

Edukasi dan Pelatihan Pembuatan Ekoenzim Sebagai Upaya Pengelolaan Limbah Organik Berkelanjutan di SMA Pionir Nusantara, Bekasi

Educational Training on Eco-Enzyme Production for Sustainable Organic Waste Management at Pionir Nusantara Senior High School, Bekasi

Ernalem Bangun¹, Tati Barus^{2*}, Herlina Juni Risma Saragih¹

¹Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
Jalan Salemba Raya No. 14, Kenari, Kecamatan Senen, Jakarta Pusat 10440, DKI Jakarta 10440

²Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Raya Cisauk-Lapan 10, Tangerang 15345, Banten

*Email: tati.barus@atmajaya.ac.id

(Diterima 22-10-2025; Disetujui 09-02-2026)

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan sebagai upaya meningkatkan literasi lingkungan dan keterampilan praktis siswa dalam mengelola limbah organik melalui pembuatan ekoenzim. Latar belakang kegiatan ini didasari oleh meningkatnya volume sampah organik yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Tim pengabdian dari Universitas Pertahanan dan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya berkolaborasi untuk memberikan edukasi komprehensif mengenai konsep ilmiah fermentasi, peran mikroorganisme, serta manfaat ekologis dan ekonomis dari ekoenzim. Metode pelaksanaan meliputi penyampaian materi teoretis, demonstrasi, dan praktik langsung pembuatan ekoenzim menggunakan limbah organik rumah tangga dan sekolah. Kegiatan ini diikuti oleh 40 siswa beserta guru dan tenaga kependidikan SMA Pionir Nusantara, Bekasi. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman peserta terkait pengelolaan limbah organik dan keterampilan mereka dalam memproduksi ekoenzim secara mandiri. Produk ekoenzim yang dihasilkan tidak hanya berpotensi dimanfaatkan sebagai pembersih alami dan pupuk organik cair, tetapi juga menjadi sarana edukatif untuk menanamkan perilaku ramah lingkungan. Kegiatan ini membuktikan bahwa edukasi berbasis praktik langsung efektif dalam menumbuhkan kesadaran ekologis serta mendorong partisipasi aktif komunitas pendidikan dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Kata kunci: ekoenzim, limbah organik, pelatihan, lingkungan berkelanjutan

ABSTRACT

This community service activity was carried out as an effort to enhance students' environmental literacy and practical skills in managing organic waste through the production of eco-enzymes. The background of this activity stems from the increasing volume of organic waste that has the potential to pollute the environment if not properly managed. The service team from the Republic of Indonesia Defense University and Atma Jaya Catholic University of Indonesia collaborated to provide comprehensive education on the scientific concepts of fermentation, the role of microorganisms, and the ecological and economic benefits of eco-enzymes. The implementation method included theoretical lectures, demonstrations, and hands-on practice in producing eco-enzymes using household and school organic waste. The activity was attended by 40 students, teachers, and educational staff of Pionir Nusantara Senior High School, Bekasi. The results showed a significant improvement in participants' understanding of organic waste management and their ability to independently produce eco-enzymes. The resulting eco-enzyme products can be utilized not only as natural cleaners and liquid organic fertilizers but also as educational tools to cultivate environmentally friendly behavior. This activity demonstrates that practice-based education is effective in fostering ecological awareness and encouraging active participation of the educational community in sustainable environmental management.

Keywords: eco-enzyme, organic waste, training, environmental sustainability

PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa aktivitas manusia berbentuk padat, baik organik maupun anorganik, yang dianggap tidak berguna dan dibuang ke lingkungan. Jenis sampah organik berasal dari sisa bahan alam seperti makanan, dedaunan, atau limbah pertanian, sedangkan sampah anorganik umumnya berasal dari plastik, logam, kaca, dan bahan sintesis lainnya. Peningkatan jumlah penduduk dan intensitas aktivitas manusia menyebabkan volume sampah terus bertambah setiap tahun. Kondisi ini memunculkan permasalahan baru, terutama terkait tingginya biaya pengelolaan dan terbatasnya lahan untuk pembuangan akhir. Jika tidak ditangani secara tepat, penumpukan sampah dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat. Selain itu, sampah yang dibiarkan menumpuk berpotensi mencemari tanah, air, dan udara. Pencemaran tersebut dapat berdampak pada kualitas lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Oleh karena itu, pengelolaan sampah yang efektif menjadi kebutuhan mendesak demi menjaga kesehatan dan kelestarian lingkungan (Sujarwo et al., 2014).

Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang sampah terbesar di dunia. Berdasarkan laporan Jambeck (2015), Indonesia menempati peringkat kedua setelah Tiongkok dalam jumlah produksi sampah. Total produksi sampah di Indonesia diperkirakan mencapai 187,2 juta ton per tahun, atau sekitar 175 ribu ton per hari. Kondisi ini menunjukkan tingginya beban lingkungan yang harus ditangani secara serius. Pada tahun 2020, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melaporkan bahwa timbunan sampah nasional telah mencapai 67,8 juta ton. Peningkatan ini disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk serta perubahan pola konsumsi masyarakat yang cenderung menghasilkan lebih banyak limbah (Juniartini, 2020).

Hingga saat ini, pengelolaan sampah di Indonesia masih didominasi oleh sistem kumpul-angkut-buang. Dalam sistem ini, sampah dikumpulkan dari berbagai sumber, kemudian diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) untuk dibuang. Metode tersebut dianggap praktis, tetapi hanya memindahkan masalah dari satu lokasi ke lokasi lain tanpa mengurangi jumlah timbunan sampah. Akumulasi sampah dalam jumlah besar di TPA berpotensi menghasilkan gas metana (CH_4) yang bersifat mudah terbakar. Gas metana ini berkontribusi signifikan terhadap efek rumah kaca dan pemanasan global. Dampak tersebut semakin memperburuk kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, paradigma pengelolaan sampah perlu diubah dari sekadar pembuangan menjadi pemanfaatan. Sampah harus dipandang sebagai sumber daya yang memiliki nilai ekonomi, misalnya sebagai bahan baku energi, kompos, pupuk, atau produk industri lainnya (Prabekti, 2020).

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menegaskan pentingnya pengurangan timbunan sampah. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui tiga langkah utama, yaitu pembatasan, daur ulang, dan pemanfaatan kembali. Pembatasan bertujuan mengurangi volume sampah sejak tahap perencanaan dan produksi barang. Daur ulang dilakukan dengan mengolah kembali sampah menjadi bahan yang dapat digunakan untuk membuat produk baru. Pemanfaatan kembali mendorong penggunaan barang atau kemasan lebih dari satu kali sebelum dibuang. Pengelolaan sampah yang komprehensif harus dilakukan dari hulu hingga hilir. Artinya, pengelolaan dimulai sejak sebelum suatu produk menjadi sampah, hingga saat produk selesai digunakan dan dikembalikan ke lingkungan secara aman (Prabekti, 2020).

Salah satu pendekatan inovatif dalam pengelolaan sampah organik adalah pembuatan ekoenzim, yaitu cairan hasil fermentasi limbah organik berupa buah-buahan, sayuran, batang sayuran, dan berbagai limbah organik lainnya yang memiliki banyak manfaat ekologis dan ekonomis (Verma et al., 2019; Tang et al., 2011; Kerkar et al., 2020; Dhiman et al., 2017). Ekoenzim pertama kali diperkenalkan pada tahun 2003 oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand dan kemudian mendapatkan pengakuan dari Food and Agriculture Organization (FAO) karena potensi pemanfaatannya yang luas. Selain itu, kualitas dan karakteristik ekoenzim yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis buah atau sayuran yang digunakan sebagai bahan baku, karena komposisi nutrisi, kandungan asam organik, dan enzim alami berbeda-beda pada setiap jenis bahan organik (Rasit et al. 2019).

