



Pemberdayaan Masyarakat Melalui Eco-Enzyme untuk Pengelolaan dan Degradasi Limbah Cair Industri Tempe di Desa Sukorejo Trenggalek

Rohim Aminullah Firdaus^{1,a*}, Endah Rahmawati^{2,a}, Dzulkifli^{3,a}, Muhimmatul Khoiro^{4,a}, Nugrahani Primary Putri^{5,a}, Meta Yantidewi^{6,a}

^aDepartemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: rohimpirdaus@unesa.ac.id

Received: October 2025; Revised: November 2025; Published: Desember 2025

Abstrak: Limbah cair industri tempe memiliki beban organik tinggi (COD, BOD, TSS) yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan. Sebagian besar pelaku UMKM tempe di pedesaan belum memiliki akses terhadap teknologi pengolahan yang murah dan sederhana, sehingga diperlukan pendekatan alternatif berbasis partisipasi masyarakat. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini bertujuan memberdayakan warga Desa Sukorejo, Trenggalek dalam pengelolaan limbah cair menggunakan eco-enzyme hasil fermentasi sampah organik rumah tangga. Berbeda dari pendekatan konvensional, kegiatan ini menerapkan model partisipatif dengan pembuatan dan penerapan eco-enzyme berbasis rumah tangga yang terintegrasi dengan monitoring masyarakat, sebuah pendekatan yang belum umum diterapkan pada pengelolaan limbah tempe skala kecil. Metode meliputi pemetaan pelaku usaha, sosialisasi, pelatihan pembuatan eco-enzyme (rasio 3:1:10; fermentasi ± 90 hari), penyusunan SOP aplikasi (1–5% v/v), dan pendampingan uji sederhana (pH, bau, kekeruhan). Program diikuti 18 peserta dan menghasilkan kelompok pengelola serta unit percontohan. Observasi menunjukkan penurunan bau dan kekeruhan dalam 24–48 jam serta peningkatan pengetahuan peserta. Evaluasi respon peserta menunjukkan kategori sangat baik (rata-rata >90%). Kegiatan ini efektif meningkatkan kapasitas masyarakat dan menunjukkan potensi eco-enzyme sebagai solusi awal pengolahan limbah cair tempe yang murah dan berkelanjutan.

Kata Kunci: eco-enzyme, limbah cair tempe, pemberdayaan masyarakat, pengolahan air limbah

Community Empowerment Through Eco-Enzymes for the Management and Degradation of Liquid Waste from Tempeh Industries in Sukorejo Village, Trenggalek

Abstract: Liquid waste from tempeh production contains high organic loads (COD, BOD, TSS) that can degrade environmental quality if discharged without proper treatment. Most small-scale tempeh producers in rural areas lack access to simple and low-cost treatment technologies, necessitating an alternative approach grounded in community participation. This Community Service Program (PKM) aims to empower residents of Sukorejo Village, Trenggalek in managing liquid waste using eco-enzymes produced from the fermentation of household organic waste. Unlike conventional approaches, this program adopts a participatory model involving the household-based production and application of eco-enzymes integrated with community monitoring—an approach that is rarely implemented for small-scale tempeh wastewater management. The methods included stakeholder mapping, awareness-building activities, training on eco-enzyme production (3:1:10 ratio; ± 90 -day fermentation), preparation of application SOPs (1–5% v/v), and facilitation of simple testing (pH, odor, turbidity). The program involved 18 participants and resulted in the formation of a management group and a pilot demonstration unit. Observations indicated reductions in odor and turbidity within 24–48 hours, alongside improved participant knowledge. Participant response evaluations showed excellent results (average >90%). This program effectively enhanced community capacity and demonstrated the potential of eco-enzymes as a low-cost and sustainable preliminary solution for treating liquid waste from tempeh production.

