



BIOSAINSDIK

PROGRAM STUDI TADRIS BIOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
JURNAL BIOLOGI SAINS DAN KEPENDIDIKAN

VOLUME 4 NOMOR 2 NOVEMBER 2024

- ❖ PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES FORMATIF BERBASIS APLIKASI PLICKERS PADA MATERI SISTEM EKSRESI MANUSIA
- ❖ KOMPOSISI JENIS DAN KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DI KAWASAN SARAH KECAMATAN LEUPUNG, KABUPATEN ACEH BESAR
- ❖ PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL) TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN DI SMPN 1 SAMADUA ACEH SELATAN
- ❖ UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA L.*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *PROPIONIBACTERIUM ACNES* SECARA IN VITRO
- ❖ POTENSI DAN MANFAAT EKOENZIM: TINJAUAN LITERATUR UNTUK PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN
- ❖ ANALISIS RESPON SISWA TERHADAP MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM-SOLVING* PADA MATERI JARINGAN PADA TUMBUHAN
- ❖ POTENSI *MOMORDICA CHARANTIA* DAN *CINNAMOMUM VERUM* DALAM PENGELOLAAN DIABETES: DARI PENGETAHUAN TRADISIONAL KE PEMBUKTIAN ILMIAH



BIOSAINSDIK
Jurnal Biologi Sains dan Kependidikan
Vol. 4, No. 2, November 2024

Editor in Chief

Qurratu Aini, S.Si., M.Pd (*Fakultas Agama Islam UNMUHA, Indonesia*)

Managing Editors

Cut Novrita Rizki, S.Pd., M.Sc dan Nurul Fajriana, S.Pd., M.Pd
(*Fakultas Agama Islama UNMUHA, Indonesia*)

Board of Editors

Meutia Zahara, Ph.D (*Fakultas Kesehatan Masyarakat UNMUHA, Indonesia*)

Dewi Sartika Aryani, S.P., M.S (*Universitas Malikussaleh, Indonesia*)

Muhammad Yani, M.Pd (*Fakultas Agama Islama UNMUHA, Indonesia*)

Nafisah Hanim, M.Pd (*Fakultas Tarbiyah UIN An-Raniry, Indonesia*)

Board of Riviewers

Prof. Dr. Ali Sarong (*Universitas Syiah Kuala, Indonesia*)

Dr. Saiful, S.Ag., M.Ag (*Universitas Muhammadiyah Aceh, Indonesia*)

Dr. Norshazila Shahidan (*Universiti Sultan Zainal Abidin, Malaysia*)

Dr. Dewi Elfidasari, M.Si (*Universitas Al Azhar Indonesia (UAI), Indonesia*)

Dr. Essy Harnelly, M.Si Pd (*Universitas Syiah Kuala, Indonesia*)

Dr. Irdalisa, S.Si., M.Pd (*Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia*)

Dr. Dian Aswita, S.Pd., M.Pd (*Universitas Serambi Mekkah, Indonesia*)

Board of Assistant

Devi Keumala, M.T dan Dedi Zumardi, S.Pd.I

Penerbit

Program Studi Tadris Biologi Universitas Muhammadiyah Aceh dan

Lembaga Penelitian, Penerbitan, Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat (LP4M)

Email : biosainsdik@unmuha.ac.id

DAFTAR ISI
BIOSAINSDIK
Jurnal Biologi Sains dan Kependidikan
Vol. 4, No. 2, November 2024

	Hal
Pengembangan Instrumen Tes Formatif Berbasis Aplikasi Plickers Pada Materi Sistem Ekskresi Manusia <i>Cut Ratna Dewi dan Wittria Elvita</i>	426-434
Komposisi Jenis dan Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Sarah Kecamatan Leupung, Kabupaten Aceh Besar <i>Mahlil Yulian Winda, Meutia Zahara, Nurul Fajriana dan Suwarniati</i>	435-442
Pengaruh Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (Pbl) terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Pencemaran Lingkungan di SMPN 1 Samadua Aceh Selatan <i>Mauizah Hasanah, Anita Safriani, dan Fatemah Rosma</i>	443-455
Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Propionibacterium acnes</i> secara In Vitro <i>Nisrina Afiqah Rahmi dan Ahmad Shafwan S.Pulungan</i>	456-468
Potensi dan Manfaat Ekoenzim : Tinjauan Literatur Untuk Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan <i>Qurratu Aini, Nurul Fajriana, Suwarniati, dan Achmad Zacky</i>	469-479
Analisis Respon Siswa Terhadap Model Pembelajaran <i>Problem-Solving</i> Pada Materi Jaringan Pada Tumbuhan <i>Siti Wardana</i>	480-487
<i>Momordica Charantia</i> dan <i>Cinnamomum Verum</i> Dalam Pengelolaan Diabetes: Dari Pengetahuan Tradisional Ke Pembuktian Ilmiah <i>Suwarniati</i>	488-497

