

Pemanfaatan limbah organik rumah tangga menjadi eco-enzyme sebagai upaya reduksi sampah di perkotaan

Muhammad Tubagus Makmun^{1*}, Vera Vania²

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang;

² Program Studi Farmasi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

e-mail: *muhammadtubagus68@gmail.com

Kata Kunci:

Eco-enzyme; limbah organik; reduksi sampah; perkotaan; lingkungan berkelanjutan.

Keywords:

Eco-enzyme; organic waste; waste reduction; urban area; sustainable environment.

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk di wilayah perkotaan memicu lonjakan sampah rumah tangga, khususnya sampah organik, yang berpotensi menyebabkan pencemaran masif, bau tidak sedap, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Artikel ini secara komprehensif membahas pemanfaatan limbah organik menjadi eco-enzyme sebagai solusi berkelanjutan dan terdesentralisasi guna mereduksi sampah perkotaan. Eco-enzyme merupakan cairan serbaguna yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik limbah organik (kulit buah dan sisa sayuran), sumber karbohidrat, serta air dengan rasio 3:1:10 selama 90

hari. Produksi di tingkat rumah tangga terbukti signifikan mengurangi volume timbunan sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sekaligus memberikan manfaat ekologis dan ekonomi yang substansial. Secara biokimia, fermentasi ini menghasilkan asam organik dan enzim kompleks (protease, amilase, lipase) yang sangat aplikatif dalam rekayasa lingkungan. Cairan ini berfungsi sebagai pupuk organik cair alami, pembersih antimikroba, dan agen penjernih air yang efektif menurunkan kadar BOD serta COD limbah domestik. Artikel ini juga mengeksplorasi kinetika reaksi serta parameter kualitas organoleptiknya. Kesimpulannya, edukasi luas, pergeseran perilaku, dan pemberdayaan komunitas peduli lingkungan sangat krusial untuk memaksimalkan dampak sosial-ekonomi eco-enzyme sebagai pilar utama ekonomi sirkular dan bebas sampah.

ABSTRACT

The increasing population in urban areas has triggered a surge in household waste, especially organic waste, which has the potential to cause massive pollution, unpleasant odors, and increased greenhouse gas emissions. This article comprehensively discusses the utilization of organic waste into eco-enzymes as a sustainable and decentralized solution to reduce urban waste. Eco-enzymes are multipurpose liquids produced from the anaerobic fermentation process of organic waste (fruit peels and vegetable waste), carbohydrate sources, and water in a ratio of 3:1:10 for 90 days. Production at the household level has been proven to significantly reduce the volume of waste generated to the Final Disposal Site (TPA) while providing substantial ecological and economic benefits. Biochemically, this fermentation produces organic acids and complex enzymes (protease, amylase, lipase) that are highly applicable in environmental engineering. This liquid functions as a natural liquid organic fertilizer, antimicrobial cleaner, and water purification agent that effectively reduces the BOD and COD levels of domestic waste. This article also explores the reaction kinetics and organoleptic quality parameters. In conclusion, widespread education, behavioral shifts, and empowerment of environmentally conscious communities are crucial to maximizing the socio-economic impact of eco-enzymes as a key pillar of a circular and waste-free economy.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pendahuluan

Permasalahan perkotaan tidak hanya merupakan isu teknis lingkungan, tetapi juga menyentuh dimensi etika, spiritual, dan tanggung jawab manusia terhadap alam. Dalam perspektif ekoteologi Islam, lingkungan dipahami sebagai bagian dari amanah Allah SWT yang harus dikelola secara bijaksana, berkelanjutan, dan berorientasi pada kemaslahatan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah organik rumah tangga melalui pembuatan eco-enzyme dapat dipandang sebagai bentuk implementasi nilai tauhid, khilafah, dan tanggung jawab ekologis dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini sejalan dengan konsep environmental fiqh language yang menempatkan praktik pelestarian lingkungan bukan sekadar aktivitas teknis, melainkan sebagai tindakan religius yang menginternalisasikan kesadaran ekologis berbasis iman (faith-based ecological awareness) melalui tindakan nyata (Amiruddin, 2026). Dalam konteks tersebut, pemanfaatan limbah organik menjadi eco-enzyme tidak hanya berkontribusi pada pengurangan volume sampah perkotaan, tetapi juga menjadi sarana pendidikan ekologis yang membentuk perilaku ramah lingkungan, pengendalian diri, dan kesadaran akan keterhubungan antara manusia, alam, dan Sang Pencipta. Dengan demikian, upaya reduksi sampah melalui eco-enzyme dapat dipahami sebagai manifestasi ekoteologi yang mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan spiritual secara holistik.

