HARMONI MASYARAKAT
e-ISSN: 3062-8334 Vol. 4, No. 1, September 2026, pp. 23-32

Efektivitas Edukasi Pengolahan Sampah Organik melalui Pelatihan *Eco Enzyme* terhadap Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Siswa SMK

Ambar Tri Ratnaningsih[1]*, Enny Insusanty[2], Azwin[3]
1,2,3 Fakultas Kehutanan dan Sains, Universitas Lancang Kuning
Email: ambar@unilak.ac.id[1], ennyinsusanty@unilak.ac.id[2], azwin@unilak.ac.id @[3]

Article History:
Received: 20 April 2026
Revised: 30 Mei 2026
Accepted: 9 Agustus 2026

Keywords: *Eco Enzyme, Edukasi Lingkungan, Sampah Organik, Fermentasi*

Abstrak: *Pengelolaan sampah organik yang belum optimal di lingkungan sekolah dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dengan mengabaikan potensi pemanfaatan limbah menjadi produk ramah lingkungan. Kegiatan ini bertujuan memberikan edukasi lingkungan kepada siswa SMK Negeri 1 Tualang, Kabupaten Siak Provinsi Riau melalui pelatihan pembuatan eco enzyme dan mengevaluasi perubahan pengetahuan, keterampilan, dan sikap siswa terhadap pengelolaan sampah organik. Kegiatan dilakukan dengan metode penyuluhan, demonstrasi membuat eco enzyme, evaluasi pengetahuan, ketrampilan dan sikap siswa setelah mengikuti kegiatan. Setelah dilakukan penyuluhan dan demonstrasi pembuatan eco enzyme, terjadi peningkatan secara signifikan terhadap pengetahuan dan ketrampilan siswa dalam mengolah sampah organik menjadi eco enzyme. Meskipun perubahan sikap belum signifikan secara statistik, tetapi terjadi perubahan sikap yang positif terhadap tumbuhnya kesadaran lingkungan. Kegiatan ini dinilai efektif dalam membangun pemahaman lingkungan tapi siswa di tingkat Sekolah Menegah Kejuruan.*

Pendahuluan

Permasalahan sampah di lingkungan sekolah masih menjadi permasalahan yang belum ditangani dengan baik. Tingkat kesadaraan siswa terhadap lingkungan terutama sampah masih rendah, dibuktikan dengan kegiatan pemilahan sampah di sekolah belum berjalan dengan baik. Kondisi ini dimungkinkan masih rendahnya pengetahuan siswa tentang sampah dan pengolahannya (Jatau 2013 dan Zhou *et al*., 2022). Memberikan pelajaran tentang sampah dan pengelolaannya di tingkat sekolah, sangatlah penting untuk menumbuhkan sikap peduli terhadap sampah. Menurut Mulyanto (2020) menyatakan bahwa lingkungan sekolah menempati urutan ketiga sebagai penghasil sampah setelah industri dan pasar. Lingkungan sekolah sebagai institusi pendidikan

seharusnya menjadi ruang yang mendukung pembentukan sikap dan perilaku peduli lingkungan sejak usia dini. Pengelolaan sampah dengan pendekatan partisipatif melalui edukasi lingkungan terbukti efektif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat dalam memilah dan mengolah sampah (Jauhariyah *et al*., 2020). Dalam memberikan edukasi tentang sampah dan pengelolaannya lebih efektif dengan mempraktekkannya langsung dengan memberikan sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan sehingga dapat menumbuhkan kesadaran dalam memilah dan mengelola sampah (Yulianto *et al*., 2025).

Sampah organik merupakan jenis sampah yang banyak dihasilkan di lingkungan sekolah yang berasal dari sisa makanan, daun kering dari halaman sekolahan dan aktivitas lainnya. Padahal, jenis sampah ini dapat dimanfaatkan kembali melalui proses sederhana yang berpotensi menghasilkan produk ramah lingkungan dan bernilai guna, salah satunya adalah *eco enzyme* (Wang *et al*., 2020). *Eco enzyme* sebagai produk hasil fermentasi limbah organik merupakan pendekatan edukatif yang aplikatif, murah, dan mudah dilakukan oleh siswa, sekaligus menjadi bagian dari penguatan kurikulum berbasis proyek (*project-based learning*) dalam sekolah ramah lingkungan (*green school*) (Widiyastuti, *et al*., 2020)

