



Edukasi Dan Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Organik Bagi Siswa SMPN 48 Samarinda

Gina Riska Yaret¹, Muhammad Alvin Irfansyah², Rhizma³, Amalia Rahmatul Jannah⁴, Tiara Siska Amelia⁵, Cahya Puteri Maulidya⁶, Sainal A^{6*}, Suprayitna⁷

¹*Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

²*Program Studi Bimbingan dan Konseling, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

³*Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

⁴*Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

⁵*Program Studi Pendidikan Jasmani, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

⁶*Program Studi Pendidikan Sejarah, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia*

⁷*SMP Negeri 48 Samarinda, Indonesia*

Email: sainal@fkip.unmul.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan limbah organik yang belum optimal di lingkungan sekolah mendorong diperlukannya inovasi edukasi berbasis pengalaman langsung. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mengurangi alur sosialisasi, praktik, dan pendampingan pembuatan *Eco-enzyme* serta memotret pengalaman belajar nyata siswa kelas VIII A SMPN 48 Samarinda dalam mengolah sampah organik. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif berbasis partisipatif melalui lima tahapan utama, yakni persiapan, edukasi, pembagian kelompok, praktik pembuatan, dan penutup. Bahan utama berupa air, gula merah, serta sisa kulit buah dan sayuran difermentasi dengan rasio 10:1:3 selama kurun waktu tiga bulan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi partisipatif dan dokumentasi yang dianalisis secara deskriptif. Hasil kegiatan menunjukkan terjadinya peningkatan pemahaman kognitif dan keterampilan praktis siswa, yang ditunjukkan oleh kemampuan memilah bahan baku, mengeksekusi prosedur pembuatan secara tepat, serta menumbuhkan kesadaran ekologis dan kerja sama kelompok. Kegiatan ini berhasil memberikan pengalaman konkret bagi siswa dalam mengonversi limbah organik menjadi produk berdaya guna. Diharapkan sekolah dapat memelihara keberlanjutan kebiasaan pemilahan sampah ini melalui monitoring fermentasi dan pemanfaatan hasil *Eco-enzyme* secara berkala.

Kata Kunci: *Eco-enzyme*, Pengelolaan Limbah Organik, Edukasi Lingkungan, Pembelajaran Partisipatif

ABSTRACT

Organic waste management in schools is often suboptimal. This gap calls for hands-on educational innovation. This community service project introduced Eco-enzyme production to Grade VIII A students at SMPN 48 Samarinda. The team delivered socialization, practical training, and mentoring, then documented students' actual learning experiences. The study used a participatory qualitative descriptive method. The method followed five stages: preparation, education, group

division, practical production, and closing. Students fermented water, brown sugar, and fruit and vegetable scraps at a 10:1:3 ratio for three months. The team collected data through participatory observation and documentation and analyzed the data descriptively. Results show measurable gains in students' cognitive understanding and practical skills. Students sorted raw materials correctly, executed each production step accurately, and developed ecological awareness while working effectively in teams. The project gave students direct experience in converting organic waste into a useful product. The school should sustain this waste-sorting practice. Regular fermentation monitoring and periodic Eco-enzyme use will support this goal.

Keywords: *Eco-enzyme, Organic Waste Management, Enviromental Education, Participatory Learning*

PENDAHULUAN

Masalah lingkungan akibat penanganan limbah yang belum optimal terus menjadi perhatian dalam kehidupan sehari-hari, khususnya di lingkungan persekolahan. Aktivitas harian menghasilkan berbagai jenis buangan, termasuk limbah organik berupa sisa pangan, sisa sayuran dan kulit buah yang masih sering dibuang tanpa pengolahan lanjutan. Kondisi tersebut tidak terlepas dari besarnya volume limbah serta kebiasaan masyarakat yang belum terbiasa melakukan pemilahan dan pemanfaatan limbah sejak dari sumbernya begitupun dengan peserta didik yang ada di sekolah. Penangan limbah seharusnya tidak hanya berorientasi pada pembuangan akhir, tetapi juga diarahkan pada upaya pengurangan dan pemanfaatan kembali material yang masih memiliki nilai guna. Samadikun et al. (2023) menunjukkan bahwa pengelolaan sampah organik di Indonesia masih menghadapi berbagai persoalan. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah pengolahan limbah organik menjadi *Eco-enzyme*. Budiyanto et al. (2022) juga menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi dan pelatihan dapat memperkenalkan pemanfaatan sampah organik menjadi *Eco-enzyme* kepada masyarakat, termasuk peserta didik.

