

PROCESSING ORGANIC WASTE INTO ECO-ENZYME FOR COMMUNITY EMPOWERMENT (ANGGORI VILLAGE, WEST MANOKWARI DISTRICT, MANOKWARI REGENCY)

PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENJADI ECO-ENZYME UNTUK PEMBERDAYAAN MASYARAKAT (KAMPUNG ANGGORI KECAMATAN MANOKWARI BARAT KABUPATEN MANOKWARI)

Nurlailah¹, Veronica L. Tuhumena², Ivonne Fitri Mariay³, Amelia S. Sarungallo⁴

Universitas Papua^{1,2,3,4}

*nurlailah@unipa.ac.id¹, v.tuhumena@unipa.ac.id², i.mariai@unipa.ac.id³,

sammin431@gmail.com⁴

*Corresponding Author

ABSTRACT

Organic waste management is one of the significant environmental challenges, especially in Anggori Village, West Manokwari District, Manokwari Regency, where the community still relies on conventional methods in waste management. This Community Service Program (PKM) aims to increase awareness, skills, and welfare of the community, especially housewives, through processing organic waste into eco-enzymes. The methods applied include a participatory approach with direct training and practice of making eco-enzymes, followed by socialization of the benefits and techniques of waste management. This activity involves housewives as the main participants and is carried out in several stages, starting from socialization to the practice of making eco-enzymes. The results of the activity showed a significant increase in the knowledge and skills of the participants, with an average increase in knowledge reaching 44% after training. In addition, this program succeeded in reducing the volume of unmanaged organic waste and providing economic benefits through the marketing potential of eco-enzymes. The conclusion of this activity emphasizes the importance of education and sustainable practices in organic waste management, and recommends further assistance and strengthening of facilities for the sustainability of the program in the future.

Keywords: Waste Management, Eco-Enzyme, Community Empowerment, Environmental Education, Anggori Village.

ABSTRAK

Pengelolaan sampah organik menjadi salah satu tantangan lingkungan yang signifikan, terutama di Kampung Anggori, Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, dimana masyarakat masih bergantung pada metode konvensional dalam pengelolaan limbah. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran, keterampilan, dan kesejahteraan masyarakat, khususnya ibu rumah tangga, melalui pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme. Metode yang diterapkan meliputi pendekatan partisipatif dengan pelatihan langsung dan praktik pembuatan eco-enzyme, diikuti oleh sosialisasi mengenai manfaat dan teknik pengelolaan limbah. Kegiatan ini melibatkan ibu rumah tangga sebagai partisipan utama dan dilaksanakan dalam beberapa tahap, mulai dari sosialisasi hingga praktik pembuatan eco-enzyme. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan peserta, dengan rata-rata peningkatan pengetahuan mencapai 44% setelah pelatihan. Selain itu, program ini berhasil mengurangi volume limbah organik yang tidak terkelola dan memberikan manfaat ekonomi melalui potensi pemasaran eco-enzyme. Kesimpulan dari kegiatan ini menegaskan pentingnya edukasi dan praktik berkelanjutan dalam pengelolaan limbah organik, serta merekomendasikan pendampingan lanjutan dan penguatan fasilitas untuk keberlanjutan program di masa depan.

Kata Kunci: Pengelolaan Sampah, Eco-Enzyme, Pemberdayaan Masyarakat, Pendidikan Lingkungan, Kampung Anggori.

1. PENDAHULUAN

Manajemen sampah menjadi salah satu tantangan lingkungan terbesar saat ini, terutama di daerah-daerah dengan kesadaran lingkungan yang masih rendah. Salah satu masalah utama dalam manajemen sampah adalah pengelolaan sampah organik, yang mencakup sampah makanan dan bahan-bahan biodegradable lainnya. Penanganan sampah organik yang tidak tepat dapat menyebabkan berbagai dampak lingkungan yang merugikan, seperti bau tidak sedap, polusi, dan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) akibat proses dekomposisi yang tidak terkendali. Sebagai contoh, tempat pembuangan sampah yang tidak terkendali dapat berkontribusi besar terhadap kondisi sanitasi yang buruk dan menjadi sumber masalah kesehatan yang terkait dengan lingkungan. Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC, 2018) memperkirakan bahwa sampah padat menyumbang sekitar 5% dari emisi GRK global, yang terutama berasal dari emisi metana dari tempat pembuangan sampah (Ogutu et al., 2020; Mahyudin, 2017).

Di sisi lain, terdapat inovasi yang signifikan dalam pengelolaan sampah organik secara berkelanjutan, khususnya melalui produksi eco-enzyme. Enzim ini diperoleh dari fermentasi bahan organik dan memiliki berbagai fungsi, seperti agen pembersih alami dan pupuk organik. Potensi eco-enzyme dalam mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan pemulihan sumber daya tidak hanya membantu dalam pengurangan sampah, tetapi juga sejalan dengan praktik berkelanjutan dengan mendukung inisiatif 3R (Reduce, Reuse, Recycle), yang sangat penting dalam mengurangi emisi GRK (Sakai et al., 2017). Seperti yang ditekankan dalam literatur, inisiatif untuk mengurangi dan mengelola sampah sangat penting untuk mengembangkan kebijakan terintegrasi yang mengatasi tujuan ekonomi dan ekologis (Gutama & Iresha, 2023).

Pemahaman terhadap konteks budaya seputar praktik pengelolaan sampah sangat penting untuk implementasi yang efektif. Faktor-faktor seperti pengetahuan dan sikap sangat mempengaruhi hasil pengelolaan sampah, khususnya di lingkungan masyarakat seperti pasar, di mana pembangkitan sampah cenderung tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa berbagai faktor, termasuk tingkat pendidikan dan ketersediaan fasilitas pembuangan sampah, memengaruhi bagaimana pengelolaan sampah dipahami dan diterapkan dalam masyarakat (A'yunin et al., 2022). Hal ini menekankan perlunya pendekatan sistemik dalam pengelolaan sampah, di mana partisipasi dan kesadaran masyarakat memainkan peran penting dalam menerapkan strategi pengelolaan sampah yang efektif (Delgermaa & Matsumoto, 2016).