SMK Negeri 1 Tualang Kabupaten Siak Provinsi Riau, merupakan salah satu satuan pendidikan yang menghasilkan limbah organik dalam jumlah cukup besar dari aktivitas kantin dan siswa. Namun, belum terdapat sistem pemilahan maupun pengolahan sampah yang sistematis. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan pemberdayaan yang bersifat edukatif dan transformatif, melalui pelatihan langsung dan berbasis praktik. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat bertujuan memberikan edukasi lingkungan melalui pelatihan pembuatan *eco enzyme*, serta mengevaluasi perubahan pengetahuan, keterampilan, dan sikap siswa terhadap pengelolaan sampah organik.

Metode

Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan di SMK Negeri 1 Tualang, Kabupaten Siak, Provinsi Riau yang diikuti sebanyak 26 siswa yang berasal dari Program Keahlian Kehutanan, Kimia Industri, dan Kimia Analis. Kegiatan ini dimulai dengan penyuluhan yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman sekaligus membangun kesadaran siswa tentang pentingnya pengolahan limbah organik menjadi *eco enzyme*. Materi pembelajaran mencakup pengenalan jenis- sampah dan pemilahan sampah, dampak negatif limbah organik terhadap lingkungan, serta konsep dan manfaat *eco enzyme* bagi ekosistem maupun kehidupan sehari-hari. Proses penyampaian materi dilakukan secara interaktif melalui ceramah dan diskusi untuk mendorong partisipasi aktif siswa. Tahap berikutnya adalah pelatihan keterampilan melalui demonstrasi pembuatan *eco enzyme* dengan memanfaatkan gula merah, limbah organik dan air dengan perbandingan 1:3:10. Proses pembuatan *eco enzy*me diawali dengan pemotongan bahan organik menjadi ukuran kecil, kemudian dicampurkan dengan

larutan gula merah dan air, selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah tertutup rapat untuk difermentasi selama 90 hari. Pada hari ke-7 dan ke-30 dilakukan pengadukan agar proses fermentasi berjalan dengan baik dan untuk memastikan proses fermentasi berjalan dengan baik. Selama kegiatan berlangsung, tim pelaksana memberikan pendampingan agar peserta mampu mengikuti prosedur secara tepat dan dapat mengulanginya secara mandiri.

Keberhasilan kegiatan diukur melalui perbandingan hasil jawaban kuesioner sebelum dan sesudah kegiatan. Instrumen kuisoner digunakan untuk mengukur tingkat pengetahuan, keterampilan dan sikap responden terhadap kegiatan pengelolaan sampah organik dan pembuatan eco enzyme. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert dengan pilihan Sangat Setuju, Setuju, Tidak Setuju, dan Sangat Tidak Setuju. Instrumen ini bertujuan mengetahui efektivitas kegiatan dalam meningkatkan pemahaman, kemampuan praktik, serta kepedulian lingkungan peserta. Hasil olahan data kuesioner dianalisis menggunakan uji t berpasangan (*paired sample t-test*) untuk mengetahui perbedaan tingkat pengetahuan, keterampilan dan sikap responden sebelum dan sesudah pelaksanaan kegiatan.

Hasil

Kegiatan edukasi pengolahan sampah organik diawali dengan pemberian materi penyuluhan tentang konsep pengelolaan sampah organik dan pembuatan *eco enzyme*, dilanjutkan dengan demonstrasi membuat *eco enzyme* serta evaluasi hasil. Pemberian materi penyuluhan bertujuan meningkatkan pemahaman peserta mengenai pemanfaatan limbah organik rumah tangga melalui proses fermentasi. *Eco enzyme* merupakan cairan hasil fermentasi dari sampah organik berupa sayur, buah dan kulitnya yang ditambahkan dengan gula dan air. Secara fisik cairan eco enzyme berwarna coklat tua dan memiliki aroma khas yang asam manis. Selain memiliki nilai ekologis tinggi, proses fermentasi *eco enzy*me juga menghasilkan gas ozon (O_3), yang berperan dalam meningkatkan kualitas udara dan lingkungan.