Permasalahan pengelolaan limbah tersebut berkaitan dengan aspek edukasi lingkungan. Pendidikan lingkungan berperan dalam memberikan pemahaman mengenai permasalahan ekologis sekaligus mendorong peserta didik untuk memiliki kepekaan, sikap responsif dan keterlibatan dalam tindakan nyata. Tinjauan sistematis Ardoin & Bowers (2020) menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan pada anak dapat memberikan perkembangan pada aspek kognitif dan efektif, terutama ketika pembelajaran memberikan pengalaman yang dekat dengan lingkungan peserta didik. Dalam konteks persekolahan, edukasi lingkungan dapat menjadi sarana bagi siswa untuk memahami permasalahan di sekitar mereka secara konkret melalui kegiatan yang menghubungkan pengetahuan dengan pengalaman langsung. Dengan demikian, edukasi mengenai pemanfaatan sampah organik tidak hanya ditempatkan sebagai pengetahuan teoritis, tetapi juga dapat diwujudkan melalui kegiatan praktis yang memungkinkan peserta didik mengamati dan menerapkan proses pengolahan limbah secara langsung.

Salah satu bentuk penerapan tersebut adalah pemanfaatan sisa material organik menjadi cairan hasil fermentasi yang dikenal sebagai *Eco-enzyme*. *Eco-enzyme* dibuat melalui proses fermentasi bahan organik, seperti sisa sayuran dan kulit buah, dengan bahan pendukung tertentu dalam jangka waktu kurang lebih tiga bulan (Budiyanto et al., 2022). Budiyanto et al. (2022) menjelaskan bahwa sampah organik dapat diolah menjadi *Eco-enzyme* yang memiliki berbagai pemanfaatan, termasuk dalam pemeliharaan tanaman. Samadikun et al. (2023) juga menunjukkan bahwa kulit buah dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam produksi *Eco-enzyme* sebagai salah satu bentuk pengelolaan sampah organik.

Karakteristik dan kualitas *Eco-enzyme* yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh jenis serta komposisi bahan baku yang digunakan selama proses fermentasi. Oleh karena itu, pengenalan proses pembuatan *Eco-enzyme* kepada peserta didik dapat menjadi bentuk pembelajaran yang menghubungkan konsep pengelolaan limbah dengan pengalaman empiris melalui kegiatan pengamatan dan praktik. Penerapan *Eco-enzyme* dalam pembelajaran di sekolah juga telah dilakukan melalui berbagai kegiatan pengabdian kepada masyarakat oleh peneliti terdahulu. Dalam penelitian Riyanta et al. (2023) menunjukkan bahwa pelatihan *Eco-enzyme* kepada siswa SMAN 1 Larangan dapat digunakan untuk mengenalkan pengolahan limbah organik kepada peserta didik. Amananti et al. (2024) juga melaksanakan pelatihan pengolahan limbah kulit jeruk menjadi *Eco-enzyme* bagi peserta didik sekolah menengah.

Selain itu, Agustina et al. (2024a) melaksanakan workshop pembuatan *Eco-enzyme* di sekolah dengan melibatkan guru dan peserta didik melalui perpaduan pemberian materi mengenai pengelolaan sampah organik dan praktik pembuatan *Eco-enzyme* berbahan limbah buah serta sisa sayuran. Supriyanto et al. (2023) juga melakukan pendampingan pembuatan *Eco-enzyme* kepada peserta didik SMA melalui tahapan persiapan, pelaksanaan, evaluasi, dan monitoring. Berbagai kegiatan tersebut menunjukkan bahwa edukasi pengelolaan sampah organik melalui *Eco-enzyme* dapat diterapkan dengan pendekatan praktis dan partisipatif serta memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara langsung dalam proses pengolahan limbah.

Meskipun demikian, penelitian dan kegiatan pengabdian terdahulu mengenai edukasi dan pelatihan *Eco-enzyme* di lingkungan sekolah umumnya lebih banyak menempatkan keberhasilan program pada perubahan tingkat pengetahuan, penguasaan keterampilan teknis, hasil evaluasi, maupun tingkat kepuasan peserta didik. Pendekatan tersebut penting untuk mengetahui capaian program, tetapi belum sepenuhnya menggambarkan bagaimana proses belajar dan pengalaman peserta didik terbentuk selama mengikuti kegiatan pengolahan limbah organik. Dengan kata lain, masih terdapat kekosongan ruang untuk mengkaji kegiatan *Eco-enzyme* tidak hanya berdasarkan dari hasil sebelum dan sesudah intervensi, tetapi juga berdasarkan dengan dinamika peserta didik ketika mengenali, memilah, memahami, dan mempraktikkan pengolahan limbah organik secara langsung.