**POTENSI DAN MANFAAT EKOENZIM : TINJAUAN LITERATUR UNTUK
PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN**

**POTENTIAL AND BENEFITS OF ECOENZYMES : A LITERATURE REVIEW FOR
SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

Qurratu Aini^{*1}, Nurul Fajriana², Suwarniati³, Achmad Zacky⁴

^{1,2,3,4}Tadris Biologi, Universitas Muhammadiyah Aceh, Jln. Muhammadiyah, No. 91.
Bato, Lueng Bata, Banda Aceh, Indonesia.

*Email : qurratu.aini@unmuha.ac.id

ABSTRACT

Ecoenzyme is an organic fermentation solution obtained from household organic waste, which has great potential in supporting sustainable environmental management. This study aims to review the benefits and applications of ecoenzymes based on current literature, and evaluate their relevance to global environmental challenges. The results of the review indicate that ecoenzymes play an effective role in waste treatment, pollution reduction, and improving soil and water quality. In addition, ecoenzymes also contribute to climate change mitigation by reducing greenhouse gas emissions. Despite its significant benefits, the adoption of ecoenzymes on a large scale faces challenges, such as the lack of standardization of production processes and the need for more in-depth scientific validation. Therefore, further research is needed to optimize the use of ecoenzymes and support their application in various sectors. This study is expected to be a reference for the development of environmentally friendly technologies that are in line with the principles of sustainable development.

Key words: *ecoenzyme, environmental management, sustainable development, climate change mitigation, organic waste*

ABSTRAK

Ekoenzim merupakan larutan fermentasi organik yang diperoleh dari limbah organik rumah tangga, memiliki potensi besar dalam mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan. Kajian ini bertujuan untuk mengulas manfaat dan aplikasi ekoenzim berdasarkan literatur terkini, serta mengevaluasi relevansinya terhadap tantangan lingkungan global. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa ekoenzim berperan efektif dalam pengolahan limbah, pengurangan polusi, dan peningkatan kualitas tanah serta air. Selain itu, ekoenzim juga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca. Meskipun manfaatnya signifikan, adopsi ekoenzim dalam skala luas menghadapi tantangan, seperti kurangnya standarisasi proses produksi dan perlunya validasi ilmiah yang lebih mendalam. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan pemanfaatan ekoenzim dan mendukung penerapannya dalam berbagai sektor. Kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi ramah lingkungan yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: ekoenzim, pengelolaan lingkungan, pembangunan berkelanjutan, mitigasi perubahan iklim, limbah organik

PENDAHULUAN

Ekoenzim adalah solusi potensial untuk pengelolaan limbah berkelanjutan yang dapat memberikan manfaat lingkungan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau potensi dan manfaat ekoenzim dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan berdasarkan literatur yang ada. Ekoenzim dapat digunakan untuk mengolah limbah rumah tangga menjadi produk yang bermanfaat. Produk-produk ini termasuk pupuk organik cair, pembersih, sabun, hand sanitizer, disinfektan, dan minyak esensial yang dapat ditambahkan ke pemurni air (Ihtiar et al. 2023)

Permasalahan lingkungan yang terus meningkat, seperti pencemaran air, udara, dan tanah, telah menjadi perhatian global yang memerlukan solusi inovatif dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah pemanfaatan eco-enzyme. Eco-enzyme merupakan produk fermentasi dari bahan organik seperti limbah dapur, gula, dan air. Produk ini memiliki berbagai manfaat, termasuk sebagai pembersih alami, pupuk organik, hingga agen pengurang bau tidak sedap (Khairunnisa et al., 2023).

Penelitian tentang ekoenzim telah berkembang pesat dalam dekade terakhir, mencakup berbagai topik seperti komposisi, pelatihan, dan pengembangan produk. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi penggunaan ekoenzim serta mengintegrasikan penelitian ekoenzim dengan berbagai disiplin ilmu lainnya (Winarsih et al. 2023)

Ekoenzim berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan dengan meningkatkan efisiensi lingkungan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Implementasi proses enzimatik dalam industri telah terbukti mengurangi kontribusi terhadap pemanasan global, asidifikasi, eutrofikasi, pembentukan ozon fotokimia, dan penggunaan energi (Jegannathan & Nielsen., 2013). Hal ini menunjukkan bahwa teknologi enzimatik, termasuk ekoenzim, adalah alat yang menjanjikan untuk produksi industri yang lebih bersih.

