karakteristik fisika dan kimia yang perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kondisi lingkungan perairan.

Limbah cair industri tahu dihasilkan dari berbagai tahapan proses produksi, mulai dari pencucian kedelai, perendaman, penyaringan, penggumpalan hingga pencetakan tahu. Hardiansyah (2016) menjelaskan bahwa karakteristik fisika limbah cair tahu meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau, sedangkan karakteristik kimianya meliputi bahan organik, bahan anorganik, dan gas. Suhu limbah cair tahu juga dapat mencapai 40°C sampai 46°C akibat proses pemasakan kedelai, sehingga peningkatan suhu di lingkungan perairan dapat memengaruhi kehidupan biologis dan kelarutan oksigen (Sungkowo et al., 2015). Seroja et al. (2018) menyatakan bahwa tingginya konsentrasi senyawa organik pada limbah cair tahu dapat menyebabkan bau tidak sedap serta pencemaran permukaan, air tanah, dan sungai. Feng et al. (2024) menunjukkan bahwa air limbah tahu juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam pengolahan air limbah, sehingga keberadaannya perlu dikelola secara tepat. Astuti et al. (2026) menegaskan bahwa kandungan organik yang tinggi dalam air limbah tahu berpotensi mengganggu ekosistem perairan apabila dibuang tanpa pengolahan, sehingga pengelolaan air limbah menjadi penting untuk mengurangi dampak lingkungan (Yuliyani & Widayatno, 2020).

Permasalahan utama dalam pengelolaan limbah cair industri tahu berkaitan dengan tingginya kandungan bahan organik dan belum optimalnya pengolahan limbah pada industri berskala kecil dan menengah. Suprayitno et al. (2024) menunjukkan bahwa limbah cair tahu memiliki kadar BOD sebesar 1369 mg/l, COD sebesar 3625 mg/l, dan TSS sebesar 4560 mg/l, yang menunjukkan bahwa kandungan tersebut tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penanganan lebih lanjut sebelum limbah cair dibuang ke badan air. Astuti et al. (2026) menyatakan bahwa limbah tahu yang tidak ditangani dengan tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menjadi sumber penyakit, dan merusak ekosistem perairan. Hardiansyah (2016b) juga menjelaskan bahwa limbah cair tahu yang tergenang di sekitar lokasi produksi dapat menimbulkan bau serta berdampak terhadap sanitasi dan higienitas tempat kerja (Yunisyah et al., 2022).

Salah satu parameter penting yang digunakan untuk menggambarkan tingkat pencemaran bahan organik dalam air limbah adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD). Astuti dan Rosemalia (2022) menjelaskan bahwa BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut

yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air, sehingga parameter tersebut sering digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Tingginya nilai BOD dapat menyebabkan berkurangnya oksigen yang tersedia dan menciptakan kondisi anaerobik dalam air limbah. Mohammad Isa et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan Effective Microorganism-4 (EM-4) dapat membantu meningkatkan kualitas air melalui aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik serta berpotensi menurunkan parameter pencemar, termasuk BOD dan COD. Shivalik (2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan bio-enzim organik dapat diterapkan dalam pengolahan air limbah domestik, sehingga pendekatan biologis berbasis aktivitas mikroorganisme atau enzim memiliki potensi dalam pengolahan limbah cair. Deffy et al. (2020) juga menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 dalam proses bioremediasi limbah cair industri tahu mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS melalui perlakuan dengan variasi konsentrasi EM-4 dan proses anaerob-aerob.