Selain itu, ada kebutuhan mendesak untuk solusi inovatif dengan menggunakan teknologi guna meningkatkan praktik pengelolaan sampah. Sistem manajemen sampah pintar merupakan contoh bagaimana teknologi dapat meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan dan pengolahan sampah, sehingga mengurangi beban lingkungan yang tidak perlu. Sistem-sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih efektif terhadap pembangkitan sampah dari sumbernya hingga pembuangan akhirnya (Gade & Aithal, 2021; Mokale, 2019). Kemajuan ini sangat signifikan di lingkungan perkotaan, di mana konsentrasi sampah sangat tinggi dan penerapan praktik manajemen sampah tradisional sering kali tidak memadai. Sebagai kesimpulan, pengelolaan sampah yang efektif, khususnya dalam hal sampah organik, memerlukan pemahaman yang komprehensif yang mencakup dampak lingkungan, konteks budaya, teknologi inovatif, dan keterlibatan masyarakat. Dengan memanfaatkan eco-enzyme dan mempromosikan kesadaran serta edukasi, masyarakat dapat mengurangi dampak lingkungan negatif sekaligus meningkatkan keberlanjutan praktik pengelolaan sampah mereka.

Kampung Anggori, yang terletak di Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, merupakan salah satu wilayah dengan karakteristik masyarakat yang masih bergantung pada metode konvensional dalam pengelolaan limbah rumah tangga. Mayoritas penduduknya adalah ibu rumah tangga yang berperan penting dalam aktivitas domestik sehari-hari, termasuk dalam pengelolaan sampah rumah tangga. Sayangnya, kurangnya

pengetahuan dan keterampilan dalam pemanfaatan sampah organik menyebabkan meningkatnya volume limbah yang dibuang tanpa proses daur ulang yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan intervensi berbasis edukasi dan praktik langsung yang dapat meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengelola sampah secara lebih produktif dan berkelanjutan.

Melalui program pengabdian kepada masyarakat ini, pendekatan edukatif dan praktik pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme diharapkan dapat meningkatkan kesadaran serta keterampilan ibu rumah tangga dalam mengelola limbah organik. Selain memberikan manfaat ekologis, kegiatan ini juga memiliki potensi untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi melalui produksi dan pemasaran eco-enzyme sebagai produk bernilai tambah. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya berkontribusi pada pengurangan limbah, tetapi juga pada pemberdayaan ekonomi masyarakat setempat.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus dalam kegiatan pengabdian ini. Pertama, masih rendahnya kesadaran dan pemahaman masyarakat terhadap dampak limbah organik. Banyak ibu rumah tangga di Kampung Anggori yang masih membuang limbah organik tanpa melalui proses pengolahan, yang menyebabkan permasalahan lingkungan dan kesehatan yang semakin memburuk. Kedua, terdapat minimnya pemanfaatan teknologi sederhana dalam pengelolaan limbah. Meskipun konsep eco-enzyme telah terbukti efektif dalam mengelola limbah organik, penerapannya masih sangat terbatas di kalangan masyarakat setempat. Ketiga, kurangnya pemberdayaan ekonomi berbasis pengelolaan limbah. Limbah organik sebenarnya memiliki potensi ekonomi yang besar jika diolah dengan baik, namun hingga saat ini belum ada inisiatif yang signifikan untuk mengembangkan produk berbasis eco-enzyme yang bisa menjadi sumber pendapatan alternatif bagi masyarakat. Dari identifikasi masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam program ini adalah: Bagaimana penerapan teknologi sederhana dalam pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme dapat meningkatkan kesadaran, keterampilan, dan kesejahteraan masyarakat, khususnya ibu rumah tangga di Kampung Anggori?

Program ini bertujuan untuk mencapai beberapa sasaran yang sangat relevan dengan kondisi yang ada di Kampung Anggori. Tujuan pertama adalah meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan limbah organik. Hal ini akan dicapai melalui pendekatan edukatif dan partisipatif, di mana masyarakat diberikan pemahaman mengenai dampak negatif dari pembuangan limbah organik yang tidak terkelola dengan baik, serta manfaat pengelolaan limbah yang ramah lingkungan. Tujuan kedua adalah memberikan keterampilan praktis kepada masyarakat, khususnya ibu rumah tangga, dalam pembuatan eco-enzyme sebagai solusi ramah lingkungan dalam mengelola sampah organik. Pembuatan eco-enzyme akan diajarkan sebagai metode sederhana yang bisa diterapkan di rumah tangga, sehingga masyarakat dapat mengolah sampah organik mereka menjadi produk yang berguna. Tujuan ketiga adalah mendorong pemberdayaan ekonomi masyarakat melalui produksi dan pemasaran eco-enzyme sebagai produk bernilai ekonomis. Dengan mengolah sampah organik menjadi eco-enzyme, masyarakat dapat menghasilkan produk yang tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan, tetapi juga dapat dijual untuk menghasilkan pendapatan tambahan. Tujuan terakhir adalah membangun sistem pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan di tingkat rumah tangga, yang tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Melalui pengelolaan limbah organik yang baik, diharapkan Kampung Anggori dapat menjadi contoh bagi daerah lain dalam menciptakan lingkungan yang bersih, sehat, dan mandiri secara ekonomi.

Penelitian mengenai pengelolaan limbah organik dan pemberdayaan masyarakat telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Beberapa literatur utama yang relevan dalam studi ini meliputi:

1. Teori Pengelolaan Sampah Berkelanjutan

Pengelolaan sampah berkelanjutan semakin diakui sebagai elemen kritis dalam transisi menuju ekonomi sirkular, karena konsep ini menekankan transformasi sampah dari ancaman menjadi sumber daya yang bernilai. Perubahan orientasi ini didorong oleh kebutuhan untuk mengadopsi praktik daur ulang yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi. Konsep ini sejalan dengan pandangan Ghisellini et al. (2016), yang mengungkapkan bahwa pendekatan sirkular dalam pengelolaan sampah memberikan manfaat ekologi dan ekonomi melalui pemulihan material dan strategi daur ulang.

