

PELATIHAN PEMBUATAN ECO-ENZYME BERBASIS STEM PROJECT SEBAGAI UPAYA PELESTARIAN LINGKUNGAN

Nor Indriyanti^{1*}, Kasmianti², Jumriani¹, Hilman Qudratuddarsi¹, Nur Intan¹, Aco Hebriawan¹

¹Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat

²Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat

*Email: nor.indriyanti@unsulbar.ac.id

Naskah diterima: 09-10-2025, disetujui: 07-01-2026, diterbitkan: 08-01-2026

DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jppm.v9i1.10403>

Abstrak - Permasalahan sampah organik dari sektor kuliner, khususnya restoran, hotel, dan catering, menjadi isu serius yang berdampak pada lingkungan, kesehatan, serta sosial-ekonomi masyarakat. Sampah organik yang tidak dikelola dengan baik berpotensi menghasilkan gas metana, menimbulkan bau, serta menjadi sumber penyakit. Salah satu solusi inovatif untuk mengurangi timbulan sampah organik adalah melalui pemanfaatan eco-enzyme, yakni cairan hasil fermentasi limbah sayuran dan buah dengan tambahan gula dan air, yang dapat dimanfaatkan sebagai pembersih alami maupun pupuk organik ramah lingkungan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberikan edukasi dan pelatihan pembuatan eco-enzyme kepada siswa SMPN 7 Majene dengan pendekatan STEM Project-Based Learning. Metode pelaksanaan meliputi tahap perencanaan dan persiapan, tahap pelaksanaan melalui ceramah interaktif dan praktik langsung, serta tahap evaluasi dan pelaporan. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman, keterampilan, serta sikap peduli lingkungan pada siswa. Evaluasi juga mengungkap antusiasme yang tinggi dari peserta, meskipun terdapat keterbatasan pada durasi fermentasi yang belum mencapai tahap akhir. Dengan demikian, pelatihan ini terbukti efektif dalam menumbuhkan kesadaran ekologis sejak dini dan direkomendasikan untuk dilanjutkan sebagai program berkelanjutan di sekolah.

Kata kunci: *eco-enzyme*, edukasi, lingkungan, sampah organik, STEM project

LATAR BELAKANG

Industri kuliner, khususnya restoran, hotel, hingga catering, merupakan salah satu sektor yang berkontribusi besar terhadap timbulan sampah organik. Bahan makanan seperti sayuran dan buah-buahan memiliki sifat mudah rusak, cepat membusuk, dan menghasilkan volume limbah yang cukup besar setiap harinya (Adamu, et al., 2023). Proses pengolahan makanan dari dapur hingga meja konsumen selalu menghasilkan sisa berupa kulit, biji, batang, hingga potongan yang tidak terpakai. Sayangnya, sebagian besar limbah ini berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) tanpa melalui proses pengelolaan yang memadai (Atelge, et. al., 2020; Dutta et al., 2021).

Sampah organik dari sayuran dan buah-buahan membawa dampak serius terhadap lingkungan. Pertama, sampah organik yang dibiarkan membusuk di TPA akan

menghasilkan gas metana (CH₄), salah satu gas rumah kaca yang lebih berbahaya dibanding karbon dioksida. Gas ini menyumbang pada pemanasan global dan mempercepat krisis iklim. Kedua, proses pembusukan juga menimbulkan bau tidak sedap dan menjadi sarang berkembangnya lalat serta mikroorganisme patogen yang mengganggu kesehatan masyarakat sekitar (Sharma, et al., 2019; Raza, et. al., 2023).

Dari sisi sosial-ekonomi, pembuangan sampah organik secara sembarangan juga menyebabkan pemborosan sumber daya. Sayuran dan buah-buahan memiliki kandungan nutrisi, mineral, dan senyawa bioaktif yang masih bernilai, namun terbuang begitu saja. Potensi ini sebenarnya bisa dimanfaatkan kembali untuk kepentingan masyarakat, baik sebagai pupuk organik, bahan baku pakan ternak, maupun produk ramah lingkungan lainnya (Jalalipour et al., 2025). Dengan

demikian, masalah sampah ini tidak hanya menimbulkan kerugian lingkungan, tetapi juga kehilangan peluang ekonomi yang cukup besar. Lebih jauh, timbulan sampah organik di restoran juga memperparah persoalan manajemen TPA di berbagai daerah. Kapasitas TPA semakin terbatas, sementara jumlah limbah terus meningkat. Kondisi ini menyebabkan banyak pemerintah daerah kesulitan mengelola sampah secara berkelanjutan. Jika tidak ditangani, permasalahan sampah organik akan menjadi beban jangka panjang bagi masyarakat, pemerintah, maupun lingkungan hidup (Zhang, Bhuiyan & Zhang, 2025).