Keywords: eco-enzyme, tempeh wastewater, community empowerment, wastewater treatment

How to Cite: Firdaus, R. A., Rahmawati, E., Dzulkifli, D., Khoiro, M., Putri, N. P., & Yantidewi, M. (2025). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Eco-Enzyme untuk Pengelolaan dan Degradasi Limbah Cair Industri Tempe

di Desa Sukorejo Trenggalek. *Lumbung Inovasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(4), 1057-1067. <https://doi.org/10.36312/6eyqtz37>



<https://doi.org/10.36312/6eyqtz37>

Copyright© 2025, Firdaus et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Produksi tempe skala rumah tangga dan UMKM di Indonesia menghasilkan limbah cair dengan beban organik tinggi yang dapat menurunkan kualitas lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan. Proses perendaman dan perebusan kedelai diketahui menyumbang nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solid (TSS) yang tinggi serta pH cenderung asam, sehingga dibutuhkan metode pengolahan awal (pretreatment) yang efisien dan mudah diterapkan di tingkat masyarakat (Pramaningsih et al., 2022; Novembrianto et al., 2021; Nurhayati et al., 2024). Temuan serupa juga dilaporkan oleh beberapa studi lain yang menunjukkan bahwa beban pencemar dari industri tempe rumahan melebihi baku mutu limbah domestik (APHA, 2017; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan [KLHK], 2016).

Salah satu alternatif *low-cost technology* yang semakin banyak diteliti adalah eco-enzyme, yaitu hasil fermentasi bahan organik dapur seperti kulit buah atau sayur dengan gula merah/molase dan air dalam rasio 3:1:10 selama kurang lebih 90 hari (Vama et al., 2019; Das et al., 2024). Produk ini mengandung asam organik (misalnya asam asetat dan asam laktat), metabolit sekunder, serta enzim dan mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik terlarut (EUDL, 2021; Putri et al., 2024). Beberapa penelitian melaporkan bahwa eco-enzyme memiliki aktivitas biokatalitik dan antimikroba yang signifikan, sehingga berpotensi diaplikasikan untuk pengolahan air limbah rumah tangga maupun industri kecil (Das et al., 2024; Vama et al., 2019; Nurhayati et al., 2024).

Efektivitas eco-enzyme dalam menurunkan beban pencemar telah diuji pada berbagai jenis limbah seperti air limbah domestik, greywater, dan limbah organik industri kecil (Putri et al., 2024; Nurdin et al., 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis dan lama kontak mampu memperbaiki persentase penurunan COD dan TSS, namun tetap harus memperhatikan kestabilan pH karena sifat asam dari larutan fermentasi (Das et al., 2024). Studi tambahan juga menyarankan penggabungan eco-enzyme dengan unit biologis lain seperti biofilter atau kolam aerob-anaerob untuk mencapai efisiensi degradasi yang lebih tinggi (Tchobanoglous et al., 2003; Metcalf & Eddy, 2014).

Berdasarkan hal tersebut, kegiatan PKM ini dilaksanakan untuk memberdayakan masyarakat di Desa Sukorejo, Trenggalek, melalui pelatihan pembuatan dan penerapan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah cair industri tempe. Pendekatan community-based digunakan untuk mendorong partisipasi aktif warga, penyusunan SOP sederhana, dan pemantauan kualitas air berbasis masyarakat (Azizah et al., 2021). Kegiatan ini juga diselaraskan dengan kerangka Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) untuk memperkuat kepemilikan lokal dan keberlanjutan program pengelolaan lingkungan berbasis desa (CLTS Indonesia, 2012; Kemenkes RI, 2014).

Kegiatan ini berbeda dari studi sebelumnya yang fokus pada uji laboratorium eco-enzyme, karena mengintegrasikan edukasi, praktik pembuatan, penerapan langsung, dan pemantauan berbasis masyarakat dalam satu skema pemberdayaan. Hal ini menjadikannya sebagai pendekatan baru dalam pengelolaan limbah industri

tempe secara partisipatif. Selain itu, dibandingkan dengan program serupa di beberapa daerah lain yang hanya berfokus pada pelatihan teknis atau uji coba skala laboratorium (misalnya di Bandung dan Sleman), kegiatan di Desa Sukorejo menekankan aspek keberlanjutan melalui pembentukan kelompok pengelola, integrasi dengan bank sampah organik, serta dukungan pemerintah desa sebagai bagian dari sistem pengelolaan lingkungan berbasis komunitas.