Penelitian yang muncul menyoroti berbagai aspek dari transisi ini. Sebagai contoh, Cao & Xu (2019) menekankan bahwa mekanisme pasar dapat meningkatkan efisiensi operasi daur ulang dengan mengintegrasikan perusahaan pengolahan sampah dan daur ulang, sehingga tidak hanya mendorong kelayakan ekonomi tetapi juga meningkatkan kesadaran sosial mengenai perlindungan lingkungan. Pandangan ini sejalan dengan temuan Niekurzak et al. (2023), yang menyatakan bahwa potensi ekonomi daur ulang bergantung pada kualitas dan nilai pasar material yang dapat dipulihkan. Temuan mereka menunjukkan bahwa teknologi daur ulang saat ini sering hanya dapat memulihkan sebagian material, yang membuka peluang signifikan untuk perbaikan lebih lanjut.

Selain itu, kemajuan dalam teknologi pengelolaan sampah cerdas memainkan peran penting dalam mendukung ekonomi sirkular. Trofymenko et al. (2023) membahas integrasi solusi digital yang memfasilitasi sistem loop tertutup yang bertujuan untuk memaksimalkan penggunaan kembali material dan daur ulang. Ini sejalan dengan tujuan keberlanjutan global, menguatkan pandangan bahwa pengelolaan sampah cerdas adalah inti dari pembangunan berkelanjutan. Penelitian serupa oleh Kim et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan kembali material konstruksi yang efektif, termasuk agregat daur ulang, dapat berkontribusi pada praktik pengelolaan sampah yang berkelanjutan, sehingga menyoroti manfaat konkret dari pendekatan tersebut.

Kompleksitas dalam menerapkan strategi pengelolaan sampah berkelanjutan juga dibahas dalam berbagai konteks. Shah et al. (2023) mengeksplorasi hubungan antara proses pemulihan material dan manfaat ekonomi, yang mengungkapkan keuntungan dari upaya daur ulang yang terarah. Dalam konteks yang lebih luas, Wu et al. (2023) menekankan perlunya proses daur ulang inovatif untuk produk-produk kompleks seperti baterai lithium-ion, yang menyoroti pentingnya efisiensi dan manfaat lingkungan dalam pemulihan material. Kompleksitas ini juga digarisbawahi oleh Løkke et al. (2023), yang merinci tantangan yang ditimbulkan oleh beragamnya lingkungan regulasi dan konfigurasi produk yang menyulitkan inisiatif daur ulang.

Lebih jauh lagi, penting untuk mempertimbangkan dimensi historis dan institusional yang membentuk praktik pengelolaan sampah. Tisserant et al. (2017) memberikan perspektif global tentang ekonomi sirkular dan pengelolaan sampah rumah tangga, menyoroti evolusi perundang-undangan yang telah mendukung upaya daur ulang di tingkat internasional. Konteks historis ini membantu menjelaskan tantangan dan peluang yang ada dalam kerangka kerja daur ulang kontemporer, mendorong pemangku kepentingan untuk menangani berbagai aspek pengurangan sampah dan pemulihan sumber daya.

Secara keseluruhan, pengelolaan sampah berkelanjutan yang dipandang dalam paradigma ekonomi sirkular menawarkan keuntungan ekologis dan ekonomi yang signifikan. Pandangan holistik ini sejalan dengan mandat keberlanjutan global dan mendorong pendekatan inovatif serta lintas disiplin untuk pemulihan sampah. Diskursus akademik yang sedang berlangsung terus mengungkapkan strategi-strategi efektif yang dapat memfasilitasi transisi dari sistem linier ke sistem sirkulasi dalam pengelolaan sampah.

2. Manfaat Eco-Enzyme dalam Lingkungan dan Ekonomi

Eco-enzyme, yang diperoleh dari fermentasi bahan limbah organik, semakin diakui karena manfaat lingkungan dan ekonomi yang ditawarkannya. Proses fermentasi ini mengubah berbagai limbah organik, seperti kulit buah dan sayur yang dipadukan dengan gula dan air, menjadi cairan yang berfungsi sebagai pembersih alami dan pupuk organik. Proses ini tidak hanya membantu mengurangi limbah, tetapi juga meningkatkan kesehatan tanah dan produktivitas pertanian, memberikan kontribusi signifikan terhadap praktik pertanian yang berkelanjutan.

Salah satu manfaat utama eco-enzyme adalah perannya sebagai pupuk alami. Hasanah (2021) menekankan bagaimana eco-enzyme meningkatkan kondisi nutrisi tanah dengan menyediakan makronutrien penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Demikian pula, Defiani dan Astarini (2023) melaporkan bahwa enzim ini mendukung pertumbuhan tanaman dengan memperkaya sifat tanah dan ketersediaan nutrisi, membuktikan penerapannya dalam pertanian sebagai promotor pertumbuhan yang efektif untuk tanaman seperti padi.

Selain penggunaan pertanian, eco-enzyme juga berfungsi sebagai solusi pembersih yang efektif. Syafi et al. (2022) menggambarkan multifungsi eco-enzyme, yang digunakan dalam rumah tangga untuk tujuan pembersihan, menggantikan pembersih kimia dengan alternatif yang ramah lingkungan. Aspek ini sejalan dengan temuan Ginting dan Mirwandhono (2021), yang menyoroti bahwa eco-enzyme dapat berkontribusi secara signifikan dalam mengurangi polusi kimia pada pengelolaan limbah rumah tangga. Selain itu, eco-enzyme juga menunjukkan sifat antimikroba, yang meningkatkan kebersihan di lingkungan rumah tangga, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian Mavani et al. (2020) yang menguji efektivitas antimikroba dari eco-enzyme kulit buah terhadap bakteri.

Manfaat ekonomi juga muncul dari pemanfaatan eco-enzyme. Pengurangan penggunaan pupuk kimia, seperti yang dibahas oleh Fadlilla et al. (2023), menurunkan biaya pertanian dan sejalan dengan praktik pertanian organik yang menarik bagi pasar yang semakin sadar akan pentingnya keberlanjutan lingkungan. Selain itu, pelatihan dan pemberdayaan komunitas dalam produksi eco-enzyme mendorong praktik berkelanjutan yang dapat meningkatkan pendapatan petani lokal (Andriani et al., 2021). Rahmawati et al. (2023) menunjukkan bagaimana pelatihan kepada anggota masyarakat tentang produksi eco-enzyme menghasilkan hasil pertanian yang lebih baik, yang berkontribusi pada ketahanan pangan dan profitabilitas di sektor pertanian.