Permasalahan lainnya adalah waktu pengolahan limbah cair yang relatif lama sehingga diperlukan upaya untuk mempercepat proses penguraian bahan organik. Mohammad Isa et al. (2021) menjelaskan bahwa EM-4 dapat digunakan untuk membantu meningkatkan kualitas air melalui aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Deffy et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 dengan konsentrasi 1/10 menghasilkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 48,98%, sedangkan konsentrasi 1/20 menghasilkan efisiensi sebesar 37,33% hingga 37,34%. Haerun et al. (2018) juga menunjukkan bahwa penambahan EM-4 pada limbah cair tahu dengan perbandingan 1:20 dan 1:10 dapat menurunkan konsentrasi BOD dan COD, dengan perlakuan EM-4 1:20 menunjukkan hasil penurunan yang memenuhi baku mutu limbah cair yang digunakan dalam penelitian tersebut. Temuan tersebut menunjukkan adanya potensi penggunaan EM-4 sebagai alternatif pengolahan biologis untuk menurunkan kadar BOD pada limbah cair tahu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan penurunan kadar BOD sebelum dan sesudah limbah cair tahu diberi EM-4 dengan mengetahui kadar BOD sebelum dan setelah pemberian EM-4 serta menganalisis pengaruh EM-4 terhadap penurunan BOD. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan penanganan limbah cair tahu yang memiliki kandungan bahan organik tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan tepat. Astuti et al. (2026) menegaskan pentingnya pengelolaan air limbah tahu untuk mengurangi bahaya terhadap lingkungan, sedangkan Deffy et al. (2020) dan Haerun et al. (2018) menunjukkan bahwa EM-4 memiliki kemampuan dalam menurunkan parameter pencemar pada limbah cair tahu. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengujian keefektifan penggunaan EM-4 terhadap penurunan kadar BOD limbah cair tahu melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah pemberian EM-4, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas EM-4 sebagai alternatif pengolahan biologis limbah cair tahu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan *pretest-posttest* dan kelompok kontrol yang bertujuan mengetahui keefektifan penambahan *Effective Microorganism-4* (EM-4) dalam menurunkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah cair tahu. Rancangan penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan EM-4 pada limbah cair tahu menggunakan variasi dosis 0 ml/L sebagai kontrol, 1 ml/L, 2 ml/L, dan 3

ml/L, dengan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali replikasi. Penggunaan EM-4 sebagai perlakuan biologis dalam pengolahan limbah cair tahu telah digunakan dalam penelitian sebelumnya dan menunjukkan kemampuan dalam menurunkan parameter pencemar, termasuk BOD, COD, dan TSS (Deffy et al., 2020; Mohammad Isa et al., 2021; Samsudin et al., 2018). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan Jasa Tirta 1, Sukoharjo, pada 1 Maret sampai 30 Maret 2026, sedangkan pengambilan sampel dilakukan pada industri tahu milik Bapak Dwi di Dukuh Wangkis, Desa Dibal, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian meliputi gelas ukur, pipet ukur, buret, labu Erlenmeyer, statif, botol oksigen, pH meter, dan termometer. Data penelitian merupakan data kuantitatif primer yang diperoleh dari hasil pengukuran kadar BOD, pH, suhu, dosis EM-4, dan persentase penurunan BOD. Pengukuran kadar BOD dilakukan menggunakan metode titrasi Winkler setelah sampel diinkubasi selama 5 hari. Penggunaan parameter BOD sebagai indikator kandungan bahan organik pada limbah cair juga digunakan dalam penelitian mengenai pengolahan limbah cair tahu dan pengolahan air limbah secara biologis (Astuti & Rosemalia, 2022; Henny et al., 2021; Amri & Widayatno, 2023). Analisis data dilakukan menggunakan SPSS melalui analisis univariat dan bivariat. Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan hasil pengukuran, sedangkan analisis bivariat digunakan untuk mengetahui perbedaan kadar BOD antarperlakuan. Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk, kemudian dilanjutkan dengan *One-Way ANOVA*. Apabila terdapat perbedaan yang bermakna, analisis dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada tingkat kepercayaan 95% dengan nilai $\alpha = 0{,}05$.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh limbah cair industri tahu di Dukuh Wangkis yang belum memiliki instalasi pengolahan limbah. Sampel penelitian diambil dari saluran pembuangan industri tahu sebelum limbah masuk ke badan air. Kebutuhan sampel ditetapkan sebanyak 1 liter untuk setiap perlakuan dengan total sampel sebanyak 12 liter untuk empat perlakuan dan tiga kali replikasi. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan pertimbangan lokasi memiliki kadar BOD yang tinggi, badan air berada dekat dengan lokasi industri, serta limbah cair dibuang secara langsung tanpa melalui proses pengolahan. Pemilihan lokasi tersebut sesuai dengan permasalahan limbah cair tahu yang dapat memiliki kandungan bahan organik tinggi dan berpotensi memengaruhi kualitas air apabila tidak mendapatkan pengolahan yang memadai (Seroja et al., 2018; Sayow et al., 2020; Simanjuntak et al., 2021).