Seiring dengan laju urbanisasi yang pesat dan pertumbuhan ekonomi, wilayah perkotaan di Indonesia menghadapi tantangan struktural yang krusial dalam sistem pengelolaan persampahan. Berdasarkan data statistik pengelolaan sampah, komposisi timbulan sampah nasional masih didominasi oleh sampah organik yang sebagian besar bersumber dari aktivitas domestik. Ironisnya, paradigma pengelolaan sampah di sebagian besar wilayah masih menganut pola linear—kumpul, angkut, buang—di mana sebagian besar sampah dibuang begitu saja ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Menurut catatan, Indonesia pernah mengirimkan hingga 13,8 juta meter kubik sampah ke TPA per tahun, sementara hanya sekitar 2,6% dari total sampah yang berhasil didaur ulang secara optimal di tingkat sumber (Hanggara et al., 2024).

Meskipun Pemerintah Indonesia telah memberlakukan regulasi khusus, seperti Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, efektivitas implementasinya di lapangan masih memerlukan evaluasi menyeluruh, mengingat tingkat daur ulang yang masih di bawah 10% (Wahyuni, 2025). Penumpukan sampah organik di TPA memicu terjadinya proses dekomposisi anaerobik yang tidak terkendali. Proses biologis ini menghasilkan pelepasan gas metana (CH_4) dalam jumlah besar, yaitu gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih kuat dibandingkan karbon dioksida. Oleh karena itu, kegagalan mengelola sampah organik rumah tangga merupakan penyumbang aktif terhadap masalah pencemaran iklim global.

Pengelolaan limbah organik tidak hanya menjadi tanggung jawab individu di skala rumah tangga, tetapi juga memerlukan intervensi terstruktur di tingkat komunitas dan institusi pendidikan. Berbagai riset terbaru membuktikan bahwa pendekatan edukatif dan partisipatif terbukti ampuh dalam menekan volume limbah domestik (Shofiah et al., 2025; Vania, 2022). Melalui integrasi teknologi sederhana seperti eco-enzyme, upaya

reduksi sampah organik (waste reduction) dapat bertransformasi menjadi gerakan lingkungan yang berkelanjutan.

Penanganan limbah organik yang buruk di kawasan padat penduduk membawa implikasi negatif yang multidimensi. Dari sudut pandang estetika tata kota, tumpukan sampah merusak pemandangan dan menciptakan lingkungan kumuh. Lebih jauh lagi, penumpukan ini memicu krisis kesehatan masyarakat dan degradasi kualitas lingkungan. Dekomposisi bahan organik menghasilkan lindi (leachate), yaitu cairan pekat berbau tajam yang mengandung beban organik terlarut, logam berat, dan senyawa beracun. Jika lindi ini merembes ke dalam lapisan akuifer tanah tanpa pengolahan yang memadai, ia dapat mencemari air tanah yang menjadi sumber air bersih warga perkotaan.

Selain lindi, proses pembusukan sampah organik menghasilkan gas yang menimbulkan bau busuk menyengat. Kondisi lingkungan yang tidak higienis ini menarik kehadiran berbagai vektor penyebar penyakit patogen. Mengingat pada dasarnya Allah tidak menciptakan suatu hal di bumi ini dengan sia-sia (Lestari, 2024), pemanfaatan kembali bahan organik yang terbuang harus dipandang sebagai ikhtiar pelestarian lingkungan. Menghadapi eskalasi masalah ini, diperlukan metode pengelolaan sampah di tingkat hulu (rumah tangga) yang praktis, rendah biaya, dan mampu menghasilkan produk bernilai guna.