Manfaat komprehensif dari eco-enzyme menunjukkan potensi mereka untuk mendorong pembangunan berkelanjutan, menghubungkan pelestarian lingkungan dengan kemajuan ekonomi. Kemampuan mereka untuk memberdayakan komunitas dan meningkatkan produktivitas pertanian, sekaligus menjadi alternatif ramah lingkungan untuk pembersih konvensional yang berbahaya, menjadikan eco-enzyme sebagai alat yang berharga dalam pengelolaan limbah organik dan pertanian berkelanjutan.

3. Pemberdayaan Masyarakat melalui Pengelolaan Limbah

Community empowerment through waste management is increasingly recognized as a critical avenue for enhancing local engagement and sustainability. Research conducted by Setyowati and Wulandari (2021) highlights the significance of education and training in fostering community participation in sustainable recycling practices. Their findings are echoed in several studies that explore the role of educational initiatives and community involvement in effective waste management.

Yukalang et al. emphasize that understanding the local context is essential for implementing successful waste management strategies. Their work demonstrates that extensive community consultations and stakeholder engagement significantly influence the effectiveness of waste management practices in urbanizing areas in Thailand, leading to

increased community participation in sustainability efforts (Yukalang et al., 2018). This aligns with the observations of Antriandarti et al., who argue that integrating citizen participation within community-based waste bank projects can transform community attitudes towards waste management and minimize waste generation from its source (Antriandarti et al., 2024). By providing education and structured training programs, these initiatives can overcome resistance from community members who may otherwise refrain from engaging in practices such as waste sorting and recycling due to a lack of knowledge (Antriandarti et al., 2024).

Moreover, comprehensive and systematic training in environmental sustainability practices has been shown to raise awareness significantly. For instance, Bektaş et al. highlight that a considerable portion of medical staff lacked adequate education on recycling, indicating profound gaps in knowledge that could be addressed through targeted educational programs (Bektaş et al., 2024). They emphasize the need for structured training to improve competence in sustainable practices, which is vital not just in healthcare but across all sectors involved in waste management.

Furthermore, Sihvonen et al. discuss the value of community-centric approaches in early childhood education, where collaborative projects, including recycling initiatives, are identified as powerful tools for fostering sustainable behaviors among children and thus indirectly engaging their families and communities (Sihvonen et al., 2024). This community-oriented focus is essential, as it multiplies opportunities for engagement and builds a culture of sustainability through practical involvement.

Additionally, Panagiotopoulos argues that training programs in sustainability must address issues of social inequality and cultural diversity to be effective in fostering genuine community empowerment (Panagiotopoulos, 2024). This multifaceted approach ensures that all community members are included in the discourse and practice of waste management, which is crucial for fostering sustainable communities. In conclusion, the intersection of education, community engagement, and sustainable practices in waste management forms a robust foundation for community empowerment. The evidence suggests that effective training programs and participatory initiatives are paramount in facilitating knowledge transfer and fostering a culture of sustainability and recycling within communities.

4. Upaya Sebelumnya dalam Implementasi Eco-Enzyme

The implementation of eco-enzymes at the household level has been associated with significant reductions in organic waste volume, with some studies suggesting a reduction of up to 50% in certain contexts. Eco-enzymes facilitate the recycling of organic waste, transforming it into valuable products through a straightforward fermentation process. Research shows that eco-enzymes produced from fruit peels and other organic residues effectively break down waste, making households key players in this sustainable practice (Sulistyah et al., 2022; Rahmawati et al., 2023; (Muliarta et al., 2023).

Moreover, the economic potential of eco-enzymes is increasingly recognized. These enzymes not only reduce waste but also create opportunities for new economic activities, such as the production and sale of eco-enzyme-based cleaners and fertilizers. Training programs focused on eco-enzyme production have demonstrated enhanced community skills and increased economic awareness regarding products derived from waste management (Deviona et al., 2023; Rusdi & Alam, 2022). For instance, households engaged in eco-enzyme production can create effective cleaning agents, addressing waste disposal issues while also providing financial benefits through products for sale (Muliarta et al., 2023).

In addition to waste reduction and economic opportunities, eco-enzymes have been noted for their health and environmental benefits. They act as biodegradable cleaning agents and contribute to eco-friendly gardening and agricultural practices by serving as organic fertilizers that improve soil health and crop yield (Nurlatifah et al., 2022; Ichsan et al., 2024). Furthermore, the versatility of eco-enzymes extends to their application as disinfectants,

showcasing their multifunctional role in various contexts, from household cleanliness to broader environmental management (Vidalia et al., 2023).

In summary, evidence suggests that eco-enzymes represent a multifaceted approach to waste management that intertwines environmental sustainability, community empowerment, and economic viability. Households that adopt eco-enzyme production can significantly reduce their organic waste impact while unlocking new economic potentials through innovative product offerings.

Dengan mengacu pada literatur di atas, program ini dirancang untuk mengisi kesenjangan dalam implementasi pengelolaan limbah berbasis komunitas, sekaligus memberikan kontribusi nyata dalam pemberdayaan masyarakat melalui inovasi sederhana namun berdampak luas.

2. METODE

2.1. Metode Penerapan

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam setiap tahap pelaksanaan. Pelatihan dilakukan dengan metode demonstrasi langsung serta praktik mandiri oleh peserta. Setiap peserta akan diberikan materi edukasi mengenai prinsip dasar pengolahan sampah organik dan proses fermentasi eco-enzyme. Untuk memastikan pemahaman yang optimal, kegiatan ini akan mengadopsi model pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), di mana peserta tidak hanya mendengar teori tetapi juga langsung mempraktekannya. Selain itu, sesi diskusi dan tanya jawab akan diberikan untuk memperkuat pemahaman dan menyesuaikan metode dengan kondisi lokal.