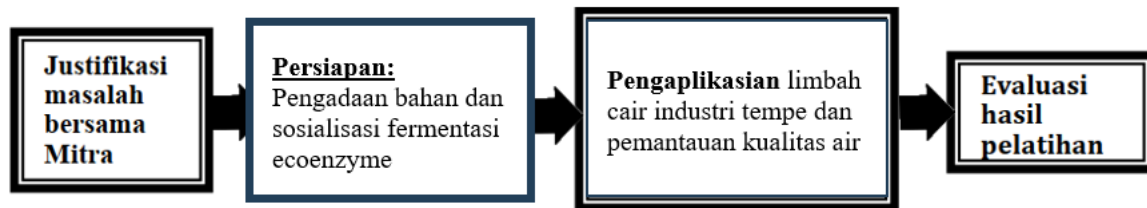
Kegiatan ini berbeda dari studi sebelumnya yang umumnya berfokus pada uji laboratorium eco-enzyme untuk pengolahan limbah cair skala kecil, karena mengintegrasikan edukasi, praktik pembuatan, penerapan langsung, dan pemantauan berbasis masyarakat dalam satu skema pemberdayaan. Studi terdahulu seperti penelitian di Universitas Kuningan (Nurdin et al, 2021) menitikberatkan pada efektivitas eco-enzyme terhadap penurunan COD dan TSS pada greywater, namun belum menggabungkan elemen pelatihan dan keterlibatan masyarakat secara berkelanjutan. Penelitian lain oleh Wikaningrum dan El Dabo (2022) membahas potensi eco-enzyme sebagai rekayasa teknologi pengolahan limbah secara teknis, sedangkan studi di Lamongan (Retnowati et al, 2024) menekankan pemberdayaan masyarakat dalam produksi eco-enzyme untuk ekonomi hijau, tanpa penerapan langsung pada limbah cair industri pangan. Meskipun beban pencemar limbah cair tempe umumnya diukur melalui parameter COD, BOD, dan TSS, kegiatan ini difokuskan pada pengamatan sederhana berbasis masyarakat melalui indikator pH, bau, dan kekeruhan sebagai langkah awal pengelolaan partisipatif. Dengan demikian, kegiatan PKM ini memiliki kebaruan karena menjadi model integratif pertama yang menggabungkan pembuatan, penerapan, dan monitoring kualitas air limbah industri tempe oleh masyarakat secara partisipatif dan berkelanjutan, yang sekaligus dapat direplikasi sebagai strategi pengelolaan lingkungan berbasis komunitas di wilayah lain.

METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini menggunakan pendekatan *community-based* atau berbasis komunitas yang dilakukan melalui lima tahap utama, yaitu: (1) asesmen kebutuhan masyarakat untuk memetakan kondisi eksisting pengelolaan limbah cair industri tempe, (2) sosialisasi dan penyuluhan mengenai dampak lingkungan dan potensi pemanfaatan *eco-enzyme*, (3) pelatihan teknis pembuatan *eco-enzyme* dengan rasio bahan 3:1:10 (bahan organik: gula merah: air) dan fermentasi selama ± 90 hari, (4) penerapan dan pendampingan penggunaan *eco-enzyme* pada limbah cair rumah produksi tempe, serta (5) monitoring dan evaluasi hasil. Pemantauan kualitas air dilakukan secara sederhana dan partisipatif dengan parameter pH, bau, dan kekeruhan sebagai indikator awal efektivitas eco-enzyme. Pengamatan dilakukan setiap minggu melalui observasi langsung oleh peserta bersama tim pendamping untuk menilai perubahan visual dan olfaktori pada limbah cair. Uji laboratorium terhadap parameter Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), dan Total Suspended Solid (TSS) tidak dilakukan dalam kegiatan ini, namun direncanakan sebagai tahap lanjutan untuk verifikasi kuantitatif efektivitas eco-enzyme.

Evaluasi hasil kegiatan dilakukan pada dua aspek utama, yaitu aspek proses dan aspek hasil. Aspek proses mencakup tingkat partisipasi peserta, keterlaksanaan kegiatan, dan adopsi SOP pengelolaan limbah oleh pelaku UMKM. Aspek hasil difokuskan pada peningkatan pengetahuan peserta, penurunan bau dan kekeruhan limbah cair, serta konsistensi penerapan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah di tingkat rumah produksi. Penentuan dosis aplikasi (1–5% v/v) dan waktu kontak

didasarkan pada literatur terdahulu yang menunjukkan efektivitas fermentat kulit buah dalam menurunkan beban organik limbah cair (Das et al., 2024; Putri et al., 2024; Vama et al., 2019). Hasil observasi visual kemudian dijadikan dasar refleksi komunitas untuk menilai kinerja eco-enzyme dan merencanakan perbaikan praktik penerapan di lapangan. Adapun prosedur kerja kegiatan pengabdian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur prosedur kerja kegiatan PKM

Dalam rangka mengevaluasi sejauh mana keberhasilan kegiatan pelatihan pembuatan *eco-enzyme* dalam pengelolaan limbah cair industri tempe yang diangkat dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini terkait dengan, maka setelah dilakukan pelatihan kemudian diberikan angket respon terhadap kegiatan pelatihan.