Setelah dilakukan penyuluhan dilanjutkan dengan demontrasi pembuatan *eco enzyme* dimulai dengan seleksi bahan organik yang layak digunakan, yaitu sisa buah atau sayuran yang masih segar, tidak berbau busuk, tidak keras, dan tidak mengandung belatung. Bahan dengan aroma tertentu seperti kulit jeruk dapat digunakan untuk memberi karakteristik aroma pada hasil akhir. Proporsi bahan dalam pembuatan *eco enzyme* harus sesuai, yaitu gula merah: sampah organik: air dalam rasio 1: 3: 10. Dengan demikian, diperlukan sekitar 0,5 kg gula merah, 1,5 kg limbah organik, dan 5liter air untuk pembuatan *eco enzyme*.

Seluruh bahan dimasukkan ke dalam wadah berbahan plastik yang memiliki mulut lebar dan tutup yang rapat. Gula merah dilarutkan terlebih dahulu dalam air hingga homogen, kemudian bahan organik yang telah dicacah ditambahkan dan diaduk merata. Setelah proses pencampuran selesai, wadah ditutup rapat dan disimpan di tempat yang teduh serta terlindung dari sinar matahari langsung selama kurang lebih

tiga bulan. Cairan hasil fermentasi inilah yang disebut sebagai *eco enzyme* dan dapat dimanfaatkan sebagai cairan pembersih alami maupun sebagai pupuk organik.

Peserta terlibat aktif pada seluruh tahapan kegiatan mulai dari persiapan bahan, pencacahan, pencampuran larutan gula merah dengan bahan organik, hingga penyimpanan fermentasi. Suasana kegiatan pengabdian masyarakat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Suasana Kegiatan Pelatihan Pembuatan *Eco Enzyme*

Selama pelaksanaan pelatihan, terlihat bahwa peserta memiliki perhatian yang cukup tinggi. Kondisi ini dapat dilihat dari keterlibatan siswa dalam sesi diskusi serta partisipasi aktif pada kegiatan praktik pembuatan *eco enzyme*. Perhatian siswa tersebut menujukkan bahwa materi yang diberikan tidak hanya relevan, tetapi juga mampu mendorong partisipasi secara langsung. Meskipun demikian, terdapat kendala yang dihadapi oleh sebagian siswa, yaitu rasa enggan untuk melakukan proses pencacahan sampah organik. Hal ini dimungkinkan oleh keterbatasan keterampilan dalam mencacah sampah dan bau dari sampah organik. Adanya kendala tersebut dapat diatasi apabila tersedianya alat pemotong yang lebih praktis.

Pembahasan

1. Peningkatan Pengetahuan Siswa

Penilaian terhadap tingkat pemahaman siswa mengenai materi penyuluhan dilakukan dengan menggunakan kuesioner yang dibagikan sebelum dan setelah kegiatan. Perbandingan tingkat pengetahuan siswa pada kedua tahap tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Pengetahuan siswa Tentang Eco Enzyme

No	Indikator pengukuran pengetahuan	Pengetahuan sebelum kegiatan (%)	Pengetahuan sesudah kegiatan (%)	Peningkatan pengetahuan ((%)
1	Pemahaman dampak lingkungan dari sampah organik	65,38	73,08	7,70
2	Pengetahuan cara kerja dan manfaat *eco enzyme*	61,54	69,23	7,69
3	Pemahaman prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*)	38,46	61,54	23,08

Hasil penilaian menunjukkan adanya peningkatan pada seluruh indikator, termasuk pemahaman siswa mengenai pengaruh sampah organik terhadap kondisi lingkungan. Terjadi peningkatan persentase siswa terhadap dampak sampah organik bagi lingkungan, dari 65,38% sebelum kegiatan menjadi 73,08% setelah kegiatan. Siswa memahami bahwa sampah organik yang berasal dari sisa makanan dan dedaunan merupakan komponen terbesar dalam lingkungan sekolah. Namun, pengelolaan dan pemanfaatannya hingga saat ini masih belum optimal sehingga sering mengalami penumpukan dan berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Padahal, konsep pengelolaan sampah modern memandang limbah organik sebagai sumber daya yang memiliki nilai guna dan dapat diolah menjadi produk bermanfaat, seperti pupuk, pakan ternak, maupun sumber energi alternatif (Purnomo, 2023 dalam Niswah et al, 2025)