Dalam konteks pengelolaan lingkungan, ekoenzim memiliki potensi besar untuk mendukung pendekatan ramah lingkungan. Selain memanfaatkan limbah organik yang seringkali terbuang, eco-enzyme juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembusukan limbah di tempat pembuangan akhir (Chong *et al.*, 2021). Pemanfaatannya sebagai pembersih alami juga dinilai lebih aman dibandingkan bahan kimia sintetis, sehingga dapat mengurangi pencemaran kimia yang berbahaya bagi ekosistem air (Panda *et al.*, 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekoenzim mengandung senyawa aktif seperti asam organik, alkohol, dan enzim yang memberikan kemampuan antimikroba, dekomposisi bahan organik, serta peningkatan kesuburan tanah (Liang *et al.*, 2020). Hal ini menjadikan ekoenzim sebagai salah satu solusi inovatif untuk mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan, khususnya dalam mewujudkan prinsip ekonomi sirkular.

METODE PENELITIAN

Proses pengumpulan informasi tentang potensi dan manfaat ekoenzim untuk pengelolaan lingkungan berkelanjutan adalah dengan menggunakan studi literatur, dimana seluruh informasi yang relevan tentang tumbuhan ini diuraikan dan disimpulkan didalam artikel ini. Informasi dan data yang diperoleh dapat diakses melalui melalui sumber media online maupun offline di Universitas Muhammadiyah Aceh. Pengecekan referensi secara online dilakukan melalui database akademik seperti Scopus, Garuda, ResearchGate, Google Scholar, akademisi, dan lain-lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi dan Proses Produksi Ekoenzim

Ekoenzim adalah larutan yang dihasilkan dari fermentasi limbah organik seperti buah dan sayuran, gula (molase), dan air. Kandungan kimia utama dalam ekoenzim meliputi berbagai enzim seperti amilase, serta asam organik yang memberikan sifat asam pada larutan ini (Rukmini dan Herawati., 2023; Gumilar., 2023; Indraloka *et al.*, 2023). Ekoenzim juga mengandung nitrogen dalam jumlah yang signifikan, yang berkontribusi pada aktivitas enzimatisnya (Indraloka *et al.*, 2023).

Proses produksi ekoenzim melibatkan fermentasi limbah organik dengan molase dan air dalam rasio 3:1:10 selama 90 hari (Rukmini dan Herawati., 2023;). Faktor-faktor yang memengaruhi hasil produksi ekoenzim meliputi:

1. Komposisi Bahan Baku: Jenis limbah organik yang digunakan (misalnya kulit jeruk, jahe, kunyit) mempengaruhi pH, warna, dan aroma ekoenzim ((Rukmini dan Herawati., 2023). Misalnya, sampah jeruk dapat menghasilkan ekoenzim dengan tingkat keasaman yang baik dan aroma asam yang kuat, yang bermanfaat untuk aplikasi tertentu seperti agen antimikroba dan pupuk organik (Salma & Ratni, 2022; Siringoringo, *et al.*, 2023; Farma *et al.*, 2023).
2. Kandungan Nutrisi: Limbah organik yang berbeda memberikan kontribusi nutrisi yang berbeda pula. Misalnya, ekoenzim yang terbuat dari limbah nanas dan sayuran hijau kaya akan nitrogen, fosfor, kalium, dan karbon organik, sehingga cocok untuk digunakan sebagai pupuk organik (Ashari *et al.*, 2024).
3. Jenis dan Konsentrasi Gula: Jenis dan konsentrasi gula yang digunakan dalam proses fermentasi dapat memengaruhi kandungan nutrisi dan aktivitas mikroba dalam ekoenzim. Keberadaan gula sangat penting karena berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi bakteri seperti *Acetobacter Xylinum*, yang dapat meningkatkan kualitas ekoenzim (Salma & Ratni, 2022; Gumilar, 2023).
4. Durasi Fermentasi: Meskipun periode fermentasi standar adalah 90 hari, variasi waktu fermentasi dapat memengaruhi karakteristik produk akhir, seperti keasaman dan kandungan nutrisi. Namun, upaya untuk memperpendek durasi ini belum secara konsisten menghasilkan hasil yang lebih baik (Salma & Ratni, 2022).