Proses pembuatan ekoenzim dilakukan dengan mencampurkan limbah organik, gula merah, dan air dalam proporsi tertentu, lalu difermentasi selama beberapa bulan. Mikroorganisme berperan aktif dalam memecah bahan organik menjadi senyawa bermanfaat, sekaligus menghasilkan gas ozon (O_3) yang memiliki sifat antibakteri dan membantu menguraikan polutan di udara.

Produk ekoenzim yang dihasilkan bersifat ramah lingkungan dan multifungsi, dengan manfaat sebagai pembersih alami lantai dan peralatan rumah tangga, pupuk cair organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, penghilang bau pada limbah dan kandang ternak, serta pengurangan residu pestisida

pada buah dan sayuran. Proses pembuatannya sederhana, tidak memerlukan peralatan mahal, dan dapat dilakukan di rumah, sehingga tidak hanya mengurangi timbulan sampah organik tetapi juga menghasilkan produk bernilai guna tinggi yang mendukung keberlanjutan lingkungan (Megah et al., 2018). Selain itu, ekoenzim dapat diproduksi dalam wadah sederhana seperti botol atau galon bekas, sejalan dengan prinsip penggunaan kembali, dan memiliki fungsi tambahan sebagai pengharum ruangan, antibakteri, penunjang kesehatan (sabun, sampo, atau obat gatal-gatal), serta penurun suhu radiator kendaraan (Astuti et al., 2020).

Fermentasi ekoenzim membutuhkan waktu sekitar tiga bulan. Dalam proses ini, karbohidrat diubah menjadi asam organik yang bersifat asam, sehingga mampu menghambat pertumbuhan patogen serta mengekstraksi enzim-enzim ekstraseluler dari bahan organik. Proses ini mirip dengan fermentasi kompos, namun menghasilkan produk cair yang lebih praktis untuk digunakan (Astuti et al., 2020). Misalnya, fermentasi kulit jeruk menghasilkan ekoenzim yang kaya akan senyawa flavonoid, alkaloid, kuinon, dan saponin. Selain itu, enzim seperti amilase, protease, dan lipase juga ditemukan dalam filtrat ekoenzim. Filtrat ini berpotensi digunakan sebagai pembersih lantai, peralatan dapur, dan untuk keperluan berkebun.

Ekoenzim juga dapat diterapkan dalam bidang perikanan secara efektif (Astuti et al., 2020). Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk mengedukasi para siswa SMA Pionir Nusantara Bekasi-Propinsi Jawa Barat mengenai pemanfaatan ekoenzim serta cara pembuatannya melalui pengolahan sampah organik rumah tangga/sekolah.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan atas permintaan pihak SMA Pionir Nusantara, Bekasi, Jawa Barat, yang mengajukan kebutuhan untuk mendapatkan edukasi mengenai pembuatan dan pemanfaatan ekoenzim bagi seluruh sivitas akademika sekolah. Permintaan tersebut didasari oleh meningkatnya kesadaran pihak sekolah terhadap pentingnya pengelolaan limbah organik yang selama ini menjadi permasalahan lingkungan di kawasan pendidikan. Selain itu, sekolah berkomitmen untuk menumbuhkan budaya peduli lingkungan dengan memberikan pembelajaran kontekstual kepada siswa, guru, dan tenaga kependidikan. Topik ekoenzim dipilih karena memiliki relevansi yang tinggi dengan isu keberlanjutan lingkungan serta menawarkan manfaat praktis dalam bidang kebersihan, pertanian, dan kesehatan ekosistem sekolah.

Sebelum kegiatan dilaksanakan, dilakukan koordinasi dan diskusi intensif antara tim pengabdian dan pihak sekolah. Pembahasan mencakup perumusan tujuan pembelajaran, metode penyampaian materi, serta strategi pelibatan peserta agar proses edukasi berlangsung interaktif. Tim pengabdian juga menyiapkan bahan ajar pendukung, seperti penjelasan ilmiah mengenai proses fermentasi dalam pembuatan ekoenzim dan panduan teknis untuk praktik langsung. Selain itu, dilakukan pengecekan kesiapan sarana dan prasarana, termasuk ketersediaan bahan baku, peralatan fermentasi, serta ruang pelatihan. Perencanaan yang matang ini bertujuan memastikan kegiatan berjalan efektif dan mampu memberikan pemahaman menyeluruh kepada peserta.