Prosedur penelitian diawali dengan pengambilan sampel limbah cair tahu dari saluran pembuangan sebelum masuk ke badan air, kemudian dilakukan pengukuran awal terhadap pH dan suhu sampel. Sampel sebanyak 1 liter selanjutnya diberikan perlakuan EM-4 dengan dosis 0 ml/L, 1 ml/L, 2 ml/L, dan 3 ml/L. Perlakuan dosis 0 ml/L digunakan sebagai kelompok kontrol, sedangkan dosis 1 ml/L, 2 ml/L, dan 3 ml/L digunakan sebagai kelompok perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Selanjutnya dilakukan pengenceran sesuai prosedur pengukuran BOD dan pengukuran oksigen terlarut menggunakan metode Winkler. Sampel kemudian diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C. Nilai BOD ditentukan berdasarkan perbedaan kadar oksigen terlarut sebelum dan sesudah masa inkubasi, sedangkan keefektifan EM-4 ditentukan berdasarkan persentase penurunan kadar BOD. Prosedur pemberian EM-4 sebagai perlakuan pada limbah cair tahu sejalan dengan penelitian Deffy et al. (2020), sedangkan penggunaan EM-4 dalam pengolahan bahan

organik dan peningkatan kualitas air juga telah dilaporkan oleh Mohammad Isa et al. (2021) dan Periasamy et al. (2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Univariat

Tabel 1. Statistik Deskriptif Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada Limbah Cair Tahu Berdasarkan Variasi Konsentrasi EM-4.

Konsentrasi EM-4 (mL/L)	n	Minimum (mg/L)	Maksimum(mg/L)	Mean (mg/L)	Standar Deviasi
0	3	573	666	634,33	53,13
1	3	322	427	391,33	60,05
2	3	157	165	160,33	4,16
3	3	18	54	39,00	18,73

Berdasarkan Tabel 2, setiap kelompok terdiri atas 3 replikasi (n = 3). Rata-rata kadar BOD menurun seiring peningkatan dosis EM-4, yaitu 634,33 mg/L pada kontrol, 391,33 mg/L pada dosis 1 mL/L, 160,33 mg/L pada dosis 2 mL/L, dan 39,00 mg/L pada dosis 3 mL/L. Secara deskriptif, semakin tinggi konsentrasi EM-4, semakin rendah kadar BOD limbah cair tahu.

Analisis bivariat

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada Limbah Cair Tahu

Variabel	N	Statistik Shapiro-Wilk	Sig.
Kadar BOD	12	0,895	0,136

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada limbah cair tahu memiliki nilai signifikansi sebesar 0,136. Nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05 (0,136 > 0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa data kadar BOD berdistribusi normal.