Tabel 1. Kriteria Skor Lembar Respon Peserta Pelatihan

Skor	Keterangan
5	Sangat baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang
1	Sangat kurang

(Sumber: Riduwan, 2010)

Persentase skor lembar respon peserta pelatihan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase skor} = \frac{\Sigma \text{ skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{ skor maksimal item pertanyaan}} \times 100\%$$

Adapun kriteria persentase skor lembar respon peserta pelatihan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Persentase Skor Lembar Respon (Riduwan, 2010)

Persentase	Keterangan
$0\% < x \leq 20\%$	Sangat Kurang
$21\% < x \leq 40\%$	Kurang
$41\% < x \leq 60\%$	Cukup
$61\% < x \leq 80\%$	Baik
$81\% < x \leq 100\%$	Sangat Baik

(Sumber: Riduwan, 2010)

Tabel 3. Kriteria Persentase Skor Lembar Respon

Persepsi Masyarakat terhadap Limbah Cair Industri Tempe						
No	Instrumen Penilaian	Keterangan				
		5	4	3	2	1
1.	Apakah limbah cair industri tempe di lingkungan Anda sudah dikelola dengan baik?					
2.	Apakah Anda mengetahui bahwa limbah cair dapat mencemari lingkungan?					
3.	Apakah Anda memahami dampak negatif limbah cair terhadap kesehatan?					
4.	Apakah limbah cair industri tempe sering mencemari saluran air di sekitar lingkungan Anda?					
Pengetahuan tentang Eco-Enzyme						
1.	Apakah Anda pernah mendengar tentang eco-enzyme sebelumnya?					
2.	Apakah Anda mengetahui bahwa eco-enzyme merupakan solusi ramah lingkungan dalam mengelola limbah cair?					
3.	Apakah Anda memahami cara kerja eco-enzyme dalam mendegradasi limbah cair?					
4.	Apakah Anda tertarik untuk mengetahui lebih banyak tentang eco-enzyme?					
Keterlibatan dalam Kegiatan Pemberdayaan						
1.	Apakah Anda bersedia mengikuti pelatihan pembuatan eco-enzyme?					
2.	Apakah Anda bersedia menggunakan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah cair industri tempe?					
3.	Apakah Anda bersedia menyosialisasikan manfaat eco-enzyme kepada masyarakat lain?					
4.	Apakah Anda setuju bahwa kegiatan pemberdayaan masyarakat sangat penting untuk menjaga lingkungan?					

Komponen keterampilan pelatihan pembuatan dan penerapan **eco-enzyme** untuk pengelolaan limbah cair industri tempe ini dikembangkan melalui tiga tahap kegiatan, yaitu penyampaian materi mengenai konsep dan manfaat *eco-enzyme*, praktik pembuatan *eco-enzyme* dari bahan organik rumah tangga, serta pengaplikasian *eco-enzyme* pada limbah cair industri tempe. Keberhasilan pelatihan ini dievaluasi baik dari segi pelaksanaan maupun hasilnya. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan angket respon peserta terhadap pelaksanaan kegiatan pelatihan, mencakup aspek pemahaman materi, keterampilan praktik, dan rencana penerapan hasil pelatihan di lingkungan masing-masing. Evaluasi tersebut dilakukan dengan

menggunakan angket respon peserta pelatihan terhadap pelaksanaan kegiatan pelatihan seperti pada Tabel 3 di atas.

HASIL DAN DISKUSI

Bagian pembahasan ini menguraikan hasil kegiatan PKM “Pemberdayaan Masyarakat Melalui Eco-Enzyme untuk Pengelolaan dan Degradasi Limbah Cair Industri Tempe di Desa Sukorejo Trenggalek” berdasarkan analisis angket respon peserta dan observasi lapangan. Analisis dilakukan untuk menilai tingkat pengetahuan, sikap, dan keterlibatan masyarakat terhadap pengelolaan limbah cair serta penerapan eco-enzyme sebagai solusi ramah lingkungan. Hasil yang diperoleh mencerminkan efektivitas kegiatan pemberdayaan dalam meningkatkan kesadaran dan partisipasi warga, sekaligus menggambarkan sejauh mana pemahaman dan komitmen masyarakat dalam mengimplementasikan eco-enzyme untuk pengelolaan limbah cair industri tempe di lingkungan mereka.