Sebagai bagian dari tahap persiapan, narasumber terlebih dahulu melakukan proses pembuatan ekoenzim sebelum kegiatan utama dilaksanakan. Hal ini dilakukan karena proses fermentasi membutuhkan waktu tertentu agar produk yang dihasilkan matang dan siap digunakan. Ekoenzim yang telah siap kemudian dibawa ke lokasi kegiatan sebagai contoh nyata hasil fermentasi. Dengan demikian, peserta tidak hanya menerima penjelasan teoritis, tetapi juga dapat melihat, mencoba, dan memahami hasil akhir dari proses pembuatan ekoenzim secara langsung. Produk tersebut juga dibagikan kepada peserta agar dapat dimanfaatkan di lingkungan sekolah maupun di rumah masing-masing, sekaligus menjadi sarana edukatif untuk penerapan praktik ramah lingkungan secara berkelanjutan.

Kegiatan dilaksanakan melalui koordinasi bersama antara tim pengabdian dan pihak sekolah. Melalui komunikasi yang intensif, disepakati waktu, tempat, dan teknis pelaksanaan kegiatan edukasi. Acara dilaksanakan pada 13 Juni 2025 pukul 09.00 WIB di lingkungan SMA Pionir Nusantara, Bekasi. Fokus utama kegiatan adalah memberikan pemahaman teoritis dan keterampilan praktis mengenai proses pembuatan ekoenzim serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Materi pelatihan dirancang agar peserta dapat menerapkannya secara langsung di rumah maupun di lingkungan sekolah.

Seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan, seperti gula merah, sisa buah dan sayuran, serta wadah fermentasi, disiapkan secara lengkap oleh tim pengabdian. Sementara itu, pihak sekolah bertanggung jawab atas penyediaan tempat kegiatan, pengaturan peserta, dan dukungan fasilitas lainnya. Pembagian peran yang jelas antara kedua pihak menciptakan koordinasi yang efektif dan memastikan kegiatan berjalan lancar. Sinergi ini menjadi kunci dalam menciptakan suasana pembelajaran yang kondusif dan partisipatif.

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan sesi pembukaan dan perkenalan antara narasumber dan pihak sekolah untuk membangun komunikasi yang hangat sekaligus menjelaskan tujuan kegiatan. Setelah itu, narasumber memberikan materi pengantar mengenai konsep dasar ekoenzim, termasuk definisi, prinsip ilmiah fermentasi, serta jenis-jenis limbah organik yang dapat digunakan, seperti kulit buah, sayuran, dan limbah dapur. Penjelasan ilmiah disampaikan secara sistematis, mencakup peran mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik hingga terbentuknya cairan ekoenzim yang memiliki berbagai manfaat ekologis dan ekonomis.

Tahap berikutnya adalah demonstrasi pembuatan ekoenzim yang melibatkan peserta secara langsung. Narasumber menjelaskan tahapan-tahapan penting, mulai dari pemilihan bahan baku, proporsi pencampuran antara gula, air, dan limbah organik, hingga teknik fermentasi yang benar. Ditekankan pula pentingnya menjaga kebersihan wadah dan bahan selama proses pembuatan agar hasil fermentasi berkualitas baik. Selama kegiatan berlangsung, peserta berkesempatan untuk bertanya, berdiskusi, dan mencoba secara mandiri di bawah bimbingan narasumber.