Eco-enzyme adalah cairan hasil fermentasi limbah organik, khususnya kulit buah dan sayuran, dengan tambahan gula merah atau gula aren serta air. Proses fermentasi yang berlangsung selama 3–6 bulan menghasilkan cairan berwarna coklat gelap dengan aroma segar asam-manis (Riawati, Mardiana & Srihardyastutie, 2024). Cairan ini memiliki kandungan enzim, asam organik, dan senyawa bioaktif lain yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari. Pembuatan *eco-enzyme* dianggap sebagai solusi pengelolaan sampah sayuran dan buah karena mampu mengubah limbah organik menjadi produk bernilai guna tinggi. Pertama, *eco-enzyme* dapat dimanfaatkan sebagai pembersih rumah tangga alami yang ramah lingkungan, menggantikan produk kimia yang sering mencemari air. Kedua, cairan ini dapat digunakan sebagai pupuk cair organik untuk menyuburkan tanaman, meningkatkan mikroba tanah, dan memperbaiki struktur tanah. Dengan demikian, proses ini mendukung pertanian berkelanjutan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia (Vidalia et al., 2023; Tuhumury et al., 2024).

Selain itu, produksi *eco-enzyme* relatif mudah dilakukan di tingkat rumah tangga, sekolah, maupun komunitas. Tidak diperlukan

teknologi canggih, cukup wadah plastik, gula, air, dan limbah organik (Rendana et al., 2025). Hal ini membuatnya sangat cocok diimplementasikan secara luas sebagai gerakan masyarakat. Dari sisi lingkungan, *eco-enzyme* membantu mengurangi beban TPA karena sebagian besar limbah sayuran dan buah dapat dialihkan untuk fermentasi. Dengan berkurangnya limbah organik di TPA, emisi metana yang berkontribusi pada pemanasan global juga dapat ditekan (Gumilar, et al., 2025).

Edukasi lingkungan pada generasi muda memiliki peran yang sangat strategis dalam membentuk kesadaran ekologis jangka panjang. Pada jenjang SMP, siswa berada pada fase perkembangan yang sangat tepat untuk diperkenalkan dengan konsep keberlanjutan. Salah satu pendekatan efektif adalah melalui *STEM Project-Based Learning* (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dengan tema pembuatan *eco-enzyme* (Hidayat, Nasir, & Imami, 2022). Pendekatan STEM memungkinkan siswa untuk belajar secara holistik. Dari aspek sains, siswa memahami proses fermentasi, peran mikroorganisme, serta kandungan senyawa dalam *eco-enzyme*. Dari sisi teknologi, mereka dapat mempelajari cara dokumentasi, pemantauan, bahkan penggunaan aplikasi sederhana untuk mengukur perubahan pH atau suhu selama fermentasi (Keong et al., 2023).. Dari aspek engineering, siswa belajar mendesain wadah, memodifikasi cara penyimpanan, hingga merancang sistem distribusi produk. Sedangkan dari sisi matematika, siswa dapat menghitung rasio bahan, waktu fermentasi, hingga melakukan analisis sederhana terkait efektivitas produk (Al-Bahij, Umrotullatifah, Qurrotaini, & Santi, 2024).

Keterlibatan siswa dalam proyek nyata seperti ini memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna. Mereka tidak

hanya memahami teori, tetapi juga melihat dampak langsung dari kegiatan yang dilakukan. Misalnya, ketika siswa membawa limbah buah dari rumah, kemudian melihat hasilnya berubah menjadi cairan serbaguna setelah beberapa bulan, mereka akan memiliki kesadaran bahwa limbah bukanlah barang yang tidak berguna, melainkan sumber daya yang dapat diolah kembali.