Artikel tinjauan pustaka ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif potensi, mekanisme biokimiawi, dan pemanfaatan praktis eco-enzyme yang diproduksi dari limbah organik rumah tangga sebagai solusi alternatif dalam upaya mereduksi beban timbunan sampah perkotaan. Selain itu, tulisan ini juga mengulas berbagai manfaat turunan dari produk eco-enzyme di bidang rekayasa lingkungan (pertanian berkelanjutan, sanitasi, dan pengolahan limbah cair), serta menganalisis valuasi ekonomi sirkular, tantangan, dan strategi implementasinya di kalangan masyarakat perkotaan guna mewujudkan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

Pembahasan

Eco-enzyme pertama kali diinisiasi dan dikembangkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand. Konsep utama dari eco-enzyme adalah memanifestasikan sifat alamiah pembusukan menjadi proses fermentasi yang bermanfaat. Pada dasarnya, eco-enzyme adalah cairan hasil fermentasi sampah organik dapur—khususnya kulit buah dan sisa sayuran—yang dicampur dengan sumber karbohidrat sederhana berupa gula (gula aren atau molase) dan air pelarut. Karakteristik organoleptik cairan hasil fermentasi ini, baik dari segi warna cokelat keruh maupun aroma asam yang kuat, sangat bergantung pada jenis bahan baku limbah buah yang digunakan (Larasati et al., 2020).

Keunggulan komparatif dari inovasi cairan ini adalah proses teknis pembuatannya yang tidak memerlukan teknologi tinggi maupun reaktor mahal. Dalam mekanisme reaksinya, proses fermentasi ini tidak hanya menghasilkan cairan multifungsi, tetapi juga berkontribusi menetralkan polutan lingkungan. Aroma asam kuat yang dihasilkan berasal dari akumulasi asam asetat selama proses fermentasi bakteri, yang menjadikan cairan ini agen antimikroba alami yang mumpuni (Larasati et al., 2020).

Tinjauan kinetika reaksi, biokimia, dan mikrobiologi fermentasi

Dalam kacamata kimia organik, pembuatan eco-enzyme bukanlah sekadar mencampur bahan, melainkan memfasilitasi terjadinya kinetika reaksi biokimia yang dimediasi oleh konsorsium mikroorganisme alami. Mikroorganisme ini secara alami melekat pada kulit buah dan sayuran, didominasi oleh kelompok bakteri asam laktat dan ragi (yeast). Proses fermentasi eco-enzyme berlangsung dalam sistem anaerob selama kurun waktu minimal 90 hari (3 bulan). Secara garis besar, reaksi dibagi menjadi beberapa tahapan:

Tahap pertama: produksi alkohol dan pelepasan gas. Pada tahap awal, ragi memecah molekul karbohidrat menjadi alkohol dan gas karbondioksida. Akumulasi gas ini mengharuskan wadah dibuka sesekali agar tidak terjadi lonjakan tekanan. Tahap kedua: asidifikasi dan produksi asam organik. Aktivitas ragi menurun dan digantikan oleh bakteri penghasil asam. Penurunan derajat keasaman (pH) terjadi drastis pada fase ini, yang berfungsi sebagai pengawet alami cairan dan inhibitor bagi bakteri patogen. Tahap ketiga: pematangan enzimatik. Pemecahan seluler material organik melepaskan metabolit sekunder dan kompleks biokatalis berupa enzim (protease, amilase, lipase) yang memberi kemampuan disinfeksi dan pembersihan minyak pada produk akhir.