Selain memaparkan proses pembuatannya, narasumber juga menjelaskan berbagai aplikasi ekoenzim dalam kehidupan sehari-hari, seperti penggunaannya sebagai pembersih alami, pengusir serangga, serta pupuk cair organik bagi tanaman. Penjelasan ini disertai contoh penerapan nyata baik di rumah tangga maupun di lingkungan sekolah. Melalui kegiatan edukasi ini, peserta diharapkan tidak hanya memahami konsep dan teknik pembuatan ekoenzim, tetapi juga mampu menerapkannya secara mandiri untuk mendukung pengelolaan sampah organik berkelanjutan di lingkungan masing-masing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini melibatkan kolaborasi dua perguruan tinggi terkemuka, yakni Universitas Pertahanan dan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya (Gambar 1). Kolaborasi tersebut bertujuan untuk mengintegrasikan keahlian dan perspektif multidisipliner dari kedua institusi agar materi edukasi yang diberikan lebih komprehensif, mendalam, dan aplikatif. Narasumber dari Universitas Pertahanan berkontribusi dalam penyampaian topik terkait keberlanjutan lingkungan, ketahanan ekosistem, serta penerapan praktis pembuatan ekoenzim di tingkat rumah tangga maupun sekolah. Sementara itu, tim dari Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya memperkaya kegiatan dengan penjelasan ilmiah mengenai peran mikroorganisme dalam proses fermentasi serta prinsip biokimia yang mendasarinya. Sinergi keilmuan ini memungkinkan peserta memperoleh pemahaman yang menyeluruh, mulai dari dasar teoretis hingga implementasi nyata di lapangan. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya bersifat informatif tetapi juga inspiratif, mendorong sivitas akademika untuk lebih aktif berperan dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Kegiatan edukasi di SMA Pionir Nusantara, Bekasi, terlaksana dengan baik dan mendapat respons positif dari seluruh peserta. Fokus utama kegiatan adalah pemanfaatan limbah organik dari lingkungan rumah tangga dan sekolah untuk diolah menjadi ekoenzim yang ramah lingkungan. Edukasi disampaikan secara bertahap, dimulai dari pengenalan konsep ekoenzim, manfaat ekologis dan ekonomisnya, hingga praktik teknis pembuatannya. Kegiatan ini diikuti oleh 40 siswa perwakilan dari berbagai tingkat kelas, didampingi oleh guru, kepala sekolah, ketua yayasan, dan tenaga kependidikan lainnya. Para peserta menunjukkan antusiasme tinggi dengan aktif bertanya dan berpartisipasi langsung dalam kegiatan praktik. Suasana pelatihan yang kolaboratif menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan dan interaktif. Melalui kegiatan ini, terbentuk kesadaran kolektif mengenai pentingnya pengelolaan limbah organik secara bijak sebagai upaya menjaga keberlanjutan lingkungan sekolah dan rumah tangga.



Gambar 1. Poster kolaborasi antara Universitas Pertahanan dan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dalam sosialisasi edukasi pemanfaatan ekoenzim di SMA Pionir Nusantara, Bekasi

Setelah sesi pembukaan dan perkenalan, narasumber memberikan penjelasan ilmiah mengenai peran mikroorganisme dalam proses pembentukan ekoenzim. Materi disajikan menggunakan presentasi visual yang memuat ilustrasi dan data pendukung untuk mempermudah pemahaman peserta (Gambar 2). Penjelasan tersebut mencakup prinsip fermentasi, jenis bahan organik yang dapat digunakan, serta kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Peserta terlihat sangat antusias, ditunjukkan dengan banyaknya pertanyaan yang diajukan terkait mekanisme fermentasi dan potensi pemanfaatan ekoenzim di kehidupan sehari-hari. Selain itu, narasumber juga memberikan tips praktis agar proses pembuatan ekoenzim dapat dilakukan dengan mudah dan efisien di rumah atau sekolah.