Tabel 3. Hasil Uji One-Way ANOVA Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada Limbah Cair Tahu Berdasarkan Variasi Konsentrasi EM-4

Sumber Variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	622776,250	3	207592,083	122,167	0,000
Within Groups	13594,000	8	1699,250	-	
Total	636370,250	11	-	-	

Berdasarkan Tabel 3 hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan nilai F hitung sebesar 122,167 dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi penelitian, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Copyright©2026: Eka Inggrit Nur Hayati, & Dwi Astuti

Tabel 4. Hasil Uji Tukey HSD Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada Limbah Cair Tahu Berdasarkan Variasi Konsentrasi EM-4

Perbandingan Perlakuan	Mean Difference (mg/L)	Sig	Keterangan
0 mL vs 1 mL	243,000	0,000	Berbeda signifikan
0 mL vs 2 mL	474,000	0,000	Berbeda signifikan
0 mL vs 3 mL	595,333	0,000	Berbeda signifikan
1 mL vs 2 mL	231,000	0,001	Berbeda signifikan
1 mL vs 3 mL	352,333	0,000	Berbeda signifikan
2 mL vs 3 mL	121,333	0,029	Berbeda signifikan

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji Tukey HSD menunjukkan bahwa seluruh pasangan perlakuan memiliki perbedaan kadar BOD yang signifikan karena seluruh nilai Sig. < 0,05. Dengan demikian, setiap peningkatan konsentrasi EM-4 memberikan perbedaan yang bermakna terhadap kadar BOD limbah cair tahu.

Tabel 5. Persentase Penurunan Kadar BOD Berdasarkan Variasi Konsentrasi EM-4

Konsentrasi EM-4 (mL/L)	Rata-rata Kadar BOD (mg/L)	Penurunan Kadar BOD (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
0 (Kontrol)	634,33	0,00	0,00
1	391,33	243,00	38,31
2	160,33	474,00	74,73
3	39,00	595,33	93,85

Berdasarkan Tabel 5, persentase penurunan kadar BOD meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi EM-4. Penurunan BOD pada konsentrasi 1 mL/L sebesar 38,31%, konsentrasi 2 mL/L sebesar 74,73%, dan konsentrasi 3 mL/L sebesar 93,85%. Dengan demikian, konsentrasi EM-4 3 mL/L merupakan perlakuan paling efektif dalam menurunkan kadar BOD limbah cair tahu.

Pembahasan

Limbah cair tahu merupakan limbah yang dihasilkan dari berbagai tahapan proses produksi tahu dan mengandung bahan organik yang cukup tinggi. Kandungan bahan organik tersebut dapat menyebabkan tingginya nilai Biological Oxygen Demand (BOD). BOD merupakan parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Semakin tinggi kandungan bahan organik, semakin besar oksigen yang dibutuhkan untuk proses penguraian sehingga nilai BOD menjadi lebih tinggi (Astuti & Rosemalia, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kadar BOD pada kelompok kontrol dengan konsentrasi EM-4 sebesar 0 mL/L merupakan yang tertinggi, yaitu 634,33 mg/L. Setelah diberikan EM-4 sebesar 1 mL/L, rata-rata kadar BOD menurun menjadi 391,33 mg/L. Pada konsentrasi 2 mL/L, rata-rata kadar BOD kembali menurun menjadi 160,33 mg/L, sedangkan konsentrasi 3 mL/L menghasilkan rata-rata kadar BOD terendah, yaitu 39,00 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa secara deskriptif terjadi penurunan kadar BOD seiring dengan peningkatan konsentrasi EM-4. Penurunan kadar BOD setelah pemberian EM-4 dapat terjadi

Copyright©2026: Eka Inggrit Nur Hayati, & Dwi Astuti

karena EM-4 mengandung mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan organik. Aktivitas mikroorganisme tersebut dapat membantu mempercepat proses degradasi bahan organik dalam limbah cair sehingga kebutuhan oksigen untuk proses penguraian menjadi lebih rendah. Penggunaan EM-4 juga telah dilaporkan berpotensi membantu meningkatkan kualitas air dan menurunkan parameter pencemar seperti BOD dan COD (Mohammad Isa et al., 2021).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Deffy et al. (2020) yang menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 dapat digunakan dalam proses bioremediasi limbah cair industri tahu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 mampu membantu proses pengolahan limbah cair industri tahu melalui aktivitas mikroorganisme. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bahwa EM-4 dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif pengolahan biologis untuk menurunkan kandungan bahan organik pada limbah cair tahu (Deffy et al., 2020).