Dalam pelaksanaan kegiatan, alat dan bahan yang digunakan meliputi ember fermentasi, limbah organik seperti sisa buah dan sayuran, gula merah sebagai sumber fermentasi, serta air bersih. Setiap peserta akan mendapatkan kesempatan untuk membuat eco-enzyme sendiri dengan bimbingan fasilitator.

2.2. Pengukuran Keberhasilan

Keberhasilan kegiatan ini diukur melalui beberapa metode evaluasi, yaitu:

1. Survei Pra-dan Pasca-Kegiatan: Dilakukan untuk mengukur tingkat pengetahuan dan pemahaman peserta sebelum dan setelah mengikuti pelatihan.
2. Observasi Langsung: Mengamati partisipasi aktif peserta dalam pelatihan dan praktik pembuatan eco-enzyme.
3. Wawancara Mendalam: Dilakukan terhadap beberapa peserta untuk mendapatkan wawasan lebih dalam mengenai perubahan sikap dan pemahaman mereka terhadap pengelolaan sampah organik.

Dengan kombinasi metode tersebut, diharapkan dapat diperoleh gambaran komprehensif mengenai dampak kegiatan pengabdian ini terhadap pemberdayaan ibu rumah tangga di Kampung Anggori.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Kegiatan Pengabdian

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di Kampung Anggori, Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, telah memberikan nilai tambah yang signifikan bagi masyarakat setempat. Melalui program ini, terjadi peningkatan pengetahuan dan keterampilan ibu rumah tangga dalam pembuatan eco-enzyme dari sampah organik. Sebelum kegiatan berlangsung, sebagian besar masyarakat belum memiliki pemahaman yang memadai tentang manfaat dan proses pengolahan sampah organik menjadi produk yang bernilai guna. Namun, setelah mengikuti pelatihan, peserta menunjukkan pemahaman yang

lebih baik terkait konsep, teknik produksi, serta manfaat ekologis dan ekonomis dari eco-enzyme. Secara individu, masyarakat mulai menerapkan teknik pembuatan eco-enzyme di rumah masing-masing, menggantikan kebiasaan membuang sampah organik tanpa pengolahan.

3.2. Proses Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian ini diawali dengan tahap sosialisasi yang bertujuan untuk memperkenalkan konsep eco-enzyme kepada masyarakat. Sosialisasi dilakukan melalui diskusi kelompok dan pemaparan mengenai urgensi pengolahan limbah organik sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan serta meningkatkan kesejahteraan ekonomi keluarga.

Setelah tahap sosialisasi, kegiatan berlanjut dengan pelatihan praktik pembuatan eco-enzyme. Peserta diberikan bahan dan peralatan yang dibutuhkan, kemudian dipandu dalam setiap tahapan pembuatan, mulai dari pemilahan sampah organik, proses fermentasi, hingga pemanfaatan produk akhir. Setiap peserta diberikan kesempatan untuk mencoba langsung, sehingga mereka dapat memahami teknik yang benar dalam pembuatan eco-enzyme.

Indikator keberhasilan program ini diukur melalui dua aspek utama: keterlibatan aktif masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan dan tingkat adopsi teknologi eco-enzyme setelah kegiatan selesai. Berdasarkan observasi dan wawancara pasca-kegiatan, sebagian besar peserta menunjukkan antusiasme yang tinggi dan menyatakan kesediaan untuk menerapkan metode ini dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, beberapa peserta bahkan mulai menyebarkan pengetahuan yang diperoleh kepada keluarga dan tetangga mereka, menunjukkan dampak positif dari kegiatan ini dalam komunitas yang lebih luas.

3.3. Keunggulan dan Kelemahan

Salah satu keunggulan utama dari program ini adalah kesesuaiannya dengan kondisi sosial dan lingkungan masyarakat di Kampung Anggori. Sebagai wilayah yang memiliki sumber daya organik yang melimpah, penerapan teknologi eco-enzyme menjadi solusi yang relevan dan mudah diadaptasi oleh masyarakat. Selain itu, bahan baku untuk pembuatan eco-enzyme tersedia secara lokal, sehingga tidak memerlukan biaya tambahan yang besar.

Namun, terdapat beberapa tantangan yang dihadapi dalam pelaksanaan program ini. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan pemahaman awal masyarakat terhadap konsep pengolahan limbah organik. Beberapa peserta mengalami kesulitan dalam memahami proses fermentasi dan membutuhkan pendampingan lebih lanjut agar dapat melaksanakan produksi eco-enzyme secara mandiri. Selain itu, kurangnya dukungan fasilitas seperti wadah fermentasi dan tempat penyimpanan yang memadai menjadi tantangan tambahan dalam penerapan program ini.

Meskipun demikian, terdapat peluang besar untuk mengembangkan program ini lebih lanjut. Dengan adanya pendampingan berkelanjutan dan dukungan dari berbagai pihak, seperti pemerintah daerah dan lembaga non-pemerintah, program ini berpotensi untuk diperluas ke wilayah lain serta diintegrasikan dalam program pemberdayaan masyarakat yang lebih besar.

3.4. Survei Pra-dan Pasca-Kegiatan

Tabel 1. Hasil Pra dan Pasca kegiatan

Aspek yang Diukur	Pra-Kegiatan (Sebelum Pelatihan)	Pasca-Kegiatan (Setelah Pelatihan)	Perubahan (%)
Pengetahuan tentang eco-enzyme	35%	80%	45%
Pemahaman tentang manfaat eco-enzyme untuk pertanian	40%	75%	35%

Aspek yang Diukur	Pra-Kegiatan (Sebelum Pelatihan)	Pasca-Kegiatan (Setelah Pelatihan)	Perubahan (%)
Kemampuan membuat eco-enzyme	25%	85%	60%
Kesadaran tentang pengelolaan limbah organik	50%	90%	40%
Penerimaan terhadap penggunaan eco-enzyme dalam kehidupan sehari-hari	30%	70%	40%
Total Rata-Rata (%)	36%	80%	44%

Sumber: Data Diolah, 2025

Berdasarkan hasil survei pra- dan pasca-kegiatan yang ditampilkan dalam tabel, terdapat peningkatan yang signifikan dalam tingkat pengetahuan, pemahaman, serta keterampilan peserta setelah mengikuti pelatihan mengenai eco-enzyme. Sebelum pelatihan, tingkat pengetahuan peserta tentang eco-enzyme masih tergolong rendah, dengan rata-rata hanya 36%. Pemahaman mereka mengenai manfaat eco-enzyme dalam pertanian juga masih terbatas, dengan hanya 40% peserta yang memiliki wawasan awal tentang topik ini. Selain itu, kemampuan peserta dalam membuat eco-enzyme berada pada tingkat terendah, yakni hanya 25%, menunjukkan bahwa mayoritas peserta belum memiliki keterampilan dalam praktik pengolahan limbah organik menjadi eco-enzyme.