Parameter dan mekanisme standar pembuatan skala rumah tangga

Standardisasi parameter merupakan kunci untuk menghasilkan cairan eco-enzyme dengan mutu organoleptik dan kimiawi yang baik. Mekanisme pembuatan memerlukan kedisiplinan dalam menakar komposisi. Standar rasio emas (golden ratio) yang digunakan secara universal adalah 1 : 3 : 10 berdasarkan perhitungan massa (berat). Berikut adalah perincian komponen dan tahapan optimalisasinya: molase / gula merah, menyediakan sumber utama karbon (C) dan energi bagi mikroorganisme pada awal fase lag dan log pertumbuhan, 1 bagian. Limbah buah/sayur segar substrat utama penyedia nitrogen (N), mikroba alami lokal, serta prekursor vitamin, mineral, dan enzim seluler, 3 bagian. Air bersih (tanpa kaporit) berfungsi sebagai pelarut homogen, media transportasi nutrisi, dan habitat akuatik bagi komunitas mikroba, 10 bagian.

Tahapan operasional pembuatannya meliputi: 1) Pemilihan reaktor (wadah): Sangat diwajibkan menggunakan wadah bermaterial plastik (HDPE atau PET) bervolume cukup, lentur, dan memiliki tutup yang dapat menyegel udara rapat-rapat. Material kaca sangat dilarang karena tidak mampu menahan ekspansi tekanan volumetrik gas CO₂ dan berisiko tinggi pecah. 2) Preparasi bahan substrat: Limbah organik yang digunakan harus murni dari sisa nabati segar (kulit pisang, kulit jeruk, nanas, potongan sayur segar). Tidak diperkenankan menggunakan limbah matang (sisa makanan, nasi basi), limbah hewani (daging, tulang), atau limbah berminyak karena dapat memicu putrefaksi (pembusukan protein) yang menghasilkan belatung dan bau amonia menyengat (Ziah et al., 2025). Pemotongan bahan dalam ukuran kecil akan memperluas luas permukaan sentuh spesifik, mempercepat kinetika fermentasi. 3) Inkubasi dan perawatan harian: Campurkan air bersih dan molase hingga homogen sempurna, lalu masukkan bahan organik secara perlahan (sisakan ruang kosong sekitar 20% pada wadah untuk akumulasi gas). Selama 30 hari pertama, wadah harus diinspeksi harian; tutup dibuka sedikit (burping) untuk membebaskan gas yang terjebak, kemudian disegel kembali dengan

cepat agar meminimalisir intrusi oksigen. 4) Pemanenan dan ekstraksi: Pada hari ke-90, kematangan cairan ditandai dengan warna cokelat bening hingga gelap, aroma asam khas fermentasi, dan nilai pH berkisar di angka 3.0 hingga 4.0. Cairan diekstraksi melalui penyaringan berlapis untuk memisahkan larutan eco-enzyme dari residu ampas padat (sludge). Ampas padat ini tidak dibuang, melainkan dapat digunakan kembali sebagai inokulan fermentasi batch berikutnya, dikeringkan untuk campuran pupuk organik, atau dihancurkan sebagai pembersih saluran toilet mampet.

Perluasan aplikasi eco-enzyme dalam rekayasa dan pelestarian lingkungan

Secara holistik, menahan laju sampah organik melalui rekayasa hayati memiliki variasi metode. Selain penguraian fermentatif menjadi eco-enzyme, limbah organik rumah tangga juga dapat dialokasikan sebagai bahan pakan utama bagi budidaya maggot BSF (*Hermetia illucens*) yang diketahui memiliki kandungan protein hewani tinggi untuk pakan ternak (Lestari, 2024), serta dimanfaatkan sebagai substrat proyek biogas berbasis lingkungan untuk sumber energi alternatif, meskipun seringkali tantangan produksi gas skalanya masih terbatas (Ziah et al., 2025). Namun, eco-enzyme menempati porsi kepraktisan yang tinggi karena cairan ini bersifat multifungsi. Bila diencerkan secara masif, cairan ini bertransformasi menjadi Pupuk Organik Cair (POC) unggulan yang merangsang bakteri baik di tanah. Dalam lingkup kebersihan rumah, eco-enzyme menjadi substitusi karbol dan deterjen yang mampu menetralkan patogen. Lebih jauh, eco-enzyme terbukti efektif digunakan sebagai agen bioremediasi penjernih air untuk badan sungai dan danau yang tercemar (Hanum et al., 2022). Pemanfaatan cairan multi-kompleks ini merambah berbagai sektor vital lingkungan:

Integrasi dalam sektor pertanian berkelanjutan (sebagai Pupuk Organik Cair / POC)

Cairan eco-enzyme memiliki konsentrasi asam amino, hormon tumbuh alami, dan mineral terlarut yang tinggi. Bila diencerkan secara masif (rasio 1:1000 hingga 1:500) dengan air sumur, cairan ini bertransformasi menjadi Pupuk Organik Cair (POC) unggulan. Ketika disiramkan ke media tanam atau disemprotkan sebagai pupuk daun (foliar), enzim di dalamnya merangsang aktivitas bakteri tanah menguntungkan, memperbaiki struktur porositas tanah, dan dapat mempercepat dekomposisi unsur hara di dalam tanah agar mudah diserap oleh akar tanaman. Aplikasi ini mengurangi ketergantungan petani atau pegiat perkebunan urban terhadap pupuk kimia sintetis (NPK buatan) yang rentan merusak keseimbangan mikroba tanah dalam jangka panjang.

Substitusi agen sanitasi dan pembersihan rumah tangga

Masyarakat perkotaan modern memiliki tingkat konsumsi deterjen sintetis, sabun cuci, dan karbol berbahan kimia keras bermuatan fosfat dan klorin yang sangat tinggi. Limbah kimia cair dari deterjen komersial sulit terurai (non-biodegradable) dan menjadi ancaman berat bagi ekosistem perairan akibat eutrofikasi. Eco-enzyme bertindak sebagai substitusi alami. Kombinasi tingkat keasaman yang rendah (asam asetat) berfungsi menetralkan mineral alkali dan mematikan bakteri patogen. Sementara itu, kandungan protease dan lipase secara enzimatis mampu melarutkan ikatan molekuler protein kotoran dan menyingkirkan akumulasi kerak minyak pada piring, lantai keramik, hingga pakaian. Penggunaan cairan ini secara tidak langsung mereduksi paparan rumah tangga terhadap zat aditif kimia yang bersifat karsinogenik atau penyebab alergi kulit.

Intervensi biologis dalam pengolahan air limbah terbuka (bioremediasi air)

Salah satu aplikasi makro yang revolusioner adalah pemanfaatan eco-enzyme sebagai agen bioremediasi pada badan air yang tercemar (selokan permukiman, danau resapan, dan sungai yang terkontaminasi). Eco-enzyme dapat dituangkan ke dalam danau, sungai, atau kolam yang tercemar untuk membantu memecah partikel polutan dan mengurangi pertumbuhan alga berlebih (algae bloom), yang pada akhirnya akan menjernihkan air (Hanum et al., 2022). Secara parametrik teknik lingkungan, penambahan eco-enzyme mampu meningkatkan Total Suspended Solids (TSS) yang mengendap, mereduksi kekeruhan (turbiditas), serta secara signifikan menurunkan nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD). Konsorsium bakteri di dalamnya memetabolisme materi organik pencemar sungai menjadi gas inert dan massa selulosa, sekaligus memulihkan kadar Dissolved Oxygen (DO) bagi biota air..

Analisis ekonomi sirkular dan pemberdayaan komunitas perkotaan

Implementasi sistem manajemen eco-enzyme di level masyarakat bersinggungan langsung dengan prinsip inti Ekonomi Sirkular (Circular Economy), sebuah sistem ekonomi holistik yang berupaya meminimalkan limbah dan memaksimalkan penggunaan sumber daya berulang kali. Dalam sistem linier konvensional, pengelolaan sampah perkotaan membebankan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) dalam jumlah masif untuk komponen tipping fee TPA, operasional truk pengangkut, dan pembelian lahan urug baru.