Berdasarkan hasil perhitungan, konsentrasi EM-4 sebesar 1 mL/L menghasilkan penurunan kadar BOD sebesar 243,00 mg/L atau 38,31% dibandingkan kelompok kontrol. Pada konsentrasi 2 mL/L, kadar BOD mengalami penurunan sebesar 474,00 mg/L atau 74,73%. Sementara itu, konsentrasi 3 mL/L menghasilkan penurunan terbesar, yaitu 595,33 mg/L atau 93,85%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar BOD meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi EM-4 yang diberikan. Peningkatan persentase penurunan kadar BOD tersebut menunjukkan bahwa penambahan EM-4 pada rentang konsentrasi yang digunakan dalam penelitian dapat membantu proses penguraian bahan organik pada limbah cair tahu. Semakin banyak mikroorganisme yang ditambahkan, proses biologis dalam menguraikan bahan organik dapat berlangsung lebih optimal pada kondisi penelitian. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Mohammad Isa et al. (2021) yang menunjukkan bahwa effective microorganism dapat membantu menguraikan bahan organik dan berpotensi menurunkan BOD pada air limbah. Berdasarkan hasil tersebut, konsentrasi EM-4 sebesar 3 mL/L merupakan konsentrasi yang paling efektif dalam menurunkan kadar BOD pada kondisi penelitian ini karena menghasilkan persentase penurunan paling besar, yaitu 93,85%. Penentuan tersebut didasarkan pada perbandingan hasil rata-rata dan persentase penurunan kadar BOD dari seluruh konsentrasi yang digunakan dalam penelitian.

Hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,136. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga data kadar BOD dinyatakan berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas, data dapat dilanjutkan ke analisis statistik parametrik menggunakan One-Way ANOVA.

Hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan nilai F hitung sebesar 122,167 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 sehingga menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kadar BOD yang signifikan berdasarkan variasi konsentrasi EM-4. Hasil tersebut memperkuat hasil analisis deskriptif yang menunjukkan adanya penurunan kadar BOD dari konsentrasi 0 mL/L hingga 3 mL/L. Adanya perbedaan kadar BOD antar kelompok menunjukkan bahwa variasi konsentrasi EM-4 memberikan hasil yang berbeda terhadap kadar BOD limbah cair tahu. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Deffy et al. (2020) yang menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 dapat dimanfaatkan dalam proses bioremediasi limbah cair industri tahu melalui aktivitas mikroorganisme.

Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa seluruh pasangan konsentrasi memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan tersebut ditunjukkan oleh nilai signifikansi

Copyright©2026: Eka Inggrit Nur Hayati, & Dwi Astuti

antara 0 mL/L dan 1 mL/L sebesar 0,000, 0 mL/L dan 2 mL/L sebesar 0,000, 0 mL/L dan 3 mL/L sebesar 0,000, 1 mL/L dan 2 mL/L sebesar 0,001, 1 mL/L dan 3 mL/L sebesar 0,000, serta 2 mL/L dan 3 mL/L sebesar 0,029. Seluruh nilai tersebut lebih kecil dari 0,05 sehingga setiap pasangan perlakuan menunjukkan perbedaan rata-rata kadar BOD yang signifikan. Hasil uji Tukey HSD tersebut memperkuat hasil deskriptif bahwa peningkatan konsentrasi EM-4 menghasilkan penurunan kadar BOD yang berbeda pada setiap kelompok. Dengan demikian, konsentrasi 3 mL/L tidak hanya menghasilkan rata-rata kadar BOD paling rendah, tetapi juga menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan konsentrasi lainnya.