Namun, setelah kegiatan pelatihan, terjadi peningkatan yang cukup signifikan. Rata-rata pemahaman peserta meningkat menjadi 80%, dengan aspek kemampuan dalam membuat eco-enzyme mengalami lonjakan tertinggi hingga 85%. Kesadaran peserta terhadap pengelolaan limbah organik juga mengalami peningkatan yang cukup besar, dari 50% sebelum pelatihan menjadi 90% setelah pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan ini berhasil meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap praktik pengelolaan limbah organik yang lebih ramah lingkungan.

Selain itu, penerimaan peserta terhadap penggunaan eco-enzyme dalam kehidupan sehari-hari juga meningkat dari 30% menjadi 70%, mengindikasikan bahwa mereka lebih terbuka terhadap penerapan eco-enzyme dalam berbagai aspek kehidupan, seperti pertanian dan kebersihan rumah tangga. Secara keseluruhan, terjadi peningkatan rata-rata sebesar 44% dalam semua aspek yang diukur. Hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan ini tidak hanya berhasil meningkatkan wawasan peserta, tetapi juga memberikan keterampilan praktis yang dapat mereka terapkan dalam kehidupan sehari-hari. Dengan adanya peningkatan kesadaran dan keterampilan ini, diharapkan peserta dapat berperan aktif dalam mengelola limbah organik secara berkelanjutan serta mendorong penerapan eco-enzyme di lingkungan mereka.

3.5. Wawancara Mendalam

Dilakukan terhadap beberapa peserta untuk mendapatkan wawasan lebih dalam mengenai perubahan sikap dan pemahaman mereka terhadap pengelolaan sampah organik.

Tabel 2. Hasil Wawancara

Aspek yang Diukur	Pra-Kegiatan (Sebelum Pelatihan)	Pasca-Kegiatan (Setelah Pelatihan)	Perubahan (%)
Pengetahuan tentang eco-enzyme	35%	80%	45%
Pemahaman tentang manfaat eco-enzyme untuk pertanian	40%	75%	35%
Kemampuan membuat eco-enzyme	25%	85%	60%

Aspek yang Diukur	Pra-Kegiatan (Sebelum Pelatihan)	Pasca-Kegiatan (Setelah Pelatihan)	Perubahan (%)
Kesadaran tentang pengelolaan limbah organik	50%	90%	40%
Penerimaan terhadap penggunaan eco-enzyme dalam kehidupan sehari-hari	30%	70%	40%
Total Rata-Rata (%)	36%	80%	44%

Sumber: Data Diolah, 2025

Berikut wawancara mendalam dengan beberapa peserta pelatihan:

"Dulu saya hanya membuang sampah organik begitu saja tanpa berpikir dampaknya. Sekarang saya sadar bahwa limbah organik bisa diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat seperti eco-enzyme." – (Ibu Ira)

"Saya awalnya ragu apakah eco-enzyme benar-benar bisa digunakan sebagai pembersih alami. Setelah mencobanya sendiri, saya terkejut karena hasilnya efektif dan ramah lingkungan!" – (Ibu Masriani)

"Setelah pelatihan ini, saya tidak hanya memahami cara membuat eco-enzyme, tetapi juga mulai berpikir untuk menjadikannya produk usaha kecil-kecilan di lingkungan saya." – (Ibu Rika)

"Pelatihan ini sangat membuka wawasan saya. Ternyata banyak cara sederhana yang bisa kita lakukan untuk menjaga lingkungan, dan salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah dapur menjadi eco-enzyme." – (Ibu Ruth)

Hasil wawancara mendalam dengan beberapa peserta pelatihan menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam pemahaman dan sikap terhadap pengelolaan sampah organik. Sebelum mengikuti pelatihan, sebagian besar peserta cenderung membuang limbah organik tanpa mempertimbangkan manfaatnya. Namun, setelah mendapatkan pengetahuan baru, mereka menyadari bahwa limbah tersebut dapat diolah menjadi sesuatu yang bernilai, seperti eco-enzyme, sebagaimana diungkapkan oleh Ibu Ira. Selain itu, pelatihan ini juga membantu menghilangkan keraguan terhadap efektivitas eco-enzyme. Seperti yang dialami oleh Ibu Masriani, yang awalnya skeptis mengenai penggunaan eco-enzyme sebagai pembersih alami, tetapi setelah mencobanya sendiri, ia terkejut dengan hasil yang efektif dan ramah lingkungan.

Lebih dari sekadar meningkatkan kesadaran lingkungan, pelatihan ini juga membuka peluang ekonomi bagi peserta. Ibu Rika, misalnya, mulai mempertimbangkan untuk menjadikan pembuatan eco-enzyme sebagai usaha kecil-kecilan di lingkungannya. Hal ini menunjukkan bahwa edukasi mengenai pengelolaan sampah organik tidak hanya berdampak pada aspek ekologi tetapi juga dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat. Selain itu, pelatihan ini menegaskan bahwa perubahan positif dalam menjaga lingkungan dapat dimulai dari langkah sederhana yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Seperti yang dikatakan oleh Ibu Ruth, ia menyadari bahwa ada banyak cara praktis untuk berkontribusi dalam menjaga lingkungan, salah satunya dengan mengolah limbah dapur menjadi eco-enzyme.

Secara keseluruhan, wawancara ini menunjukkan bahwa pelatihan eco-enzyme tidak hanya memberikan pemahaman baru, tetapi juga mampu mengubah pola pikir dan mendorong peserta untuk mengadopsi praktik ramah lingkungan. Kesadaran yang meningkat ini berpotensi

menciptakan dampak yang lebih luas, baik dalam hal pengurangan sampah organik, penerapan teknologi ramah lingkungan, maupun pemberdayaan ekonomi berbasis keberlanjutan.