Gambar 2. Salah satu slide presentasi edukasi pembuatan dan pemanfaatan ekoenzim dari limbah organik di SMA Pionir Nusantara, Bekasi, Jawa Barat

Tahap berikutnya adalah pelatihan teknis pembuatan ekoenzim (Gambar 3). Pada sesi ini, narasumber menjelaskan komposisi bahan dasar dan tahapan fermentasi secara rinci. Bahan yang digunakan meliputi 3 kg sampah organik segar (buah atau sayuran), 1 kg gula merah tebu, dan 10liter air tanah yang bebas dari bahan kimia seperti kaporit. Seluruh bahan

dicampur dalam wadah tertutup (ember plastik atau galon air mineral bekas) untuk difermentasi selama beberapa bulan. Narasumber menekankan pentingnya menjaga kebersihan wadah dan bahan untuk mencegah kontaminasi mikroba patogen serta memastikan kualitas ekoenzim yang dihasilkan. Gula merah berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme fermentatif, sedangkan air tanah berperan menjaga kondisi alami yang mendukung aktivitas biologis. Penjelasan ini membantu peserta memahami prinsip dasar bioteknologi sederhana dalam pengolahan limbah organik.



Gambar 3. Proses penutupan wadah fermentasi ekoenzim oleh peserta pelatihan

Kegiatan dilanjutkan dengan sesi diskusi dan tanya jawab yang berlangsung secara interaktif. Peserta mengajukan berbagai pertanyaan mengenai variasi bahan yang dapat digunakan, durasi fermentasi optimal, hingga alternatif pengganti gula merah atau air tanah. Narasumber memberikan jawaban secara aplikatif dengan menekankan bahwa prinsip utama dalam pembuatan ekoenzim adalah menjaga keseimbangan antara bahan organik, air, dan sumber karbon (gula). Penjelasan juga disertai contoh kasus umum, seperti munculnya bau menyengat atau jamur berlebih selama fermentasi, beserta solusinya. Diskusi berjalan dinamis dengan partisipasi aktif dari guru dan staf sekolah, menunjukkan bahwa kegiatan ini berhasil membangun lingkungan belajar yang kolaboratif dan partisipatif.

Setelah sesi praktik, narasumber menampilkan contoh ekoenzim yang telah melalui proses fermentasi sempurna (Gambar 4). Produk ekoenzim tersebut memiliki warna jernih, aroma khas, dan tidak mengandung kotoran, menunjukkan hasil fermentasi yang berhasil. Narasumber menjelaskan bahwa produk tersebut dapat digunakan sebagai pembersih alami, pupuk cair organik, dan bahan pengendali limbah ramah lingkungan. Peserta diajak membandingkan antara ekoenzim yang masih dalam proses fermentasi dan yang sudah siap digunakan untuk memahami perubahan fisik dan kimia yang terjadi selama proses berlangsung. Demonstrasi ini memperkuat pemahaman peserta tentang keterkaitan antara teori dan praktik biokonversi limbah organik menjadi produk bermanfaat.

Kegiatan diakhiri dengan sesi penutupan yang diisi dengan sambutan dari panitia dan pihak sekolah. Dalam sambutannya, panitia menyampaikan apresiasi kepada narasumber atas kontribusi ilmiah dan inspiratif yang telah diberikan serta kepada peserta atas antusiasme dan keterlibatan aktif mereka. Beberapa peserta juga menyampaikan kesan positif dan menyatakan bahwa kegiatan ini memberikan wawasan baru mengenai pengelolaan limbah organik yang aplikatif dan ramah lingkungan. Acara ditutup dengan sesi foto bersama sebagai bentuk dokumentasi dan simbol keberhasilan pelaksanaan kegiatan. Suasana hangat dan penuh semangat tersebut mencerminkan keberhasilan kegiatan dalam menumbuhkan kesadaran ekologis serta mendorong penerapan praktik berkelanjutan di lingkungan pendidikan.



Gambar 4. Penyerahan ekoenzim siap pakai kepada pihak SMA Pionir Nusantara, Bekasi, Jawa Barat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai edukasi dan pelatihan pembuatan ekoenzim dari limbah organik di SMA Pionir Nusantara, Bekasi, telah terlaksana dengan baik dan mencapai tujuan yang diharapkan. Melalui kolaborasi antara Universitas Pertahanan dan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, kegiatan ini berhasil mengintegrasikan aspek ilmiah dan praktis dalam upaya meningkatkan kesadaran ekologis di lingkungan pendidikan. Peserta memperoleh pengetahuan komprehensif mengenai prinsip ilmiah di balik proses fermentasi ekoenzim, sekaligus keterampilan teknis dalam pembuatannya. Antusiasme dan partisipasi aktif dari siswa, guru, serta tenaga kependidikan menunjukkan bahwa pendekatan edukatif berbasis praktik langsung efektif dalam menumbuhkan kepedulian dan tanggung jawab terhadap pengelolaan limbah organik.