Sebaliknya, mereduksi sampah dari sumbernya menghadirkan valuasi ekonomi riil yang signifikan. Pertama, penghematan anggaran belanja rumah tangga (cost-saving); rumah tangga mandiri tidak perlu lagi mengalokasikan dana rutin untuk membeli disinfektan lantai, sabun cuci piring komersial, cairan pelancar pipa mampet, deterjen cucian baju, serta pupuk tanaman hias. Kedua, menciptakan ceruk kewirausahaan sosial baru. Kelompok swadaya seperti Ibu-ibu Pemberdayaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) dapat mengemas dan memasarkan produk turunan berbasis eco-enzyme, seperti sabun mandi batangan padat ramah lingkungan, deterjen cair organik, dan cairan *hand sanitizer* berbahan dasar alami, sehingga menghasilkan passive income bagi kas paguyuban warga.

Tantangan sistemik dan strategi formulasi kebijakan di wilayah urban

Walaupun menawarkan keuntungan multisektoral, akselerasi dan replikasi penerapan eco-enzyme dalam skala distrik perkotaan yang luas masih menghadapi barikade psikologis dan teknis. Tantangan pertama adalah kendala perilaku (behavioral barrier) dari demografi masyarakat urban yang menyukai kepraktisan (budaya instan). Proses penyortiran sampah basah dan pemantauan masa fermentasi 90 hari dianggap menyita waktu. Tantangan kedua terkait literasi teknis mikrobiologi dasar. Kurangnya edukasi menyebabkan kesalahan fatal dalam pembuatan, seperti timbulnya belatung (maggots) atau bau busuk akibat kesalahan hermetisasi wadah atau kontaminasi dari penyusupan limbah hewani/berminyak yang seharusnya mutlak dilarang (Ziah et al., 2025). Kegagalan pada *batch* pertama seringkali memadamkan motivasi partisipan pemula.

Untuk mengatasi hambatan teknis ini, kampanye pasif tidak dapat diandalkan; diperlukan intervensi sosial-budaya yang terstruktur. Strategi paling jitu adalah inisiasi Eco-Community atau bank sampah unit secara hiperlokal (di tingkat Rukun Tetangga/RT). Kader lingkungan berperan menyediakan bimbingan teknis berkala (Standard Operating Procedure/SOP) secara gratis. Perguruan tinggi dan akademisi dapat diterjunkan melalui program pengabdian masyarakat untuk memonitoring dan menjamin standar mutu organoleptik cairan yang diproduksi warga. Edukasi harus menekankan dekonstruksi paradigma konvensional—bahwa pengelolaan limbah organik yang tepat bukanlah tugas tambahan yang memberatkan, melainkan tanggung jawab moral kolektif dalam transisi menuju tata kelola kota yang ramah lingkungan.

Kesimpulan dan Saran

Pengolahan limbah organik domestik menjadi bentuk sediaan eco-enzyme merepresentasikan sebuah rekayasa lingkungan berbiaya rendah dan inovasi sirkular yang sangat vital dan relevan untuk diadopsi secara masif di lanskap wilayah perkotaan. Proses pembuatannya, yang bersandar pada kinetika reaksi fermentasi sederhana gula, limbah organik hijau, dan air murni selama tiga bulan, terbukti mampu mengkonversi materi pembuangan yang tadinya menjadi sumber pencemaran iklim dan air, menjadi spektrum cairan bioaktif dengan utilitas ekstrem. Secara makroekologi, desentralisasi pengelolaan sampah ini menekan laju timbulan sampah ke TPA yang selama ini menjadi bom waktu bagi pemerintah kota. Di saat yang sama, eco-enzyme memberikan substitusi konkret atas produk bahan kimia rumah tangga pencemar lingkungan dengan agen pembersih dan pupuk organik yang berkelanjutan dan hemat biaya. Pada konklusinya, keberhasilan integrasi program ramah iklim ini sangat berikatan erat dengan persistensi literasi, pendampingan kader komunitas secara berkesinambungan, dan kesadaran holistik dari tiap individu, di mana setiap kulit buah yang kita kelola secara mandiri merupakan investasi krusial menuju pembentukan tatanan kehidupan perkotaan bersistem zero waste lifestyle.