B. Potensi Ekoenzim untuk Pengelolaan Lingkungan

Ekoenzim, yang berasal dari fermentasi limbah organik, menawarkan potensi signifikan untuk pengelolaan lingkungan. Enzim ini sangat efektif dalam mengurangi volume limbah rumah tangga, menurunkan tingkat polutan di berbagai lingkungan, dan mengolah limbah cair.

1. Pengelolaan Limbah Organik: Pengurangan Volume Sampah Rumah Tangga

Ekoenzim diproduksi dari sampah organik rumah tangga, seperti sisa buah dan sayuran, melalui fermentasi. Proses ini tidak hanya mengurangi volume sampah tetapi juga mengubahnya menjadi produk bernilai seperti pupuk cair dan bahan pembersih (Ihtiar *et al.*, 2023; Gumilar, 2023; Kriswantoro *et al.*, 2023; Komarudin *et al.*, 2023). Penggunaan ekoenzim dalam pengelolaan limbah dapat secara signifikan mengurangi jumlah limbah organik yang berakhir di tempat pembuangan akhir, sehingga mengurangi emisi metana dan berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim (Barman *et al.*, 2022; Tampubolon *et al.*, 2022).

2. Penurunan Kadar Polusi di Udara, Tanah, dan Udara

Ekoenzim telah terbukti bertindak sebagai pemurni udara dan air, membantu mengurangi polutan di lingkungan ini. Ekoenzim dapat digunakan sebagai disinfektan dan agen antimikroba, yang berkontribusi terhadap udara dan air yang lebih bersih (Fevria *et al.* 2023; Tampubolon *et al.*, 2022). Penerapan ekoenzim dalam pertanian juga dapat meningkatkan kualitas tanah dengan mengurangi kebutuhan pupuk kimia dan pestisida, sehingga meminimalkan pencemaran tanah (Kriswantoro *et al.*, 2023; Komarudin *et al.*, 2023).

3. Kemampuan Ekoenzim dalam Pengolahan Limbah Cair

Ekoenzim efektif dalam mengolah limbah cair, seperti limbah industri. Misalnya, enzim ini telah digunakan untuk mengurangi kebutuhan oksigen kimiawi (COD), total padatan tersuspensi (TSS), dan tingkat pH dalam air limbah industri tahu, yang menunjukkan potensinya dalam pengelolaan air limbah industri (Putri, Widiarini & Ramadanintyas, 2024). Enzim dalam ekoenzim dapat mengubah polutan menjadi zat yang kurang berbahaya, menjadikannya pilihan yang berkelanjutan untuk pengolahan air limbah (Karam & Nicell, 1997).

C. Aplikasi Ekoenzim pada Sektor Pertanian

Ekoenzim mulai mendapat perhatian di bidang pertanian karena potensinya untuk meningkatkan kesuburan tanah, berfungsi sebagai pupuk organik atau pestisida alami, dan meningkatkan hasil dan kualitas tanaman.

1. Peningkatan Kesuburan Tanah

pH Tanah dan Ketersediaan Nutrisi: Aplikasi ekoenzim dapat secara signifikan memengaruhi pH tanah dan ketersediaan fosfor, yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Misalnya, perawatan yang melibatkan ekoenzim telah menunjukkan peningkatan pH tanah dan ketersediaan fosfor,

sehingga meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen seperti sawi (Lumbanraja, Budianta & Rohim, 2022).

Aktivitas Mikroba: Ekoenzim dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah, yang sangat penting untuk siklus nutrisi dan kesehatan tanah. Hal ini dapat meningkatkan kesuburan dan struktur tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Bonanomi *et al.*, 2023; Cesarano *et al.*, 2017).

2. Penggunaan Ekoenzim sebagai Pupuk Organik atau Pestisida Alami

Pupuk Organik: Ekoenzim, yang berasal dari bahan organik, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Mereka membantu memecah bahan organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana yang dapat diserap tanaman dengan mudah, sehingga meningkatkan penyerapan nutrisi dan pertumbuhan tanaman (Manna, Sarkar & Maity, 2001; Bonanomi *et al.*, 2023).

Pestisida Alami: Meskipun tidak dijelaskan secara rinci dalam abstrak yang diberikan, ekoenzim berpotensi bertindak sebagai agen pengendalian hayati terhadap patogen tanaman, mirip dengan bakteri pengendalian hayati lainnya yang menghasilkan enzim untuk melindungi tanaman (Chen, *et al.*, 2023).