Selain aspek akademis, proyek ini juga menumbuhkan soft skills penting seperti kerja sama, kepemimpinan, kreativitas, dan tanggung jawab sosial. Siswa dilatih untuk bekerja dalam kelompok, berbagi tugas, mendokumentasikan proses, serta menyampaikan hasilnya melalui presentasi atau pameran (Yanti, Mudakir & Haryani, 2023). Hal ini sejalan dengan kebutuhan abad ke-21 yang menuntut keterampilan kolaborasi dan pemecahan masalah nyata. Mengapa pelestarian lingkungan penting untuk ditekankan pada siswa SMP? Karena mereka merupakan calon generasi penerus bangsa yang akan menghadapi tantangan lingkungan yang lebih kompleks di masa depan. Krisis iklim, polusi, dan keterbatasan sumber daya adalah masalah global yang membutuhkan solusi kolektif (Al-Idrus, Rahmawati, Hadisaputra & Qudratuddarsi, 2020). Jika siswa sejak dini terbiasa dengan pola pikir ramah lingkungan, maka mereka akan tumbuh menjadi individu yang lebih peduli, kritis, dan inovatif dalam mencari solusi berkelanjutan. Edukasi lingkungan berbasis STEM juga relevan dengan konteks lokal (Al Idrus, Rahmawati, Hadisaputra, & Qudratuddarsi, 2021. Misalnya, sekolah dapat bekerja sama dengan restoran, pasar tradisional, atau rumah tangga sekitar untuk mengumpulkan limbah organik sebagai bahan fermentasi. Dengan cara ini, sekolah tidak hanya menjadi pusat pendidikan, tetapi juga pusat inovasi dan pemberdayaan masyarakat.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dengan judul “Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme pada Siswa SMPN 7 Majene Berbasis STEM Project sebagai Upaya Pelestarian Lingkungan” dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap perencanaan dan persiapan, tahap pelaksanaan, serta tahap evaluasi dan pelaporan.

1. Tahap Perencanaan dan Persiapan

Tahap perencanaan merupakan fondasi utama dalam memastikan kegiatan berjalan efektif dan terarah. Pada tahap ini dilakukan beberapa langkah berikut:

- 1) Koordinasi dengan mitra (SMPN 7 Majene): Tim pengabdian menjalin komunikasi dengan pihak sekolah untuk menyepakati bentuk kegiatan, waktu pelaksanaan, jumlah peserta (siswa), serta dukungan dari pihak sekolah.
- 2) Penyusunan materi dan persiapan alat bahan: Tim menyiapkan bahan ajar berupa modul pembuatan eco-enzyme, lembar kerja berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), serta media pendukung.
- 3) Persiapan bahan dan peralatan: Bahan: limbah sayuran dan buah segar (kulit buah, sisa sayur), gula merah/gula aren, dan air bersih. Alat: wadah plastik transparan, botol bekas, timbangan, gelas ukur, label, serta alat dokumentasi.
- 4) Pembagian peran tim pengabdian: Setiap anggota tim ditugaskan sesuai kompetensi, misalnya fasilitator utama, pendamping kelompok siswa, dokumentasi, dan penanggung jawab evaluasi.

2. Tahap Pelaksanaan

Tahap ini merupakan inti dari kegiatan pengabdian, dilaksanakan secara partisipatif dengan melibatkan siswa secara aktif.

- 1) Kegiatan pembukaan:

Kegiatan diawali dengan sambutan dari pihak sekolah dan tim pengabdian sebagai bentuk apresiasi atas kolaborasi dalam pelaksanaan program.

2) Penyampaian materi (ceramah interaktif):

Peserta pelatihan diperkenalkan dengan konsep sampah organik dan dampaknya terhadap lingkungan, khususnya bagaimana limbah sayuran dan buah-buahan yang tidak terkelola dapat menimbulkan bau, menjadi sumber penyakit, serta menyumbang emisi gas rumah kaca. Selanjutnya dijelaskan mengenai *eco-enzyme*, mulai dari pengertian, manfaat, proses fermentasi, hingga aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari seperti pembersih alami dan pupuk organik. Materi ini juga dipadukan dengan pendekatan STEM, di mana aspek Science menekankan pemahaman proses biologi dan kimia dalam fermentasi, aspek Technology mengajarkan pemanfaatan media digital sederhana untuk dokumentasi, aspek Engineering melibatkan perancangan wadah fermentasi yang aman, sedangkan aspek Mathematics digunakan dalam menghitung perbandingan bahan serta estimasi waktu fermentasi. Dengan integrasi ini, siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga memperoleh pengalaman praktis yang relevan dengan kehidupan sehari-hari.