Demikian pula, pada indikator kedua, yakni pemahaman tentang cara kerja dan manfaat *eco enzyme*, persentase siswa yang sangat memahami meningkat dari 61,54% menjadi 69,23%. Eco enzyme umumnya memiliki warna cokelat tua dengan aroma khas hasil fermentasi. Dalam proses pembuatannya, eco-enzyme dikatakan mampu menghasilkan gas O_3 yang manfaatnya dianalogikan setara dengan penanaman sepuluh pohon (Kurniawan, 2020 dalam Taihuttu *et al*., 2023). Cairan ini mengandung asam asetat (CH_3COOH) yang berperan dalam menghambat serta membunuh kuman, virus, dan bakteri. Selain itu, eco-enzyme juga menghasilkan beberapa jenis enzim, seperti lipase, tripsin, dan amilase, yang berfungsi menekan pertumbuhan bakteri patogen. Proses fermentasi tersebut turut menghasilkan senyawa nitrat (NO_3) dan karbon trioksida (CO_3) yang bermanfaat sebagai unsur hara bagi tanah (Ramadani *et al*., 2022). Perubahan pemahaman siswa terhadap *eco enzyme* menunjukkan bahwa pendekatan dengan penyuluhan dan demonstrasi memiliki dampak yang efektif dalam memperjelas konsep dan fungsi *eco enzyme* sebagai teknologi sederhanan dalam pengelolaan sampah organik rumah tangga (Rahayu & Setyowati, 2022).

Sementara itu, indikator ketiga menunjukkan perubahan yang paling besar.

Pemahaman siswa mengenai prinsip 3R meningkat, dari 38,46% menjadi 61,54% setelah kegiatan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kegiatan edukatif yang dilaksanakan secara praktis dan komunikatif mampu membentuk pemahaman konseptual peserta terhadap prinsip dasar pengelolaan sampah berkelanjutan. Hasil penelitian Widiyastuti *et al*. (2020) menyatakan bahwa pendidikan lingkungan dengan melakukan praktek secara secara langsung sambil memberikan teori dan dapat meningkatkan kesadaran ekologis dan pemahaman peserta secara signifikan.

Hasil analisis statistik menggunakan uji *paired sample t-test* menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan penyuluhan ditandai dengan kenaikan rata-rata skor dari 3,46 menjadi 3,65. Dengan nilai signifikansi 0,010 (<0,05), dapat disimpulkan bahwa kegiatan penyuluhan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan pengetahuan peserta.

2. Peningkatan Ketrampilan Siswa

Kegiatan penyuluhan pengolahan sampah menjadi *eco enzyme* tidak hanya bertujuan meningkatkan pengetahuan peserta, tetapi juga untuk memberikan keterampilan praktis dalam pengolahan limbah organik rumah tangga. Tingkat ketrampilan peserta sebelum dan sesudah kegiatan penyuluhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Ketrampilan Siswa Tentang Eco Enzyme

No	Indikator pengukuran ketrampilan	Ketrampilan sebelum kegiatan (%)	Ketrampilan sesudah kegiatan (%)	Peningkatan ketrampilan (%)
1	Membuat *eco enzyme*	11,54	65,38	53,84
2	Menjelaskan proses	15,38	53,85	38,47
3	Pengapliakasian *eco enzyme*	34,61	80,77	46,16
4	Mengidentifikasi bahan organik	30,77	57,69	26,92
5	Mengetahui proporsi bahan	23,08	69,23	46,15
6	Mencampurkan bahan	19,23	57,69	38,46
7	Mengetahui waktu fermentasi	34,62	69,23	34,61

Berdasarkan Tabel 2, seluruh indikator keterampilan peserta mengalami peningkatan setelah penyuluhan, mulai dari kemampuan membuat dan menjelaskan proses *eco enzym*e, hingga pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari yang menunjukkan kesiapan implementasi secara langsung. Selain itu, kemampuan mengidentifikasi bahan sampah organik, memahami proporsi campuran, serta keterampilan menyiapkan dan mencampurkan bahan juga meningkat secara konsisten. Pemahaman terhadap waktu fermentasi turut membaik, menunjukkan bahwa peserta telah memahami proses produksi secara lebih komprehensif. Secara umum, hal ini menunjukkan bahwa kegiatan penyuluhan efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta terkait *eco enzyme*.