3. Efeknya pada Hasil Panen dan Kualitas Tanaman

Hasil Panen: Penggunaan ekoenzim dan amandemen organik lainnya telah terbukti meningkatkan hasil panen. Misalnya, aplikasi biozim secara signifikan meningkatkan hasil dan kualitas bawang, yang menunjukkan potensi ekoenzim untuk meningkatkan produktivitas pertanian (Manna, Sarkar & Maity, 2001; Herrmann *et al.*, 2022).

Kualitas Tanaman: Ekoenzim dapat meningkatkan kualitas tanaman dengan meningkatkan kandungan nutrisi dan mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia, yang dapat berdampak negatif pada kualitas tanaman. Hal ini didukung oleh temuan bahwa amandemen organik dapat meningkatkan kualitas tanaman dengan meningkatkan kandungan nutrisi dan mengurangi residu berbahaya (Herrmann *et al.*, 2022; Morra *et al.*, 2021).

D. Manfaat Ekoenzim pada Kesehatan dan Sanitasi

Ekoenzim, yang berasal dari fermentasi limbah organik seperti kulit buah dan sayuran, menawarkan manfaat yang signifikan bagi kesehatan dan sanitasi. Ekoenzim semakin dikenal karena perannya dalam mengurangi patogen lingkungan, berfungsi sebagai agen pembersih yang ramah lingkungan, dan mendukung inisiatif kesehatan masyarakat.

1. Mengurangi Patogen di Lingkungan

Ekoenzim memiliki sifat antimikroba yang secara efektif dapat menghambat strain mikroorganisme tertentu, seperti *Escherichia coli* dan *Enterococcus* sp. Hal ini menjadikannya pilihan yang tepat untuk mendisinfeksi

dan membersihkan permukaan, menyediakan alternatif alami untuk pembersih berbahan kimia (Vidalia *et al.*, 2023; Fevria & Vauzia, 2023).

2. Agen Pembersih Ramah Lingkungan

Ecoenzymes dapat digunakan sebagai cairan pembersih untuk berbagai keperluan rumah tangga, termasuk pembersih lantai, sabun, dan pembersih tangan. Komposisi alaminya menjadikannya pilihan yang berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada pembersih kimia yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan (Ihtiar *et al.*, 2023; Komarudin *et al.*, 2023; Fevria, & Vauzia, 2023). Kehadiran asam asetat dan enzim seperti lipase dan amilase meningkatkan kemanjuran pembersihannya (Vidalia *et al.*, 2023).

3. Mendukung Program Kesehatan Masyarakat

Dengan memanfaatkan limbah rumah tangga untuk menghasilkan ekoenzim, masyarakat dapat mengurangi penumpukan limbah dan meningkatkan kelestarian lingkungan. Praktik ini tidak hanya mendukung kesehatan masyarakat dengan meminimalkan bahaya terkait limbah, tetapi juga menghasilkan nilai ekonomi dengan menciptakan produk yang bermanfaat dari limbah. Prakarsa pendidikan telah berhasil mengajarkan masyarakat cara memproduksi dan menggunakan ekoenzim, sehingga meningkatkan kesehatan masyarakat dan kesadaran lingkungan (Komarudin *et al.*, 2023; Fevria, & Vauzia, 2023).

E. Kontribusi Ekoenzim terhadap Pengurangan Emisi Karbon

Ekoenzim berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca dengan meningkatkan proses pengelolaan limbah dan mendukung konsep tanpa limbah. Ekoenzim diproduksi melalui fermentasi limbah organik, seperti sisa buah dan sayuran, dan memiliki berbagai fungsi lingkungan dan rumah tangga.

1. Kontribusi terhadap Pengurangan Emisi Karbon

Efisiensi Pengelolaan Limbah: Ekoenzim mempercepat penguraian limbah organik, yang mengurangi jejak karbon yang terkait dengan pengelolaan limbah. Proses ini tidak hanya mengurangi volume limbah tetapi juga meningkatkan kualitas kompos, sehingga mengurangi emisi dari penguraian limbah (Firdayetti *et al.*, 2024).

Pengurangan Gas Rumah Kaca: Dengan mengubah sampah organik rumah tangga menjadi ekoenzim, emisi CO₂ dan metana dari sampah berkurang secara signifikan. Hal ini karena ekoenzim membantu dalam penguraian dan penggunaan kembali bahan organik secara efisien, yang jika tidak dikelola akan berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca (Tampubolon *et al.*, 2022; Ihtiar *et al.*, 2023).