Kegiatan ini juga memberikan dampak positif dalam memperkuat budaya sekolah yang berwawasan lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah organik menjadi produk bermanfaat seperti ekoenzim, sivitas akademika sekolah dapat berkontribusi nyata dalam pengurangan volume sampah serta mendukung upaya pelestarian lingkungan berkelanjutan. Selain itu, keterlibatan aktif pihak sekolah dan narasumber dalam perencanaan hingga pelaksanaan kegiatan mencerminkan model kolaborasi yang efektif antara institusi pendidikan menengah dan perguruan tinggi.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer ilmu pengetahuan, tetapi juga sebagai wahana pembentukan karakter dan perilaku ramah lingkungan di kalangan peserta. Diharapkan, kegiatan serupa dapat terus dikembangkan dan direplikasi di sekolah lain agar semakin banyak komunitas pendidikan yang berperan aktif dalam mendukung gerakan pengelolaan limbah organik berbasis ekoenzim menuju lingkungan yang bersih, sehat, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan pendanaan dan kolaborasi antara Universitas Pertahanan dan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya. Sinergi kedua institusi tersebut tidak hanya memberikan dukungan finansial, tetapi juga kontribusi keilmuan dan tenaga ahli yang berperan penting dalam keberhasilan pelaksanaan kegiatan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMA Pionir Nusantara, Bekasi, Jawa Barat, atas kerja sama dan partisipasi aktif seluruh guru, siswa, serta tenaga kependidikan yang telah mendukung terlaksananya program edukasi dan pelatihan pembuatan ekoenzim ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R., N. S. Mulyani, & Prasetyo, D. (2020). "Pemanfaatan ekoenzim dalam pengelolaan limbah rumah tangga untuk mendukung lingkungan berkelanjutan." *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat* 4 (2): 115–122.
- Dhiman, S. (2017). "Eco-enzyme-a perfect house-hold organic cleanser." *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences* 5 (11): 19–23.
- Jambeck, J. R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. & Andrady, I. (2015). "Plastic waste inputs from land into the ocean." *Science* 347 (6223): 768–771.
- Juniartini, N. N. (2020). "Analisis timbulan sampah dan strategi pengelolaannya di Indonesia." *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan* 8 (1): 45–54.
- Kerkar, S. S., & Salvi, S. S. (2020). "Application of eco-enzyme for domestic waste water treatment." *International Journal for Research in Engineering Application and Management* 5 (11): 114–116.
- Megah, A. N., B. Prasetya, & Hariani, P. L. (2018). "Pembuatan ekoenzim sebagai alternatif pengolahan limbah organik rumah tangga." *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* 10 (2): 71–78.
- Prabekti, R. (2020). "Manajemen pengelolaan sampah terpadu berbasis masyarakat." *Jurnal Pengelolaan Lingkungan* 5 (1): 34–42.
- Rasit, N., L. Hwe Fern, & Ab Karim Ghani, W. A. W. (2019). "Production and characterization of eco enzyme produced from tomato and orange wastes and its influence on the aquaculture sludge." *International Journal of Civil Engineering and Technology* 10 (3).
- Sujarwo, T., W. Lestari, & Widodo, A. (2014). "Pengelolaan sampah organik untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat." *Jurnal Ekologi dan Konservasi* 3 (2): 89–97.
- Tang, F. E., & Tong, C. W. (2011). "A study of the garbage enzyme's effects in domestic wastewater." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 60: 1146–1148.
- Verma, D., A. N. Singh, & Shukla, A. K. (2019). "Use of garbage enzyme for treatment of waste water." *International Journal of Scientific Research and Review* 7 (7): 201–205.