Hasil penelitian ini memiliki kesesuaian dengan penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan EM-4 dalam pengolahan limbah. Deffy et al. (2020) menunjukkan bahwa EM-4 dapat digunakan dalam bioremediasi limbah cair industri tahu, sedangkan Mohammad Isa et al. (2021) menunjukkan bahwa effective microorganism dapat membantu menguraikan bahan organik dan berpotensi menurunkan parameter pencemar seperti BOD dan COD. Hasil tersebut mendukung temuan penelitian ini bahwa pemberian EM-4 dapat membantu menurunkan kadar BOD limbah cair tahu (Deffy et al., 2020; Mohammad Isa et al., 2021). Selain itu, Amri dan Widayatno (2023) menunjukkan bahwa limbah cair tahu memiliki kandungan BOD yang tinggi sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Hal tersebut sesuai dengan kondisi penelitian ini, yaitu kelompok kontrol tanpa penambahan EM-4 memiliki rata-rata kadar BOD sebesar 634,33 mg/L. Perbedaan nilai BOD antarpenelitian dapat dipengaruhi oleh karakteristik limbah, proses produksi, serta kondisi pengambilan dan pengolahan sampel (Amri & Widayatno, 2023).

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, pemberian EM-4 menunjukkan adanya penurunan kadar BOD pada limbah cair tahu. Konsentrasi 3 mL/L menghasilkan rata-rata kadar BOD paling rendah dan persentase penurunan paling besar, yaitu 39,00 mg/L dan 93,85%. Hasil uji statistik juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Oleh karena itu, EM-4 dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan biologis limbah cair tahu untuk membantu menurunkan kadar BOD pada kondisi penelitian ini (Deffy et al., 2020; Mohammad Isa et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian EM-4 terbukti berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD limbah cair tahu. Rata-rata kadar BOD menurun dari 634,33 mg/L pada kontrol menjadi 391,33 mg/L pada konsentrasi 1 mL/L, 160,33 mg/L pada konsentrasi 2 mL/L, dan 39,00 mg/L pada konsentrasi 3 mL/L. Hasil One-Way ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan antarperlakuan ($p = 0,000$), dan seluruh pasangan perlakuan juga berbeda signifikan berdasarkan uji Tukey HSD. Konsentrasi 3 mL/L merupakan perlakuan paling efektif dengan penurunan BOD sebesar 595,33 mg/L atau 93,85%. Temuan ini menunjukkan bahwa EM-4 dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan biologis limbah cair tahu untuk membantu menurunkan kadar BOD pada kondisi penelitian ini.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada penggunaan sampel dari satu industri tahu dengan jumlah replikasi yang terbatas, sehingga hasilnya belum dapat menggambarkan kondisi seluruh industri tahu. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sumber sampel dan jumlah replikasi yang lebih beragam serta mempertimbangkan variasi dosis dan kondisi pengolahan untuk memperoleh hasil yang lebih luas. Secara praktis, penggunaan EM-4, khususnya pada konsentrasi 3 mL/L, dapat dipertimbangkan sebagai alternatif

pengolahan biologis untuk membantu menurunkan kadar BOD limbah cair tahu sebelum dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, A. A., & Widayatno, T. (2023). Penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan pH pada limbah cair tahu dengan menggunakan biofilter. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia, 8*(1), 6–10. https://doi.org/10.31942/inteka.v18i1.8089

Astuti, D., & Rosemalia, I. (2022). Penurunan BOD (*Biological Oxygen Demand*) limbah cair domestik dengan teknik fitoremediasi. *Jurnal Unitek, 15*(1), 59–72. https://doi.org/10.52072/unitek.v15i1.299

Astuti, D., Wahyu, V., & Navira. (2026). Effectiveness of kiambang plants (*Salvania molesta*) in reducing BOD (*Biological Oxygen Demand*) levels. *Tropical Climate Change, 1*(1). https://doi.org/10.23917/climate.15386

Deffy, T., Nilandita, W., & Munfarida, I. (2020). Bioremediasi limbah cair industri tahu menggunakan larutan EM4 secara anaerob-aerob. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, 17*(3), 233–241. https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i3.233-241

Feng, H., Jin, L., Chen, Y., Ji, J., Gong, Z., Hu, W., Ying, C., Liang, Y., & Li, J. (2024). Tofu wastewater as a carbon source flowing into municipal wastewater treatment plants for reductions of costs and greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Management, 370*, 122550. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122550

Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biofilter sistem upflow dengan penambahan efektif mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan, 1*(2).