2. Hubungan dengan Konsep *Zero Waste*

Ekoenzim menyediakan metode alternatif untuk mengolah sampah organik, yang sejalan dengan prinsip *zero waste* dengan mengubah sampah menjadi produk bernilai seperti pupuk cair, pembersih, dan disinfektan. Hal ini

mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru dan meminimalkan sampah yang dikirim ke tempat pembuangan akhir (Ihtiar *et al.*, 2023).

Produksi dan penggunaan ekoenzim melibatkan partisipasi masyarakat, yang meningkatkan kesadaran lingkungan dan mendorong praktik berkelanjutan. Keterlibatan masyarakat ini sangat penting untuk keberhasilan inisiatif tanpa limbah, karena mendorong budaya daur ulang dan penggunaan kembali (Tampubolon *et al.*, 2022; Firdayetti *et al.*, 2024).

F. Studi Kasus dan Implementasi di Berbagai Negeri

1. Keberhasilan Penerapan Ekoenzim dalam Skala Lokal maupun Global

Penerapan ekoenzim telah menunjukkan keberhasilan dalam skala lokal, seperti yang terlihat di Dusun Krandan, Kebonrejo. Di sini, program pelatihan ekoenzim berhasil meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat, khususnya ibu rumah tangga, mengenai pengelolaan limbah organik. Program ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah rumah tangga yang tidak dikelola dengan baik tetapi juga meningkatkan partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan (Septiana, Fitriana & Nugroho, 2024). Keberhasilan ini menunjukkan potensi ekoenzim sebagai solusi lokal yang dapat diadaptasi dan diterapkan di berbagai komunitas untuk mencapai tujuan keberlanjutan.

2. Tantangan dalam Implementasi di Berbagai Wilayah

Meskipun ada keberhasilan di tingkat lokal, implementasi ekoenzim di berbagai wilayah menghadapi tantangan yang signifikan. Salah satu tantangan utama adalah keragaman kondisi lokal yang mempengaruhi penerapan kerangka kerja keberlanjutan global seperti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Tantangan ini mencakup perbedaan prioritas lokal, kepentingan yang bersaing di antara berbagai kelompok pemangku kepentingan, dan risiko yang ditimbulkan oleh ketidakpastian masa depan (Moallemi *et al.*, 2020). Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan transdisipliner yang mengintegrasikan pendekatan komputasional dengan keterlibatan pemangku kepentingan yang tulus, guna memobilisasi upaya kolaboratif dan meningkatkan pembelajaran bersama antara ilmuwan dan pemangku kepentingan (Moallemi *et al.*, 2020).

PENUTUP

Ekoenzim adalah inovasi berkelanjutan yang memiliki potensi besar untuk mengatasi berbagai permasalahan lingkungan global. Sebagai hasil dari fermentasi limbah organik, ekoenzim tidak hanya menawarkan solusi pengelolaan limbah yang lebih efisien tetapi juga memberikan manfaat multifungsi dalam berbagai sektor, seperti pertanian, sanitasi, dan pengurangan emisi karbon. Penerapan ekoenzim mendukung prinsip ekonomi sirkular dan konsep *zero waste*, sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan.

Dalam memaksimalkan potensi ini, diperlukan penelitian lebih lanjut guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi produksinya serta memperluas aplikasinya di berbagai bidang. Dengan sinergi antara penelitian, inovasi, dan implementasi, ekoenzim dapat menjadi alat penting dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan keseimbangan ekosistem yang lebih baik di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu proses pengumpulan data dan informasi dari berbagai referensi berupa buku, jurnal, dan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh beberapa peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari, A., Apindiati, R., Amir, A., Dirhana, D., & Amran, A. (2024). Production and Characterization of Nutrients from Ecoenzymes Based on Fruit Waste and Green Vegetable Waste. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6988>.
- Barman, I., Hazarika, S., Gogoi, J., & Talukdar, N. (2022). A Systematic Review on Enzyme Extraction from Organic Wastes and its Application. *Journal of Biochemical Technology*. <https://doi.org/10.51847/jvfupnki16>.
- Bonanomi, G., Filippis, F., Zotti, M., Idbella, M., Cesarano, G., Al-Rowaily, S., & Abd-ElGawad, A. (2020). Repeated applications of organic amendments promote beneficial microbiota, improve soil fertility and increase crop yield. *Applied Soil Ecology*, 156, 103714. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103714>.
- Cesarano, G., Filippis, F., Storia, A., Scala, F., & Bonanomi, G. (2017). Organic amendment type and application frequency affect crop yields, soil fertility and microbiome composition. *Applied Soil Ecology*, 120, 254-264. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.08.017>.
- Chen, D., Liu, Q., Zhang, G., & Zang, L. (2023). Enhancement of Soil Available Nutrients and Crop Growth in Sustainable Agriculture by a Biocontrol Bacterium *Lysobacter enzymogenes* LE16: Preliminary Results in Controlled Conditions. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061453>.
- Chong, S. Y., Lim, H. S., & Yeo, L. S. (2021). Applications of Eco-Enzymes in Waste Management and Agriculture: A Review. *Environmental Research and Development*, 15(3), 120-130.
- Farma, S., Luzik, N., Sakina, S., Putri, I., Advinda, L., & Anhar, A. (2023). The potential of local orange peel-derived eco-enzymes in producing indole acetic acid. *Acta Biochimica Indonesiana*. <https://doi.org/10.32889/actabiona.137>.
- Fevria, R., & Vauzia, V. (2023). Training on the Utilization of Household Organic Waste for Tourism Nagari Silokek Residents as Ecoenzyme. *Pelita Eksakta*. <https://doi.org/10.24036/pelitaeksakta/vol6-iss2/215>.