Kajian kualitatif mengenai literasi lingkungan berbasis *Eco-enzyme* yang telah dilakukan oleh (Fiddien et al., 2025) menunjukkan bahwa program pengolahan sampah organik berbasis *Eco-enzyme* dapat dipahami melalui tahapan pendekatan, persiapan, pelaksanaan, evaluasi, motivasi, dan pengembangan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa kegiatan lingkungan dapat dikaji sebagai suatu proses bertahap yang mencakup pengalaman langsung, tindakan nyata, serta pembentukan pemahaman peserta terhadap pengelolaan lingkungan. Sehingga celah tersebut menjadi salah satu dasar penting untuk mengkaji proses pembelajaran dan pengalaman peserta didik selama mengikuti kegiatan edukasi dan praktik mengenai pengolahan limbah organik menjadi *Eco-enzyme*. Berdasarkan uraian tersebut, program edukasi dan pelatihan pengolahan limbah organik menjadi pupuk *Eco-enzyme* diterapkan kepada peserta didik SMP Negeri 48 Samarinda dalam memahami dan menciptakan lingkungan sekolah yang nyaman, aman dan menciptakan rasa tanggung jawab serta kepedulian yang tinggi.

Program ini meliputi pemetaan jenis limbah organik yang dapat dimanfaatkan, penyiapan alat dan bahan pendukung, pengenalan tahapan fermentasi *Eco-enzyme* yang harus dilewati, serta pendampingan praktik secara langsung di lingkungan sekolah. Penelitian ini beryujuan untuk menguraikan proses pelaksanaan sosialisasi, praktik, dan pendampingan pembuatan pupuk *Eco-enzyme* sekaligus

menggambarkan pengalaman belajar sevara nyata kepada peserta didik dalam memilah dan memanfaatkan kembali limbah organik. Secara teoritis, penelitian ini memberikan gambaran mengenai penerapan pembelajaran lingkungan berbasis dengan pengalaman langsung dalam konteks pengelolaan sampah organik di sekolah, terutama sisa-sisa makanan yang diberikan oleh program Makan Bergizi Gratis. Secara praktis, kegiatan ini dapat menjadi alternatif proses pembelajaran dengan model edukasi lingkungan yang menjebatani pemahaman konseptual mengenai sampah dengan pengalaman langsung dalam mengolah limbah organik yang terdapat di lingkungan peserta didik.

METODE

Bagian ini menjelaskan rancangan dan alur pelaksanaan program pengabdian masyarakat secara sistematis.

1. Lokasi dan Peserta kegiatan

SMP Negeri 48 Samarinda dipilih sebagai lokasi pelaksanaan pengabdian. Program ini ditujukan pada siswa kelas VIII A sebagai peserta utama. Tim pengabdi mempertimbangkan bahwa kelas VIII memiliki kemampuan kognitif dan motorik yang memadai. Mereka mampu mengikuti penyampaian materi teori sekaligus melakukan praktik secara langsung. Kegiatan ini berfokus pada upaya mengenalkan teknik pengolahan limbah organik. Peserta didik memproduksi *Eco-enzyme* menggunakan sisa kulit buah dan sayuran. Peserta mengumpulkan bahan baku secara berkelompok (Agustina et al., 2024)

2. Pendekatan dan Metode Pelaksanaan

Kegiatan ini menerapkan desain kualitatif deskriptif berbasis partisipatif. Metode ini merekam seluruh proses pelatihan dan tingkat keterlibatan siswa secara menyeluruh. Pendekatan partisipatif menempatkan peserta didik untuk terjun langsung ke dalam setiap sesi pembelajaran. Tim pengabdi tidak hanya memaparkan informasi teoritis tetapi juga memberikan ruang bagi peserta didik untuk terjun langsung pada semua tahapan produksi *Eco-enzyme*. Kegiatan ini mengkombinasikan metode edukasi, peragaan, dan praktik nyata. Rangkaian metode ini membekali peserta didik dengan pemahaman dasar yang kuat. Peserta menerima teori sebelum mereka memulai sesi praktik. Penerapan model pembelajaran praktik langsung sangat relevan untuk pelatihan *Eco-enzyme* di institusi pendidikan. Metode ini terbukti mampu memberikan pengalaman secara langsung bagi siswa dalam memanfaatkan limbah organik.

3. Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Rangkaian kegiatan terbagi ke dalam lima tahap utama. Tahapan tersebut meliputi persiapan, edukasi, pembagian kelompok, praktik pembuatan *Eco-enzyme*, dan penutup. Tim pengabdi mendampingi setiap kelompok untuk memastikan prosedur kerja berjalan dengan benar. Praktik langsung ini memberikan pengalaman teknis bagi siswa dalam mendaur ulang limbah organik. Kegiatan diakhiri dengan perumusan kesimpulan. Salah satu perwakilan siswa menyampaikan poin penting yang telah dipelajari. Tim pengabdi juga menjelaskan proses biokimia yang akan terjadi di dalam wadah fermentasi selama beberapa bulan ke depan. (Organik et al., 2025)

4. Prosedur Pembuatan Eco-Enzyme

Bahan utama yang digunakan meliputi air bersih, gula merah, serta sisa limbah organik berupa kulit buah dan sayuran segar dengan rasio perbandingan 10: 1: 3. Peralatan pendukung yang disiapkan terdiri atas wadah fermentasi berbahan plastik kedap udara, pisasu, dan timbangan digital.

Proses pembuatan diawali dengan menuangkan air bersih ke dalam wadah fermentasi. Kemudian peserta memasukkan gula merah ke dalam air lalu mengaduknya hingga larut sempurna. Peserta

kemudian mencampurkan sisa kulit buah dan sayur yang sudah dipotong menjadi kecil ke dalam wadah. Setelah semua bahan menyatu, peserta menutup rapat wadah tersebut dan menempelkan label tanggal pembuatan.

Campuran bahan melalui proses fermentasi selama kurang lebih tiga bulan. Pada minggu pertama, peserta wajib membuka tutup wadah secara berkala setiap hari untuk membuang penumpukan gas (Marjenah et al., 2024). Setelah masa fermentasi selesai, cairan *Eco-enzyme* siap dimanfaatkan. Tim pengabdi mendampingi seluruh proses ini agar peserta didik dapat memahami alur pengolahan limbah organik dari awal hingga akhir.

5. Teknik Pengumpulan Data

Tim pengabdi mengumpulkan data kegiatan melalui observasi langsung dan dokumentasi. Observasi berfokus pada tingkat partisipasi peserta didik selama sesi teori dan praktik. Aspek pengamatan meliputi keaktifan peserta didik, kemampuan memahami instruksi, kerja sama tim, serta keterlibatan dalam proses pembuatan *Eco-enzyme*. Dokumentasi mencatat seluruh alur kegiatan dari persiapan, pemaparan materi, pembagian kelompok, praktik langsung, hingga penutupan.

Tim pengabdi menganalisis data observasi dan dokumentasi secara deskriptif. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan catatan lapangan, mengidentifikasi keaktifan peserta, dan menggambarkan pelaksanaan pelatihan secara sistematis. Hasil analisis menyajikan gambaran utuh mengenai efektivitas edukasi dan praktik pembuatan *Eco-enzyme* di sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan proses perubahan limbah organik menjadi cairan *Eco-enzyme* yang bertujuan untuk memberikan edukasi praktis mengenai manajemen sampah yang ramah lingkungan kepada peserta didik. Kegiatan ini diawali dengan mengkoordinasi sistem perizinan secara terencana bersama dengan pihak sekolah serta guru wali kelas VIII-A SMP Negeri 48 Samarinda

1. Pelaksanaan pendampingan dan Tahapan Pratik

Fase awal pendampingan dimulai dari sosialisasi dan konsolidasi dengan pihak guru yang berada di sekolah tersebut selama tiga hari sebelum pelaksanaan. Tim pengabdi memberikan arahan teknik mengenai sistem pembagian kelompok kerja serta penugasan membawa sisa bahan organik dari sisa-sisa limbah (Makan Bergizi Gizi Gratis). Peserta didik di arahkan untuk mengenali dan memilih jenis sisa sayuran maupun kulit buah yang masih segar dan layak untuk diproses. Pengondisian awal terbukti efektif memantik rasa keingin tahuan para peserta didik mengenai cara mengubah sisa makanan harian atau limbah organik menjadi produk yang bernilai guna dengan lebih baik.



Gambar 1. Pembagian kelompok kerja

Pembagian kelompok digunakan untuk mempermudah peserta didik untuk memilih dan memilah limbah organik yang akan menjadi bahan praktik pembuatan Eco-enzyme

Dalam (Rangkuti et al., 2022) menjelaskan bahwa produk *Eco-enzyme* sebagai pupuk hayati memiliki keunggulan komparatif dibandingkan pembenah tanah konvensional seperti pupuk kandang atau kompos padat. Wujud cairannya memberikan kepraktisan tinggi pada saat diberikan arahan dan diaplikasikan di lapangan. Dalam bentuk cair, nutrisi pada *Eco-enzyme* diserap secara cepat oleh jaringan tanaman sehingga mengoptimalkan asupan unsur nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Cairan *Eco-enzyme* juga memiliki kapabilitas besar untuk merehabilitasi tingkat kesuburan tanah gersang dan potensial dijadikan media tanam kembali. Hal ini terjadi karena *Eco-enzyme* mengandung konsorsium mikroorganisme dan enzim aktif yang membantu menguraikan bahan hayati atau organik di dalam tanah, mengdongkrak kandungan humus, serta memperbaiki struktur tanah untuk menopang pertumbuhan tanaman.