Hardiansyah, D. (2016). *Penurunan kadar BOD, COD, TSS dengan metode aerasi spray dan penambahan bakteri EM4 pada limbah cair tahu Sumber Mulya di Kota Bengkulu*. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Bengkulu. https://repository.poltekkesbengkulu.ac.id/2268/

Henny, P., Sulistyawati, S., & Fitriyani. (2021). Limbah cair industri tahu dan dampaknya terhadap kualitas air dan biota perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu, 9*(1), 53–65. https://doi.org/10.36084/jpt..v9i1.312

Mohammad Isa, D., Abdullah, S., Mohd Noor, N. A., & Ismail, H. B. (2021). The natural way for water quality improvement using effective microorganism. *International Journal of Environmental Engineering, 11*(2), 169–182. https://doi.org/10.1504/IJEE.2021.118462

Periasamy, S., Saravanan, K., & Sivaraj, R. J. H. V. (2025). Formulation and evaluation of the effective microorganisms in sewage treatment. *Environmental Science and Pollution Research, 32*(5), 2298–2323. https://doi.org/10.1007/s11356-024-35833-y

Samsudin, W., Selomo, M., & Natsir, M. F. (2018). Pengolahan limbah cair industri tahu menjadi pupuk organik cair dengan penambahan *Effective Microorganism-4* (EM-4). *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, *1*(2), 1–14.

Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-SosioEkonomi*, *16*(2), 245–252. https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758

Seroja, R., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2018). Tofu wastewater treatment using vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and zeliac. *Applied Water Science*, *8*, Article 2. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0640-y

Shivalik, Y., & Goyal, A. (2022). Treatment of domestic waste water using organic bio-enzymes extracted from seasonal citrus fruits. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *10*(8), 1023–1026. https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.46327

Simanjuntak, N. A. M. B., Zahra, N. L., & Suryawan, I. W. K. (2021). Tofu wastewater treatment planning with anaerobic baffled reactor (ABR) and activated sludge application. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, *12*(1), 21–27. https://doi.org/10.70561/jal.v12i1.13092

Sungkowo, T. H., Elystia, S., & Andesgur, I. (2015). Pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan tanaman *Typha latifolia* dan eceng gondok dengan metode fitoremediasi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, *2*(2), 1–8.

Suprayitno, D., Widyastuti, D., & Sulastri, S. (2024). Efektivitas penambahan bakteri selulolitik dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS limbah cair tahu. *Jurnal Green House*, *2*(2), 33–39. https://doi.org/10.63296/jgh.v2i2.35

Yuliyani, L., & Widayatno, T. (2020). Pengaruh variasi waktu tinggal dan kuat arus terhadap penurunan kadar COD, TSS dan BOD limbah cair industri tahu menggunakan elektrokoagulasi secara kontinyu. *Proceeding of The 11th University Research Colloquium 2020: Bidang Sains dan Teknologi*, 48–55. https://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/894

Yunisyah, N., Isnaini, D., & Elwardah, K. (2022). Dampak pencemaran limbah pabrik tahu terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat Kelurahan Sukarami dan Kelurahan Betungan Kota Bengkulu ditinjau dari ekonomi Islam. *Sharia Economic and Management Business Journal (SEMBJ)*, *3*(3), 64–69. https://doi.org/10.62159/sembj.v3i3.1022

.