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya peningkatan keterampilan peserta secara signifikan setelah mengikuti pelatihan, yang ditunjukkan oleh kenaikan rata-rata skor dari 3,05 (SD = 0,66) menjadi 3,60 (SD = 0,55), dengan selisih sebesar 0,54 dan nilai signifikansi $p < 0,001$. Peningkatan ketrampilan siswa melalui kegiatan demontrasi membuat *eco enzyme* sesuai dengan hasil penelitian Widiyastuti *et al*. (2020) yang menyatakan bahwa praktik langsung menjadi metode paling efektif dalam transfer keterampilan teknis. Menurut Bandura (1986), individu cenderung meniru dan menginternalisasi keterampilan setelah mengamati proses secara langsung. Peserta memperoleh kesempatan untuk mempraktikkan setiap tahapan, mulai dari penyiapan bahan, pencampuran, hingga penyimpanan hasil fermentasi. Penerapan metode ini memastikan keterampilan yang diperoleh tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga dapat diterapkan secara mandiri di lingkungan sekolah.

3. Perubahan Sikap dan Perilaku

Keberhasilan kegiatan penyuluhan tidak hanya diukur dari peningkatan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga dari perubahan sikap dan perilaku peserta. Perbandingan perubahan sikap dan prilaku peserta sebelum dan sesudah pelaksanaan penyuluhan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Tingkat Sikap dan Prilaku Siswa Tentang Eco Enzyme

No	Indikator pengukuran sikap	Sikap sebelum kegiatan (%)	Sikap sesudah kegiatan (%)	Peningkatan sikap (%)
1	Kepedulian lingkungan	69,23	76,92	7,69
2	Motivasi mengelola sampah	53,84	53,85	0,01
3	Keinginan mengajak orang lain	46,15	61,54	15,39

Berdasarkan hasil evaluasi, sebelum penyuluhan dilaksanakan sebanyak 69,23% peserta menyatakan peduli terhadap kebersihan dan lingkungan, yang kemudian meningkat menjadi 76,92% setelah kegiatan dilaksanakan. Kenaikan ini meskipun tidak terlalu tinggi, menunjukkan bahwa kegiatan penyuluhan berhasil memperkuat kepedulian peserta untuk menjaga lingkungan. Sikap ini menjadi pondasi penting untuk membentuk perilaku ramah lingkungan yang konsisten (Ajzen, 1991). Pada indikator kedua, yaitu motivasi peserta dalam mengelola sampah organik di rumah atau sekolah, tidak terjadi peningkatan sikap sesudah kegiatan dilaksanakan. Indikator ketiga yang menunjukkan keinginan untuk mengajak orang lain dalam kegiatan pengelolaan sampah mengalami peningkatan. Sebelum kegiatan, 46,15% peserta menyatakan sangat setuju, dan setelah kegiatan meningkat menjadi 61,54%. Hal ini menunjukkan adanya dorongan sosial dalam menyebarkan pengetahuan dan membangun budaya pengelolaan sampah bersama. Semangat kebersamaan ini penting dalam menciptakan dampak yang lebih luas, karena perubahan lingkungan yang berkelanjutan membutuhkan partisipasi banyak pihak (Kollmuss & Agyeman, 2002).

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya peningkatan rata-rata skor perilaku, dari 3,53 pada saat pre-test menjadi 3,64 pada post-test. Meski peningkatannya relatif kecil, hal ini menunjukkan adanya arah perubahan yang positif, yaitu meningkatnya kesadaran dan perhatian peserta terhadap pengelolaan sampah berbasis lingkungan. Hasil analisis menggunakan uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa selisih antara skor sebelum dan sesudah kegiatan tidak signifikan secara statistik, dengan nilai p sebesar 0,118 ($p > 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan perilaku peserta belum tampak secara nyata dalam jangka waktu yang relatif singkat. Ketiadaan perbedaan signifikan ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Perubahan perilaku merupakan proses yang kompleks dan tidak dapat dicapai dalam waktu singkat. Sebagaimana dikemukakan oleh Bandura (1986), pembentukan perilaku dipengaruhi oleh interaksi antara faktor personal, pengalaman langsung, serta penguatan dari lingkungan sosial. Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat perubahan perilaku yang memerlukan waktu dan pengulangan. Menurut Kollmuss dan Agyeman (2002), perilaku ramah lingkungan terbentuk dari interaksi faktor internal, seperti nilai dan keyakinan, serta faktor eksternal, seperti dukungan sosial dan sarana yang tersedia. Oleh karena itu, pendampingan berkelanjutan dan penguatan peran siswa diperlukan untuk memastikan keterampilan dan pengetahuan yang diperoleh dapat menjadi kebiasaan yang menetap.