- Fevria, R., & Vauzia, V. (2023). Training on the Utilization of Household Organic Waste for Tourism Nagari Silokek Residents as Ecoenzyme. *Pelita Eksakta*. <https://doi.org/10.24036/pelitaeksakta/vol6-iss2/215>.
- Fevria, R., & Vauzia, V. (2023). Training on the Utilization of Household Organic Waste for Tourism Nagari Silokek Residents as Ecoenzyme. *Pelita Eksakta*. <https://doi.org/10.24036/pelitaeksakta/vol6-iss2/215>.
- Firdayetti, F., Sumiyarti, S., Rakendro, R., Busnety, I., & Azizah, F. (2024). Pengelolaan Bank Sampah Bersama Masyarakat Membuat Ecoenzym Di Desa Sidamukti. *Pandawa: Pusat Publikasi Hasil Pengabdian Masyarakat*. <https://doi.org/10.61132/pandawa.v2i2.730>.
- Gumilar, G. (2023). Ecoenzyme Production, Characteristics, and Applications: A Review. *Jurnal Kartika Kimia*. <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i1.186>.
- Herrmann, M., Wang, Y., Hartung, J., Hartmann, T., Zhang, W., Nkebiwe, P., Chen, X., Müller, T., & Yang, H. (2022). A Global Network Meta-Analysis of the Promotion of Crop Growth, Yield, and Quality by Bioeffectors. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.816438>.
- Ihtiar, A., Vira, T., Faizsyahrani, L., Anggraini, N., Azuhro, V., Dewi, E., & Nurwahyunani, A. (2023). The Utilization Of Household Waste Through Ecoenzymes. *International Journal Of Humanities, Social Sciences And Business (INJOSS)*. <https://doi.org/10.54443/injoss.v2i2.75>.
- Ihtiar, Ade et al. 2023. "The Utilization of Household Waste Through Ecoenzymes." *International Journal of Humanities, Social Sciences and Business (Injoss)* 2(2): 239–49.
- Indraloka, A., Istanti, A., & Utami, S. (2023). The physical and chemical characteristics of eco-enzyme fermentation liquids from several compositions of local fruits and vegetables in banyuwangi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1168. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1168/1/012018>.
- Jegannathan, K., & Nielsen, P. (2013). Environmental assessment of enzyme use in industrial production – a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 42, 228-240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.005>.
- Karam, J., & Nicell, J. (1997). Potential Applications of Enzymes in Waste Treatment. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 69, 141-153. 3.0.CO;2-U" target="_blank">[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(199706\)69:2<141::AID-JCTB694>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(199706)69:2<141::AID-JCTB694>3.0.CO;2-U).
- Khairunnisa, R., Sukardi, T., & Lestari, D. (2023). The Role of Eco-Enzyme in Sustainable Waste Management Practices. *Journal of Environmental Studies*, 28(2), 45-52.