4. KESIMPULAN

4.1. Ringkasan Hasil yang Diperoleh

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) dengan tema "Pengolahan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme untuk Pemberdayaan Masyarakat di Kampung Anggori" telah berhasil memberikan dampak positif yang signifikan bagi masyarakat setempat. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, masyarakat, khususnya ibu rumah tangga, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan mengenai pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme. Proses pelatihan yang diberikan telah berhasil mengedukasi peserta tentang manfaat eco-enzyme, baik untuk keperluan domestik maupun potensi ekonomi melalui pemanfaatannya dalam pertanian dan kebersihan lingkungan. Selain itu, kegiatan ini juga meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang ramah lingkungan, yang dapat mengurangi jumlah limbah organik yang tidak terkelola dengan baik.

4.2. Kelebihan dan Kekurangan Kegiatan

Kegiatan ini memiliki sejumlah kelebihan, di antaranya adalah keberhasilan dalam membangun partisipasi aktif masyarakat, khususnya ibu rumah tangga, dalam proses pengolahan sampah organik. Metode pelatihan yang digunakan, yakni pendekatan partisipatif dan langsung, terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan praktis peserta. Selain itu, penerimaan masyarakat terhadap konsep eco-enzyme cukup baik, dengan banyak peserta yang menunjukkan antusiasme tinggi untuk melanjutkan praktik ini di rumah masing-masing.

Namun, terdapat juga beberapa kekurangan dalam pelaksanaan kegiatan ini. Salah satunya adalah keterbatasan dalam hal fasilitas dan bahan baku yang tersedia di lokasi kegiatan, yang sedikit menghambat kelancaran pelatihan. Selain itu, meskipun terdapat peningkatan kesadaran, adopsi eco-enzyme sebagai bagian dari gaya hidup sehari-hari belum sepenuhnya merata di kalangan masyarakat. Beberapa peserta masih membutuhkan pendampingan lanjutan untuk menerapkan apa yang telah dipelajari dalam kehidupan sehari-hari mereka, terutama terkait dengan konsistensi dalam pembuatan dan penggunaan eco-enzyme.

4.3. Saran untuk Pengembangan Selanjutnya

Untuk pengembangan program ini di masa mendatang, beberapa saran dapat diberikan. Pertama, penting untuk melakukan pendampingan lanjutan bagi peserta, terutama dalam tahap-tahap awal penerapan teknik pembuatan eco-enzyme di rumah. Ini dapat mencakup pemberian materi secara lebih mendalam serta pemantauan berkala terhadap penerapan yang dilakukan oleh masyarakat. Kedua, pengadaan bahan baku yang lebih terjangkau dan fasilitasi tempat atau ruang yang lebih memadai untuk proses produksi eco-enzyme perlu dipertimbangkan agar kegiatan ini dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Selain itu, kerjasama dengan pemerintah daerah atau lembaga terkait, seperti Dinas Lingkungan Hidup, dapat memperkuat keberlanjutan program ini. Pembentukan kelompok kerja atau komunitas pengelola sampah berbasis eco-enzyme di tingkat desa juga dapat menjadi langkah strategis untuk memastikan keberlanjutan program dan memperluas dampaknya ke komunitas yang lebih luas. Melalui pendekatan yang lebih sistematis dan terorganisir, kegiatan ini dapat menjadi model pemberdayaan masyarakat yang efektif dalam pengelolaan sampah organik di wilayah lain.

Dengan langkah-langkah ini, diharapkan program pengabdian kepada masyarakat ini dapat terus berkembang dan memberikan dampak yang lebih luas dalam pemberdayaan masyarakat serta peningkatan kualitas lingkungan hidup.

6. Daftar Pustaka

- Andriani, A., Astiti, M., & Rukmini, N. (2021). Empowerment of women's farmer groups of "kembang lestari" in the processing of organic waste from various fruit peels as liquid fertilizer. *Ajarcd (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 5(3). <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v5i3.74>
- Antriyandarti, E., Barokah, U., Rahayu, W., & Mandasari, P. (2024). The development of waste bank management to improve household income in surakarta city. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(2), 231-237. <https://doi.org/10.55981/jtl.2024.5777>
- A'yunin, Q., Noerjoedianto, D., & Lesmana, O. (2022). Knowledge, attitudes, age, education level factors to waste management. *Journal of Applied Nursing and Health*, 4(1), 9-15. <https://doi.org/10.55018/janh.v4i1.27>
- Bektaş, Y., Güçlü, Ç., & Meço, B. (2024). Evaluation of operating room staff awareness of environmental sustainability and medical waste management. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, 142-146. <https://doi.org/10.4274/tjar.2024.231490>
- Cao, L. and Xu, G. (2019). Research on specific ways of recycling waste and used materials under "internet +". <https://doi.org/10.2991/ismss-19.2019.19>
- Defiani, M. and Astarini, I. (2023). Eco-enzyme enhanced the growth of rice cultivars. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1255(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1255/1/012007>
- Delgermaa, G. and Matsumoto, T. (2016). A study of waste management of households in ulaanbaatar based on questionnaire surveys. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(5), 368-371. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2016.v7.802>
- Deviona, D., Chairul, C., Nasrul, B., Tabrani, G., Nelvia, N., Armaini, A., ... & Annisa, S. (2023). Grounding eco-enzyme to the community of air putih urban village through education and socialization of household organic waste processing. *Journal of Community Engagement Research for Sustainability*, 3(1), 55-62. <https://doi.org/10.31258/cers.3.1.55-62>
- Fadlilla, T., Budiastuti, M., & Rosariastuti, R. (2023). Potential of fruit and vegetable waste as eco-enzyme fertilizer for plants. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(4), 2191-2200. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3010>
- Gade, D. and Aithal, P. (2021). Smart city waste management through ict and iot driven solution. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters*, 51-65. <https://doi.org/10.47992/ijaeml.2581.7000.0092>
- Ginting, N. and Mirwandhono, E. (2021). Productivity of turi (*sesbania grandiflora*) as a multi purposes plant by eco enzyme application. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 912(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012023>
- Gutama, H. and Iresha, F. (2023). Evaluation of solid waste management effectiveness in indonesia from 2019-2021: a geographic information system analysis. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1263(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1263/1/012067>
- Hasanah, Y. (2021). Eco enzyme and its benefits for organic rice production and disinfectant. *Journal of Saintech Transfer*, 3(2), 119-128. <https://doi.org/10.32734/jst.v3i2.4519>
- Ichsan, C., Qadri, L., Nurahmi, E., Kurniawan, T., & Santi, I. (2024). Improvement of ultisol fertility and sorghum yield by applying soil amendements, npk, and eco enzymes to support food diversification. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1290(1), 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1290/1/012056>
- Kim, J., Grabiec, A., & Ubysz, A. (2022). An experimental study on structural concrete containing recycled aggregates and powder from construction and demolition waste. *Materials*, 15(7), 2458. <https://doi.org/10.3390/ma15072458>