Pelaksanaan pelatihan yang dilakukan oleh Tim PKM meliputi kegiatan pembukaan, penyajian materi mengenai konsep dan manfaat eco-enzyme, sesi tanya jawab, praktik langsung pembuatan eco-enzyme, serta dokumentasi hasil fermentasi. Kegiatan penyajian materi dan praktik pembuatan eco-enzyme ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan foto bersama peserta dengan hasil eco-enzyme yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.

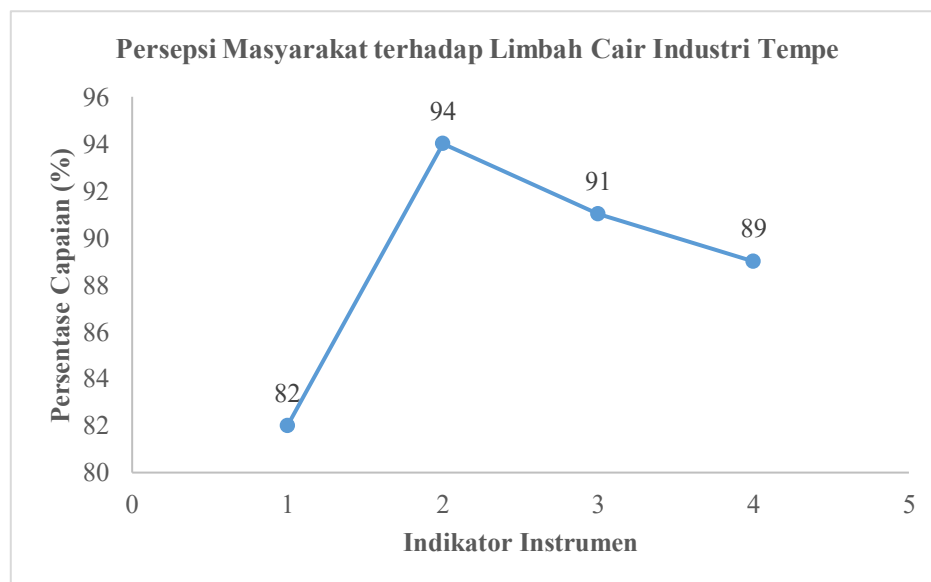


Gambar 2. Penyajian Materi dan Praktik Pembuatan eco-enzyme



Gambar 3. Dokumentasi bersama peserta dengan hasil *eco-enzyme*

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai tingkat pengetahuan, pemahaman, dan keterlibatan masyarakat dalam kegiatan PKM, hasil analisis angket disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4 hingga Gambar 6. Grafik tersebut menampilkan respon masyarakat terhadap tiga aspek utama, yaitu pengelolaan limbah cair industri tempe, pengetahuan tentang *eco-enzyme*, serta keterlibatan dalam kegiatan pemberdayaan. Melalui grafik ini, dapat diamati sejauh mana kegiatan PKM berpengaruh terhadap peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam menerapkan inovasi *eco-enzyme* sebagai solusi pengelolaan limbah cair yang ramah lingkungan di Desa Sukorejo Trenggalek.

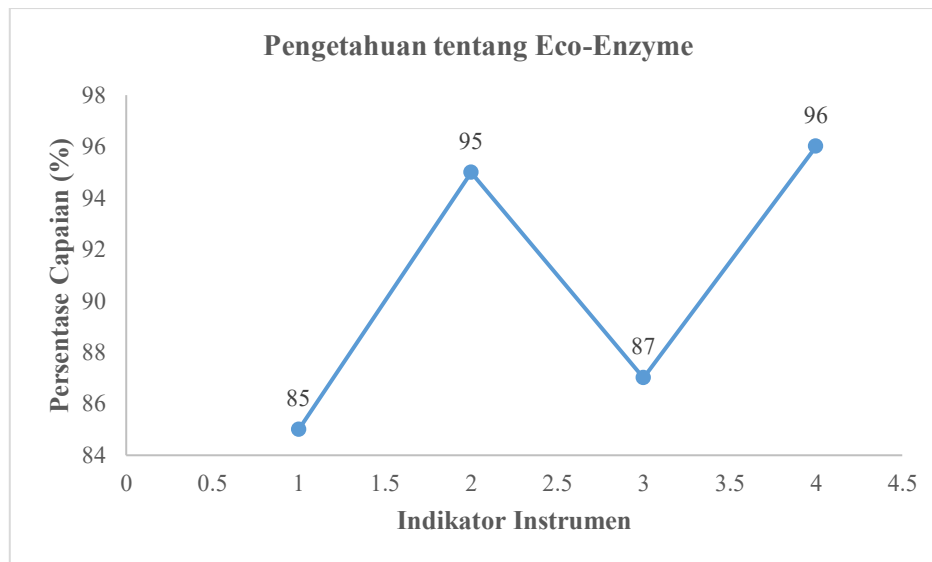


Gambar 4. Hasil Angket Respon Persepsi Masyarakat terhadap Limbah Cair Industri Tempe