3) Praktik pembuatan *eco-enzyme* (STEM Project):

Peserta dibagi ke dalam beberapa kelompok kecil agar proses pembelajaran lebih interaktif dan efisien. Setiap kelompok kemudian melakukan praktik langsung dengan menimbang bahan, mencampurkan limbah sayur atau buah dengan gula dan air, lalu menuangkannya ke dalam wadah yang telah disediakan. Setelah proses pencampuran selesai, siswa memberi label pada masing-masing wadah dengan mencantumkan nama kelompok, tanggal

pembuatan, serta jenis bahan yang digunakan. Kegiatan ini bertujuan untuk melatih keterampilan praktis siswa sekaligus menumbuhkan rasa tanggung jawab terhadap hasil kerja kelompoknya.

3. Tahap Evaluasi dan Pelaporan

Tahap ini bertujuan untuk menilai keberhasilan kegiatan dan menyusun tindak lanjut. Evaluasi proses dilakukan untuk menilai keterlibatan siswa, kelancaran praktik, dan efektivitas penyampaian materi. Evaluasi dilakukan melalui kuesioner sederhana dan observasi langsung yang dilakukan oleh tim pengabdian kepada Masyarakat. Identifikasi kendala yang dihadapi selama pelaksanaan juga dilakukan agar kami dapat Menyusun rekomendasi perbaikan. Terakhir, peneliti Menyusun laporan yang nantinya diserahkan kepada LPPM Universitas Sulawesi Barat dan pihak SMPN 7 Majene sebagai mitra kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dengan judul "*Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme pada Siswa SMPN 7 Majene Berbasis STEM Project sebagai Upaya Pelestarian Lingkungan*" telah dilaksanakan dengan baik dan melalui tiga tahapan utama, yaitu perencanaan dan persiapan, pelaksanaan, serta evaluasi dan pelaporan. Secara keseluruhan, kegiatan ini berhasil meningkatkan pemahaman, kesadaran, dan keterampilan siswa dalam mengelola limbah organik rumah tangga menjadi produk ramah lingkungan yang bernilai guna.

1. Tahap Perencanaan dan Persiapan

Tahap ini menjadi fondasi penting dalam memastikan kegiatan terlaksana secara efektif dan terarah. Tim pengabdian terlebih dahulu melakukan koordinasi dengan pihak SMPN 7 Majene untuk menentukan bentuk kegiatan, waktu pelaksanaan, jumlah peserta, serta dukungan yang diberikan sekolah. Komunikasi yang baik antara tim pengabdian dan mitra

sekolah menghasilkan sinergi positif yang memudahkan pelaksanaan kegiatan di lapangan.

Selain itu, tim menyiapkan berbagai perangkat pembelajaran seperti modul pelatihan, lembar kerja berbasis STEM, serta media pendukung visual yang mempermudah pemahaman peserta. Persiapan bahan dan alat seperti limbah sayuran dan buah, gula merah, air bersih, wadah plastik transparan, dan peralatan ukur juga dilakukan dengan cermat agar siswa dapat melakukan praktik dengan standar yang benar. Pembagian tugas dalam tim pengabdian turut memperlancar pelaksanaan, di mana setiap anggota bertanggung jawab sesuai dengan kompetensinya, mulai dari fasilitator utama, pendamping kelompok, dokumentasi, hingga evaluator kegiatan.



Gambar 1. Koordinasi dengan pihak mitra

2. Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan berlangsung secara partisipatif dan interaktif, dengan melibatkan siswa sebagai subjek utama pembelajaran. Kegiatan diawali dengan sambutan dari pihak sekolah dan tim pengabdian sebagai bentuk apresiasi terhadap kerja sama yang telah terjalin. Selanjutnya, dilakukan penyampaian materi melalui metode ceramah interaktif yang menjelaskan konsep dasar sampah organik, dampak negatifnya terhadap lingkungan, serta pentingnya pengelolaan limbah melalui pendekatan eco-enzyme.