Kesimpulan

Pelatihan pembuatan *eco enzyme* berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam pengolahan sampah organik dengan menggunakan metode penyuluhan dan praktik langsung. Analisis statistik menunjukkan pengaruh signifikan

pada aspek kognitif dan keterampilandalam mengolah sampah organik menjadi eco enzyme. Meskipun perubahan sikap belum signifikan, tetapi terjadi peningkatan kepedulian siswa terhadap lingkungan.

Terima Kasih

Tim mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kehutanan dan Sains atas dukungan berupa kesempatan dan pendanaan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMKN 1 Tualang atas penyediaan fasilitas sehingga kegiatan transfer teknologi sederhana dalam mengolah sampah organik menjadi *eco enzyme* berjalan dengan baik.

Referensi

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Prentice-Hall

Jauhariyah, N. A., Inayah, N., Mahmudah, M., & Nasrulloh, M. A. (2020). Pemberdayaan masyarakat melalui pengelolaan sampah plastik menjadi premium dan solar alternatif di Desa Buluagung Kecamatan Siliragung Kabupaten Banyuwangi. Loyal: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 3(1), 124. https://ejournal.iaida.ac.id/index.php/loyal/article/view/544

Jatau, AA. (2013). Knowledge, Attitudes and Practices Associated with WasteManagement in Jos South Metropolis, Plateau State. Mediterranean Journal ofSocial Sciences 4(5):119–27.

Niswah, I. K., Lutfiah, N. N., Rizaki, F., Rokilah, & Sulasno. (2025). Peningkatan kesadaran siswa terhadap pengelolaan sampah organik melalui pelatihan pembuatan komposter di SMAN 1 Ciruas. *Kaibon Abhinaya: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 7*(2), 147–152. https://doi.org/10.30656/ka.v7i2.10825

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? Environmental Education Research, 8(3), 239–260. https://doi.org/10.1080/13504620220145401

Mulyanto, J. (2020). Purwarupa Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno. Jurnal Dinamika Informasi, 9(2), 1-15.

Ramadani, A. H., Karima, R., & Ningrum, R. S. (2022). Antibacterial activity of pineapple peel (*Ananas comosus*) eco-enzyme against acne bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Propionibacterium acnes*). *Indonesian Journal of Chemical Research, 9*(3), 201–207. https://doi.org/10.30598/ijcr.9.3.201-207

Rahayu, S., & Setyowati, N. (2022). Eco enzyme sebagai solusi pengelolaan limbah organik rumah tangga. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia, 4*(1), 45–52. https://doi.org/10.29303/jpmsi.v4i1.296

Taihuttu, Y. M. J., Agustin, R. D., & Angkejaya, O. W. (2023). Edukasi pembuatan eco-enzyme sebagai solusi mengatasi limbah organik menjadi disinfektan di Fakultas Kedokteran UNPATTI. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM), 6*(11), 5005–5013. https://doi.org/10.33024/jkpm.v6i11.12238

Wang S , Wang J , Yang S , Li J and Zhou K. 2020. From Intention to Behavior: Comprehending Residents' Waste Sorting Intention and Behavior Formation Process. Waste Management 113:41–50. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.031

Widiyastuti, E., Nurdiana, N., & Sari, P. (2020). Pendidikan lingkungan hidup berbasis aksi langsung dalam meningkatkan kesadaran ekologis siswa. Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 27(2), 123–132. https://doi.org/10.17977/jptpp.v27i2.12345

Yulianto,A., Wahyono, V. W., Putri, F., Istanti, & E. A. Wicaksari. (2025). Mengelola sampah, menjaga desa: Strategi optimalisasi sampah rumah tangga menuju SDG's. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 4(2), 177–185. https://doi.org/10.55606/jpmi.v4i2.5225

Zhou C , Fang X juan , Wang Y jie and Zhang Q. 2022. The Influence Mechanism of Household Waste Separation Behavior among College Students in the Post COVID 19 Pandemic Period. Journal of Material Cycles and Waste Management 24(2):784–800.