Berdasarkan hasil analisis Gambar 4 menunjukkan bahwa masyarakat menilai pengelolaan limbah cair industri tempe di lingkungan mereka belum optimal dengan persentase 82% (baik). Sebagian besar masyarakat mengetahui bahwa limbah cair dapat mencemari lingkungan, dibuktikan dengan skor 94% (sangat baik). Pemahaman masyarakat terhadap dampak negatif limbah cair bagi kesehatan juga

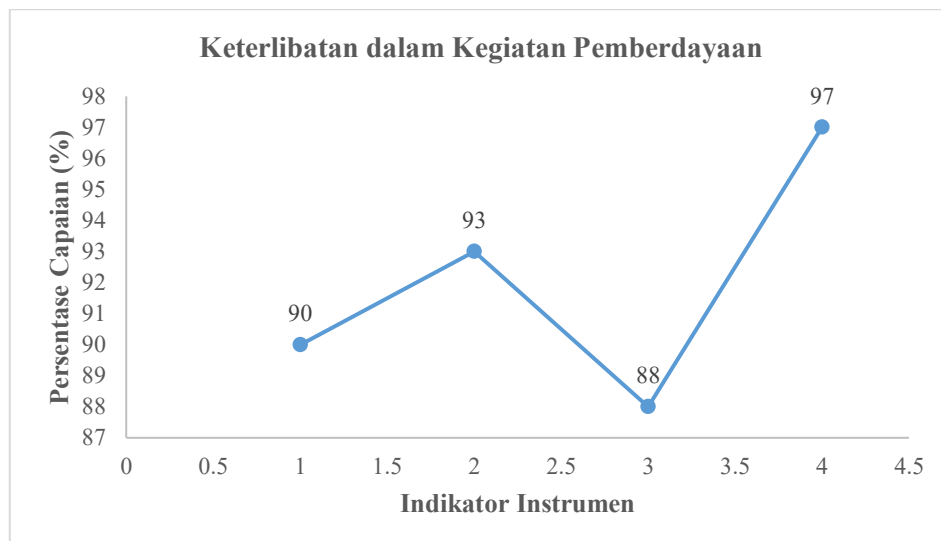
cukup tinggi dengan persentase 91% (sangat baik). Sementara itu, persepsi masyarakat mengenai pencemaran saluran air akibat limbah cair industri tempe memperoleh skor 89% (baik). Secara keseluruhan, sub-bab ini menggambarkan bahwa kesadaran masyarakat terhadap permasalahan limbah cair cukup tinggi, meskipun pengelolaannya dinilai masih kurang optimal.

Hasil observasi lapangan juga menunjukkan adanya perubahan visual dan sensorial pada air limbah setelah aplikasi eco-enzyme, di mana terjadi penurunan bau dan kekeruhan dalam waktu 24–48 jam. Temuan ini memperkuat efektivitas awal eco-enzyme dalam proses degradasi bahan organik melalui aktivitas enzimatik dan mikroba fermentatif.



Gambar 5. Hasil Angket Respon Pengetahuan tentang Eco-Enzyme

Pada aspek pengetahuan, sebagian masyarakat sudah pernah mendengar tentang eco-enzyme dengan skor 85% (baik), meskipun tingkat keterpaparan informasinya masih tergolong rendah. Pemahaman bahwa eco-enzyme merupakan solusi ramah lingkungan untuk mengelola limbah cair cukup tinggi dengan skor 95% (sangat baik). Namun, pengetahuan masyarakat mengenai cara kerja eco-enzyme dalam mendegradasi limbah cair memperoleh skor 87% (baik), yang menunjukkan masih adanya kebutuhan peningkatan pemahaman teknis. Menariknya, minat masyarakat untuk mengetahui lebih banyak tentang eco-enzyme sangat tinggi, terlihat dari skor 96% (sangat baik). Hasil ini sejalan dengan penelitian Das et al. (2024) yang menemukan bahwa eco-enzyme berbahan kulit buah mampu menurunkan nilai COD hingga 42% pada skala laboratorium, menunjukkan potensi efektivitas yang besar jika diterapkan di tingkat komunitas. Dengan demikian, penerapan berbasis masyarakat seperti yang dilakukan dalam kegiatan PKM ini menjadi langkah penting untuk mengintegrasikan pendekatan ilmiah dengan aksi partisipatif warga.