Gambar 2. Kegiatan Pembukaan Pengabdian kepada Masyarakat

Pada sesi ini, siswa diperkenalkan dengan proses pembuatan eco-enzyme—mulai dari prinsip fermentasi, manfaatnya sebagai pembersih alami dan pupuk organik, hingga aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Materi disampaikan dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) agar siswa dapat memahami keterkaitan antara ilmu pengetahuan dan praktik nyata. Aspek *Science* berfokus pada proses biologis dan kimia fermentasi, *Technology* mengajarkan penggunaan media digital untuk dokumentasi, *Engineering* mengasah kemampuan dalam merancang wadah fermentasi yang aman, dan *Mathematics* diterapkan dalam perhitungan proporsi bahan serta lama waktu fermentasi.



Gambar 3. Penyampaian Materi

Selanjutnya, siswa dibagi ke dalam beberapa kelompok kecil untuk melaksanakan praktik langsung pembuatan eco-enzyme. Setiap kelompok menimbang bahan, mencampurkan limbah sayur atau buah dengan

gula dan air, kemudian menuangkannya ke dalam wadah yang telah disiapkan. Wadah tersebut diberi label berisi nama kelompok, tanggal pembuatan, dan bahan yang digunakan. Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya belajar konsep ilmiah, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis, kerja sama, dan rasa tanggung jawab terhadap hasil kerja mereka.



Gambar 4. Praktik pembuatan eco-enzyme

3. Tahap Evaluasi dan Pelaporan

Tahap akhir kegiatan berfokus pada evaluasi dan penyusunan laporan hasil pelaksanaan. Evaluasi dilakukan secara kualitatif melalui observasi langsung terhadap keterlibatan siswa, efektivitas penyampaian materi, dan kelancaran kegiatan praktik. Selain itu, tim pengabdian menggunakan kuesioner sederhana untuk mengetahui tingkat pemahaman dan antusiasme siswa terhadap kegiatan yang telah dilakukan.



Gambar 5. Evaluasi

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa siswa sangat antusias mengikuti pelatihan, mampu memahami konsep dasar eco-enzyme, dan menunjukkan sikap peduli terhadap

lingkungan. Salah satu peserta mengatakan bahwa program ini memberikan pengetahuan baru bagi mereka dan suatu saat ingin mempraktikkan pembuatan eco-enzyme di rumah.

“Saya sangat senang mengikuti kegiatan ini karena memberikan pengetahuan baru tentang cara mengelola sampah organik. Sekarang saya jadi tahu bahwa limbah sayur dan buah ternyata bisa diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat, seperti eco-enzyme. Suatu saat nanti, saya ingin mencoba membuatnya sendiri di rumah.”
Siswa A

Berdasarkan hasil kuesioner literasi ekologis yang diperoleh dari kegiatan Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme berbasis STEM Project sebagai Upaya Pelestarian Lingkungan, terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada tingkat pengetahuan dan kesadaran ekologis peserta setelah pelatihan. Sebelum kegiatan, sebagian besar siswa belum memahami konsep dasar literasi ekologis (hanya 5,71% yang menjawab “ya”), namun setelah pelatihan meningkat tajam menjadi 85,71%. Pemahaman mengenai dampak pencemaran lingkungan terhadap ekosistem laut juga meningkat dari 42,86% menjadi 94,28%, sedangkan kesadaran bahwa membuang sampah sembarangan mencemari laut naik dari 57,14% menjadi 88,57%. Pemahaman konsep STEM sebagai pendekatan pembelajaran untuk menyelesaikan masalah lingkungan mengalami peningkatan drastis dari 2,86% menjadi 74,29%, dan seluruh peserta (100%) menyatakan pernah membuat proyek IPA sederhana setelah mengikuti kegiatan. Selain itu, pengetahuan tentang eco-enzyme juga melonjak dari 5,71% menjadi 77,14%, menandakan bahwa peserta benar-benar memahami konsep dan manfaat cairan ramah lingkungan tersebut. Aspek sikap dan partisipasi juga menunjukkan perubahan positif; keberanian bekerja dalam kelompok

meningkat dari 42,86% menjadi 88,57%, serta kesadaran untuk ikut menjaga kebersihan lingkungan dan Bahari Mandar meningkat lebih dari dua kali lipat. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan berhasil meningkatkan tidak hanya pengetahuan konseptual tentang ekologi dan STEM, tetapi juga menumbuhkan kesadaran, tanggung jawab, dan keterlibatan aktif siswa dalam pelestarian lingkungan melalui proyek berbasis sains terapan.