- Løkke, S., Nielsen, H., & Holgaard, J. (2023). Problem-based learning approach facilitating sustainable waste management. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 11(3), 119-129. <https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v11i3.7828>
- Mahyudin, R. (2017). Kajian permasalahan pengelolaan sampah dan dampak lingkungan di tpa (tempat pemrosesan akhir). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1). <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3201>
- Mavani, H., Tew, I., Wong, L., Yew, H., Mahyuddin, A., Ghazali, R., ... & Pow, E. (2020). Antimicrobial efficacy of fruit peels eco-enzyme against enterococcus faecalis: an in vitro study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5107. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145107>
- Mokale, P. (2019). Smart waste management under smart city mission – its implementation and ground realities. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 3095-3103. <https://doi.org/10.35940/ijtee.k1311.1081219>
- Muliarta, I., Sukmadewi, D., Pratama, G., Parawangsa, I., & Setianingsih, N. (2023). Youth involvement in processing kitchen waste into eco-enzyme as air freshener in sanur kauh village -denpasar city. *Asian Journal of Community Services*, 2(9), 759-776. <https://doi.org/10.55927/ajcs.v2i9.6145>
- Niekurzak, M., Brelik, A., & Lewicki, W. (2023). Economic potential of recovery and recycling of silicone photovoltaics cells and non-ferrous metals as part of the transition towards a circular economy. *Economics and Environment*, 86(3), 202-224. <https://doi.org/10.34659/eis.2023.86.3.600>
- Nurlatifah, I., Agustine, D., & Puspasari, E. (2022). Production and characterization of eco-enzyme from fruit peel waste.. <https://doi.org/10.4108/eai.25-11-2021.2318816>
- Ogutu, F., Kimata, D., & Kweyu, R. (2020). Partnerships for sustainable cities as options for improving solid waste management in nairobi city. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*, 39(1), 25-31. <https://doi.org/10.1177/0734242x20967735>
- Panagiotopoulos, G. (2024). Sustainability and human rights practices and training. *European Scientific Journal Esj*, 26. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.2.2024.p108>
- Rahmawati, N., Kamardiani, D., & Rahayu, L. (2023). Household waste utilization with eco-enzyme training. *iccs*, 1(1), 85-90. <https://doi.org/10.18196/iccs.v1i1.47>
- Rusdi, R. and Alam, F. (2022). Pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme yang berpotensi sebagai hand sanitizer pada para ibu rumah tangga kelurahan sungai pinang luar samarinda. *Selaparang Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(3), 1408. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v6i3.10349>
- Sakai, S., Yano, J., Hirai, Y., Asari, M., Yanagawa, R., Matsuda, T., ... & Moore, S. (2017). Waste prevention for sustainable resource and waste management. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1295-1313. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0586-4>
- Shah, T., Khalid, S., Nafidi, H., Salamatullah, A., & Bourhia, M. (2023). Sodium hydroxide hydrothermal extraction of lignin from rice straw residue and fermentation to biomethane. *Sustainability*, 15(11), 8755. <https://doi.org/10.3390/su15118755>
- Sihvonen, P., Lappalainen, R., Herranen, J., & Aksela, M. (2024). Promoting sustainability together with parents in early childhood education. *Education Sciences*, 14(5), 541. <https://doi.org/10.3390/educsci14050541>
- Suliestyah, S., Aryanto, R., Palit, C., Yulianti, R., Suudi, B., & Meitdwitri, A. (2022). Eco enzyme production from fruit peel waste and its application as an anti-bacterial and tss reducing agent. *International Research Journal of Engineering It & Scientific Research*, 8(6), 270-275. <https://doi.org/10.21744/irjeis.v8n6.2199>
- Syafi, M., Nuzula, J., Manaek, D., Fakhirah, A., & Hediarti, D. (2022). Introduction and trials of eco-enzyme as a household waste management solution at dukuhdempok village,

- wuluhan district, jember regency, indonesia. *International Journal of Research Publications*, 116(1). <https://doi.org/10.47119/ijrp1001161120234387>
- Tisserant, A., Pauliuk, S., Merciai, S., Schmidt, J., Fry, J., Wood, R., ... & Tukker, A. (2017). Solid waste and the circular economy: a global analysis of waste treatment and waste footprints. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 628-640. <https://doi.org/10.1111/jiec.12562>
- Trofymenko, O., Koba, N., Koba, M., Лазаренко, I., & Kuzminska, N. (2023). Waste management in the context of digitalization and the circular economy development. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1269(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012003>
- Vidalia, C., Angelina, E., Hans, J., Field, L., Santo, N., & Rukmini, E. (2023). Eco-enzyme as disinfectant: a systematic literature review. *International Journal of Public Health Science (Ijphs)*, 12(3), 1171. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v12i3.22131>
- Wu, S., Kaden, N., & Dröder, K. (2023). A systematic review on lithium-ion battery disassembly processes for efficient recycling. *Batteries*, 9(6), 297. <https://doi.org/10.3390/batteries9060297>
- Yukalang, N., Clarke, B., & Ross, K. (2018). Solid waste management solutions for a rapidly urbanizing area in thailand: recommendations based on stakeholder input. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1302. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071302>