Gambar 6. Hasil Angket Respon Keterlibatan dalam Kegiatan Pemberdayaan

Keterlibatan masyarakat dalam kegiatan pemberdayaan memperoleh skor yang sangat baik. Kesiapan mengikuti pelatihan pembuatan eco-enzyme tercatat 90% (sangat baik), sedangkan kesiapan untuk menggunakan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah cair industri tempe mencapai 93% (sangat baik). Komitmen masyarakat untuk menyosialisasikan manfaat eco-enzyme kepada pihak lain berada pada skor 88% (baik). Indikator dengan persentase tertinggi adalah kesadaran bahwa kegiatan pemberdayaan masyarakat penting untuk menjaga lingkungan, yaitu 97% (sangat baik). Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat memiliki kepedulian tinggi terhadap upaya pelestarian lingkungan melalui kegiatan kolektif.

Secara umum, hasil persentase skor lembar respon dari ketiga sub-bab menunjukkan hasil yang sangat baik. Keberhasilan kegiatan PKM ini tidak terlepas dari beberapa hal. Pertama, materi yang disampaikan relatif mudah dipahami karena dijelaskan dengan bahasa sederhana, jelas, dan sesuai dengan tingkat pengetahuan responden, sehingga konsep eco-enzyme dapat diterima dengan baik. Kedua, relevansinya dengan kehidupan sehari-hari membuat responden lebih mudah menerima materi ini, sebab eco-enzyme berkaitan langsung dengan isu lingkungan, kebersihan rumah tangga, serta pemanfaatan limbah organik (Ma'rufah et al., 2025). Ketiga, ketertarikan terhadap isu lingkungan juga berperan besar, karena saat ini kesadaran masyarakat tentang pengurangan sampah dan keberlanjutan semakin meningkat (Yunita et al., 2023), sehingga sikap responden cenderung positif saat diperkenalkan dengan eco-enzyme.

Selain itu, hasil kegiatan ini juga memperkuat temuan Azizah et al. (2021) yang menekankan bahwa model pemberdayaan berbasis komunitas efektif dalam membangun perilaku pro-lingkungan secara berkelanjutan. Meskipun demikian, kegiatan ini memiliki beberapa keterbatasan. Waktu fermentasi eco-enzyme yang relatif lama (± 90 hari) menjadi tantangan dalam penyediaan bahan secara kontinu, sehingga diperlukan sistem rotasi produksi antaranggota kelompok. Selain itu, jumlah peserta yang terbatas (18 orang) menyulitkan generalisasi hasil secara luas, serta belum dilakukannya uji kuantitatif (misalnya COD, BOD, TSS) menyebabkan efektivitas degradasi belum terukur secara numerik. Ke depan, pengujian laboratorium dan integrasi eco-enzyme dengan biofilter sederhana disarankan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan.

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini berhasil mewujudkan pelatihan pembuatan dan penerapan *eco-enzyme* yang mudah diaplikasikan serta menggunakan bahan sederhana dan terjangkau oleh masyarakat Desa Sukorejo, Trenggalek. Melalui kegiatan ini, masyarakat mampu memahami konsep dasar *eco-enzyme* dan menerapkannya secara mandiri untuk mengelola limbah cair industri tempe di lingkungan mereka. Hasil angket dari 18 peserta menunjukkan tingkat pemahaman terhadap materi mencapai 91% (sangat baik), kesesuaian materi 89% (baik), kebermanfaatan pelatihan 94% (sangat baik), kualitas penyampaian instruktur 95% (sangat baik), dan kecukupan waktu pelatihan 88% (baik). Secara keseluruhan, hasil evaluasi respon peserta berada pada kategori sangat baik, yang menandakan bahwa kegiatan PKM ini efektif dalam meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan limbah cair melalui inovasi *eco-enzyme*.