Adapun isi kuesioner-nya antara lain: Saya tahu apa arti literasi ekologis. 2) Saya memahami bahwa pencemaran lingkungan dapat merusak ekosistem laut. 3) Saya tahu bahwa membuang sampah sembarangan bisa mencemari laut. 4) Saya tahu perbedaan antara sampah organik dan anorganik. 5) Saya terbiasa

membuang sampah sesuai jenisnya (organik dan anorganik). 6) Saya tahu apa arti singkatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). 7) Saya pernah membuat proyek IPA sederhana untuk memecahkan masalah lingkungan. 8) Saya tahu bahwa STEM bisa digunakan untuk mencari solusi pencemaran lingkungan. 9) Saya tahu bahwa eco-enzyme adalah cairan ramah lingkungan yang bisa dibuat dari limbah organik. 10) Saya percaya bahwa IPA tidak hanya teori, tetapi bisa diterapkan untuk menyelesaikan masalah nyata. 11) Saya berani bekerja dalam kelompok untuk membuat proyek lingkungan. 12) Saya tahu bahwa menjaga Bahari Mandar berarti juga menjaga kebersihan lingkungan. 13) Saya merasa perlu ikut terlibat dalam proyek menjaga lingkungan.

Tabel 1. Hasil Kuesioner Ekologis

Pernyataan	Pre-test		Post-test	
	Ya (%)	Tidak (%)	Ya (%)	Tidak (%)
Item 1	5.71	94.29	85.71	14.29
Item 2	42.86	57.14	94.28	5.71
Item 3	57.14	42.86	88.57	11.43
Item 4	17.14	82.86	77.14	22.86
Item 5	11.43	88.57	51.42	48.57
Item 6	2.86	97.14	74.29	25.71
Item 7	20.00	80.00	100.0	0.00
Item 8	2.86	97.14	77.14	22.85
Item 9	5.71	94.29	77.14	22.86
Item 10	34.28	65.72	88.57	11.43
Item 11	42.86	57.14	88.57	11.43
Item 12	45.71	54.28	77.14	22.85
Item 13	34.28	65.72	65.72	34.28

Laporan hasil kegiatan kemudian disusun secara komprehensif dan diserahkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sulawesi Barat serta pihak SMPN 7 Majene sebagai mitra pelaksana. Melalui kegiatan ini, diharapkan muncul kesadaran ekologis sejak dini dan peningkatan kemampuan berpikir ilmiah berbasis proyek (*project-based*

learning), sehingga siswa dapat menjadi agen perubahan dalam pelestarian lingkungan di lingkup sekolah maupun masyarakat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan pembuatan eco-enzyme berbasis STEM Project di SMPN 7 Majene berhasil dilaksanakan melalui tahapan perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi.