Berdasarkan kajian komprehensif yang telah dipaparkan, terdapat beberapa rekomendasi strategis guna optimalisasi pengembangan dan implementasi program eco-enzyme di masa mendatang. Bagi pemerintah dan pemangku kebijakan: evaluasi efektivitas regulasi persampahan perlu diiringi dengan fasilitasi pemberdayaan masyarakat di tingkat mikro. Dukungan bagi komunitas pendaur ulang limbah rumah tangga akan mengakselerasi kepatuhan publik. Bagi masyarakat: diharapkan konsistensi dalam pemilahan sampah dapur dan komitmen memproses limbah menjadi turunan berharga seperti eco-enzyme atau pakan maggot BSF demi sirkulasi ekonomi dan lingkungan yang bersih. Bagi peneliti: diperlukan riset lanjutan mengenai optimasi persentase organoleptik dari ragam kombinasi limbah, serta intervensi kebijakan yang paling efektif guna mengadopsi produksi massal eco-enzyme berstandar keamanan tinggi.

Daftar Pustaka

Amiruddin, M. (2026). Reconstruction Of Environmental Fiqh Language Based On

- Tazkiyatun Nafs: A Sufistic Approach To Students' Mental. *Gajie: Global Journal of Islamic Education*, 02(1), 52–66. <https://doi.org/10.58518/gajie.v2i01.4778>. <https://repository.uin-malang.ac.id/26887/>
- Hanum, Z., Wajizah, S., Aini, Z., & Delima, M. (2022). *Pengembangan Eco Enzyme Berbasis Limbah Organik Melalui Penerapan Eco Community Development Of Eco Enzyme Based On Organic Waste Through Application Of Eco Community*.
- Larasati, D., Puji Astuti, A., & Triwahyuni Maharani, E. (2020). *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS 2020 Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme Dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus Di Kota Semarang)*.
- Lestari, R. S. (2024). Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan pakan utama budidaya maggot BSF (*Hermetia Illuciens L*). In *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ) eISSN (Vol. 2)*. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>
- Pengolahan, S., Organik, S., Melalui Pembuatan, B., Hanggara, F. D., Rizka Aziza, M., Hasanah, N. A., Zafirah, Y., Junikhah, A., Rifqi, F., & Fahmi, Z. (2024). *J U R N A L S O L M A Eco-Enzyme di Kalangan Siswa SMA Bahrul Maghfiroh Malang*. <https://repository.uin-malang.ac.id/20334/>
- Shofiah, N., Malikatus Siswanto, H., Maulani, N. R., & Wicaksono, S. S. (2025). Empowering communities through the sustainable transformation of used cooking oil waste into aromatherapy candles: A holistic approach to waste management ARTICLE INFO ABSTRACT. 6(1), 214–222. <https://repository.uin-malang.ac.id/24761/>
- Vania, A. (2022). *Optimalisasi Potensi Lingkungan Melalui Pembuatan Vertical Garden Dan Pengolahan Limbah Organik Di Dusun Genting Kota Malang*. <https://repository.uin-malang.ac.id/11386/>
- Wahyuni, D. (2025). Efektivitas regulasi pengelolaan sampah plastik di indonesia: Sebuah studi literatur. In *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ) eISSN (Vol. 3)*. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>
- Ziah, K., Nur Rahmanisa, N., Mohamad Nafis Basya, A., & Ahmadi Razaq, F. (2025). Pengolahan sampah organik di pasar landungsari sebagai sumber energi: Studi proyek biogas berbasis lingkungan. In *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ) eISSN (Vol. 3)*. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>