- Komarudin, A., Avivah, E., Pamungkas, N., , F., , A., Fahda, A., Hikmah, F., Tommi, M., Mufariya, E., Fujianti, A., & Sadiyah, K. (2023). Eco Enzyme: Upaya Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Untuk Kesehatan Masyarakat Desa Pecangakan. *Profetik: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. <https://doi.org/10.62490/profetik.v1i01.341>.
- Kriswanto, H., Nasser, G., Zairani, F., Nisfuriah, L., Rompas, J., Dali, D., Hasani, B., Yulianto, D., & Sofian, A. (2022). Utilization of Eco-Enzyme from Household Organic Waste to Maintain Soil Fertility and Plant Pest Control. *Altifani Journal: International Journal of Community Engagement*. <https://doi.org/10.32502/altifani.v3i1.5355>.
- Liang, J., Zhang, Y., & Wu, Q. (2020). Composition and Functional Properties of Eco-Enzymes Derived from Organic Waste. *Journal of Green Chemistry*, 22(7), 563-570.
- Lumbanraja, S., Budianta, D., & Rohim, A. (2022). Pengaruh Ecoenzym dan Sp-36 terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.) Pada Ultisol. *AgriPeat*. <https://doi.org/10.36873/agp.v23i1.4451>.
- Manna, D., Sarkar, A., & Maity, T. (2013). Influence Of Biozyme On Growth, Yield and Quality Of Onion (*Allium Cepa* L .) Cv. Sukhsagar. *The Bioscan*, vol. 8, no. 4, pp. 1271-1274.
- Moallemi, E., Malekpour, S., Hadjidakou, M., Raven, R., Szetey, K., Ningrum, D., Dhiaulhaq, A., & Bryan, B. (2020). Achieving the Sustainable Development Goals Requires Transdisciplinary Innovation at the Local Scale. *One Earth*. <https://doi.org/10.1016/j.ONEEAR.2020.08.006>.
- Morra, L., Bilotto, M., Baldantoni, D., Alfani, A., & Baiano, S. (2021). A Seven-Year Experiment In A Vegetable Crops Sequence: Effects Of Replacing Mineral Fertilizers With Biowaste Compost On Crop Productivity, Soil Organic Carbon And Nitrates Concentrations. *Scientia Horticulturae*, 290, 110534. <https://doi.org/10.1016/j.SCIENTA.2021.110534>.
- Panda, S., Chatterjee, M., & Sahoo, A. K. (2022). Eco-Enzyme as a Natural Cleaner: A Sustainable Solution for Household and Industrial Use. *Sustainable Environment Research*, 32(1), 89-97.
- Putri, M., Widiarini, R., & Ramadanintyas, K. (2024). Effectiveness of Eco Enzymes in Reducing Chemical Parameters of Tofu Factory Liquid Waste in Klumutan Village, Saradan District. *Journal of Social Research*. <https://doi.org/10.55324/josr.v3i9.2255>.
- Rukmini, P., & Herawati, D. (2023). Eco-enzyme from Organic Waste (Fruit and Rhizome Waste) Fermentation. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v4i1.62>.

- Salma, N., & Ratni, N. (2022). Pengaruh Penambahan Bakteri *Acetobacter Xylinum* Terhadap Kualitas Produk Ecoenzym. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i6.1199>.
- Salma, N., & Ratni, N. (2022). Pengaruh Penambahan Bakteri *Acetobacter xylinum* terhadap Kualitas Produk Ecoenzym. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i6.1199>.
- Septiana, U., Fitriana, V., & Nugroho, G. (2024). Analisis Peningkatan Pengetahuan Dan Kesadaran Masyarakat Dusun Krandan Kebonrejo Dalam Pengelolaan Limbah Untuk Kesehatan Melalui Pelatihan Ekoenzim. *Jurnal Jendela Inovasi Daerah*. <https://doi.org/10.56354/jendelainovasi.v7i1.165>.
- Siringoringo, Y., Marpaung, T., & Syahputra, R. (2023). Socialization and Production of Ecoenzyme Fluid in Tanjung Kasau Plantation Village, Batubara District. *ABDIMAS TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. <https://doi.org/10.32734/abdima.talenta.v8i1.11310>.
- Tampubolon, J., Sripujiastuti, E., Tarigan, J., & Tampubolon, Y. (2022). Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Eko Enzim di Lingkungan Masyarakat Pinggir Kota (Periurban). *PEDULI: Jurnal Ilmiah Pengabdian Pada Masyarakat*. <https://doi.org/10.37303/peduli.v6i1.415>.
- Vidalia, C., Angelina, E., Hans, J., Field, I. H., Santo, N. C., & Rukmini, E. (2023). Eco-enzyme as disinfectant: a systematic literature review. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 12 (3), 1171-1180. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v12i3.22131>.



BIOSAINSDIK

PROGRAM STUDI TADRIS BIOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH

Jln. Muhammadiyah No. 91, Batoh, Lueng Bata, Banda Aceh
23245