REKOMENDASI

Untuk kegiatan lanjutan, disarankan agar jumlah peserta pelatihan dapat ditingkatkan guna memperluas dampak program di tingkat komunitas. Selain itu, desa-desa lain yang memiliki industri kecil seperti tempe atau tahu diharapkan dapat mengadopsi praktik pembuatan *eco-enzyme* sebagai bagian dari upaya pengelolaan limbah cair yang ramah lingkungan. Kolaborasi dengan pemerintah desa dan lembaga pendidikan juga perlu diperkuat guna menjaga keberlanjutan program serta mendorong replikasi model *community-based waste management* ini di wilayah lain.

ACKNOWLEDGMENT

Terima kasih Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Unesa Surabaya atas fasilitas dan perannya dalam mengelola pengabdian kegiatan kepada masyarakat, mulai dari pembuatan proposal, evaluasi kemajuan, hingga dapat diselesaikannya Laporan Akhir pada kegiatan PKM ini.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Azizah, N., Suherman, M., & Kurniawan, R. (2021). Kajian STBM di lingkungan kumuh Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(2), 145–153.
- CLTS Indonesia. (2012). Ringkasan kebijakan dan praktik CLTS di Indonesia. IDS Publishing.
- Das, S. C., Kumar, R., & Devi, L. (2024). Evaluating the biocatalytic potential of fruit peel-derived eco-enzymes for wastewater treatment. *Current Research in Biotechnology*, 6(1), 15–25.
- EUDL. (2021). Production and characterization of eco-enzyme from fruit peel waste. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 8(4), 1–8.
- Kar, K., & Chambers, R. (2008). *Handbook on Community-Led Total Sanitation*. Plan/IDS.
- Kemenkes RI. (2014). *Pedoman Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Nurdin et al. (2021). Utilization of eco-enzyme for wastewater treatment (greywater). *EAI Proceedings on Environmental Engineering*, 5(1), 12–20.
- Ma'rufah, S., Salsabila Hidayat, A., Ihda Junita, L., Amjadi, A., & Adam Yuviansah, F. (2025). Pentingnya pemberdayaan masyarakat terkait eco enzyme sebagai

- solusi mengurangi sampah rumah tangga. *Jurnal Renwilko*, 1(1). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/renwilko/article/view/67258>
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Novembrianto, R., Rasyid, F., & Maulida, A. (2021). Tofu wastewater treatment with the growth suspended bacteria. *Al-Ard Journal of Engineering and Natural Sciences*, 11(2), 77–83.
- Nurhayati, I., Rahmawati, A., & Kusuma, A. (2024). Sustainable pre-treatment of tempeh industry wastewater. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 35, 101123.
- Prabowo, B., Mubarak, K., Wibisono, A. A., Abdillah, R. F., Syahputra, A., & Kensadiharja, N. (2024). Pemanfaatan eco enzyme sebagai upaya pereduksi limbah organik di Desa Sumpat, Kota Sidoarjo. *Cakrawala: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, 3(3), 199–206. <https://doi.org/10.30640/cakrawala.v3i3.3124>
- Pramaningsih, V., Lestari, S., & Nugroho, A. (2022). Wastewater quality and pollution load of each stage in tempeh production. *Urban Environmental Technology Journal*, 11(3), 45–54.
- Putri, M. C., Rahayu, D., & Sari, L. (2024). Effectiveness of eco-enzyme in reducing COD and TSS in domestic wastewater. *International Journal of Scientific Research*, 13(2), 33–40.
- Retnowati, W., Khaerunnisa, S., Fauzi, R. M. Q., & Maharani, S. (2024). Development of a green economic village through the eco-enzyme program in Candisari Village Lamongan, East Java: Pembangunan desa ekonomi hijau melalui program ekoenzim di Desa Candisari Lamongan Jawa Timur. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(3), 676–682. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v8i3.17533>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Vama, L., Pathak, A., & Sharma, P. (2019). Production, extraction and uses of eco-enzymes. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, 21(2), 356–360.
- Wikaningrum, T., & El Dabo, M. (2022). Eco-enzyme sebagai rekayasa teknologi berkelanjutan dalam pengolahan air limbah. *Prosiding Penelitian dan Karya Ilmiah*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.25105/pdk.v7i1.10738>
- Yunita, S., Hatiyah, H., Arif Rahman, A., Safitri, R. N., Kamaliyyah, R., Hidayat, M. T., & Mariani. (2023). Pembinaan masyarakat melalui pelatihan keterampilan pemanfaatan limbah organik (eco enzyme). *Jalujur: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 15–22.