Kegiatan ini mampu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam mengelola limbah organik menjadi produk ramah lingkungan bernilai guna. Pendekatan STEM terbukti efektif karena tidak hanya memberikan pemahaman teoritis, tetapi juga pengalaman praktis yang melatih kerja sama, kreativitas, dan tanggung jawab sosial siswa. Hasil evaluasi menunjukkan antusiasme peserta yang tinggi serta munculnya kesadaran ekologis sejak dini, meskipun masih diperlukan pendampingan lanjutan terkait proses fermentasi jangka panjang. Oleh karena itu, kegiatan ini direkomendasikan untuk dikembangkan sebagai program berkesinambungan melalui integrasi dalam kegiatan ekstrakurikuler sekolah, sehingga dapat memperkuat peran siswa sebagai agen perubahan dalam pelestarian lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Sulawesi Barat yang telah memberi dukungan financial terhadap pengabdian ini melalui skim Pengabdian Kemitraan DIPA UNSULBAR 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu, H., Bello, U., Yuguda, A. U., Tafida, U. I., Jalam, A. M., Sabo, A., & Qamar, M. (2023). Production processes, techno-economic and policy challenges of bioenergy production from fruit and vegetable wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 186, 113686.
- Al-Bahij, A., Umrotullatifah, N., Qurrotaini, L., & Santi, A. U. P. (2024). Eco-Enzyme Project-Based Learning in the Elementary School: Improving SDGs 12.5 Waste Management Knowledge. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 8(1), 156-164.
- Al-Idrus, S. W., Rahmawati, R., Hadisaputra, S., & Qudratuddarsi, H. (2020). Phytoremediation of detergent levels in waters using water plants: *Eichornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Pistia stratoites* and their combinations. *European Journal of Advanced Chemistry Research*, 1(5).
- Al Idrus, S., Rahmawati, R., Hadisaputra, S., & Qudratuddarsi, H. (2021). Analysis of detergent waste absorption using water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Journal of Science and Science Education*, 2(1), 17-21.
- Atelge, M. R., Krisa, D., Kumar, G., Eskicioglu, C., Nguyen, D. D., Chang, S. W., ... & Unalan, S. (2020). Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives. *Waste and Biomass Valorization*, 11(3), 1019-1040.
- Dutta, S., He, M., Xiong, X., & Tsang, D. C. (2021). Sustainable management and recycling of food waste anaerobic digestate: a review. *Bioresour technology*, 341, 125915.
- Gumilar, G. G., Kadarohman, A., Fakhrurozi, M. F., Supriyanti, F. M. T., & Munawaroh, H. S. H. (2025). Characterization and Enzymatic Evaluation of Ecoenzyme Derived from Fruit and Vegetable Waste: An Effort to Achieve Zero Waste Concept. *Baghdad Science Journal*, 22(4), 1175-1184.
- Hidayat, R., Nasir, N., & Imami, M. K. W. (2022). Rasch validation of instrument measuring Gen-Z science, technology, engineering, and mathematics (STEM) application in teaching during the pandemic. *International Journal of*

Learning, Teaching and Educational Research, 21(6), 104-121.

- Jalalipour, H., Binaee Haghighi, A., Ferronato, N., Bottausci, S., Bonoli, A., & Nelles, M. (2025). Social, economic and environmental benefits of organic waste home composting in Iran. *Waste Management & Research*, 43(1), 97-111.
- Keong, C. C., Aquino, J. B., Yien, L. S., Thoe, N. K., Tudy, R. A., & Talib, C. A. (2023). Making Eco-Enzyme at Home to Reduce Kitchen Waste: Exemplar integrating ADDIE Instructional Model with Parental Roles.
- Raza, T., Qadir, M. F., Khan, K. S., Eash, N. S., Yousuf, M., Chatterjee, S., ... & Oetting, J. N. (2023). Unraveling the potential of microbes in decomposition of organic matter and release of carbon in the ecosystem. *Journal of Environmental Management*, 344, 118529.
- Rendana, M., Susanti, S., Yandriani, Y., Jati, S. N., Renaldi, F., & Akbar, M. N. (2025). Green the Islamic boarding school: Eco enzyme training for organic waste management. *Community Empowerment*, 10(4).
- Riawati, R., Mardiana, D., & Srihardyastutie, A. (2024). MES surfactant-based liquid soaps added with eco-enzyme and pandan wangi leaf extract (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) on physical-chemistry properties, and antibacterial activity. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 9(2), 242-259.
- Sharma, B., Vaish, B., Monika, Singh, U. K., Singh, P., & Singh, R. P. (2019). Recycling of organic wastes in agriculture: an environmental perspective. *International journal of environmental research*, 13(2), 409-429.
- Tuhumury, N., Sahetapy, J. M., Matakupan, J., & Rijoly, S. M. (2024). Processing Banana Peel Organic Waste in Tourism Areas as an Effort to Control Aquatic Environmental Pollution. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 12(1), 400-407.
- Vidalia, C., Angelina, E., Hans, J., Field, L. H., Santo, N. C., & Rukmini, E. (2023). Eco-enzyme as disinfectant: a systematic literature review. *International Journal of Public Health Science (IJPBS)*, 12(3), 1171-1180.
- Yanti, N. I., Mudakir, I., & Haryani, S. A. (2023). Development of Interactive Digital Textbook Based on STEM to Enhance Junior High School Students' Critical Thinking Skills in Environmental Pollution Subject. *BIOEDUKASI*, 241-250.
- Zhang, J., Bhuiyan, M. A., & Zhang, G. (2025). Life cycle assessment of kerbside waste from environmental, cost, and social perspectives. In *Life-Cycle Performance of Structures and Infrastructure Systems in Diverse Environments* (pp. 921-928). CRC Press.