Pada hari pelaksanaan, acara diawali dengan adanya pemaparan materi teoritis seputar *Eco-enzyme* oleh tim pengabdian, yang dilanjutkan dengan alur persiapan bahan. Dinamika pendampingan berlanjut pada sesi peragaan teknis sebelum para peserta didik melakukan praktik secara mandiri di dalam kelompok. Setiap perwakilan kelompok mengumpulkan bahan ke meja di depan kelas sesuai dengan instruksi yang telah diberikan, sementatim mahasiswa menerangkan poin penting dalam prosedur untuk pembuatannya yang harus dilakukan.

Pola ini memberikan bentuk adanya kepastian operasional bagi peserta didik sehingga mereka memiliki gambaran kerja yang nyata dan utuh sebelum memulai tahap pembuatan.



Gambar 2. Pemaparan materi dan kebutuhan bahan pembuatan *Eco-enzyme*

Penyampaian materi sebagai landasan awal kepada peserta didik sebelum praktik berlangsung

Saat praktik dimulai, para peserta didik diinstruksikan maju ke depan kelas untuk menyiapkan seluruh bahan. Langkah awal yang dilakukan yaitu dengan memasukkan air bersih sebanyak 1 liter ke dalam botol bekas berukuran 1,5 liter yang telah disediakan. Air berperan sebagai bentuk dari media pelarut utama sekaligus tempat berlangsungnya reaksi fermentasi biokimia. Penggunaan air bersih bertujuan untuk meminimalkan risiko masuknya polutan eksternal atau disebut sebagai mikroorganisme kontaminan yang dapat merusak bioproses fermentasi yang dilakukan oleh air dengan campuran bahan-bahan yang telah disiapkan.



Gambar 3. Proses pembagian atau takaran kepada masing-masing kelompok

Pembagian gula merah kepada peserta didik sesuai dengan kebutuhan dan takaran yang sudah ditentukan serta pembagian merata di setiap kelompok

Langkah berikutnya, peserta didik memasukkan gula merah sebanyak 100 gram ke dalam botol yang telah berisi dengan air. Gula merah bertindak sebagai bentuk dari sumber karbon dan nutrisi utama bagi populasi mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung. Ketersediaan gula merah sangat penting karena mikroba memanfaatkannya sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas metabolisme seluler, gula merah juga membantu menyediakan substrat esensial yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam merombak bahan hayati di dalam pembuatan *Eco-enzyme*.

Setelah gula merah dimasukan, peserta didik menutup botol lalu mengocoknya hingga seluruh pecahan gula yang telah dimasukan kedalam botol terlarut dengan sempurna di dalam air tersebut. Pengocokan ini dilakukan agar konsentrasi gula terdistribusi secara merata dengan baik, sehingga mikroorganisme memperoleh sumber makanan yang tersebar homogen. Pelarutan substrat gula sebelum penyertaan limbah organik juga bertujuan menghasilkan campuran yang sama dan mempermudah bioproses fermentasi pada tahap selanjutnya.

Setelah gula merah terlarut dengan sempurna, peserta didik memasukan sisa limbah organik yang telah di siapakan maupun dipotong menjadi beberapa bagian-bagian kecil kedalam botol. Jenis limbah hayati yang dipakai bersal dari sisa bahan harian yang telah dibawa oleh peserta didik, dianta lain kulit mentimun, kulit pisang, kulit semangka, serta sisa sayuran seperti bayam dan kangkung. Pemotongan bahan hayati menjadi brntuk dari partikel kecil bertujuan mempermudah penanganan fisik saat memasukkan bahan ke dalam leher botol yang telah disediakan, ukuran limbah organik yang lebih kecil juga memperluas area perombahan sehingga memudahkan untuk mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik selama masa fermentasi berlangsung.



Gambar 4. Pelaksanaan atau prakrik pembuatan *Eco-enzyme*

Pelaksanaan pembuatan Eco-enzyme kepada seluruh kelompok yang telah di bagi dan ditentukan sesuai dengan takaran yang ditentukan

Selanjutnya, peserta didik memutar tutup botol hingga rapat untuk mengisolasi bahan di dalam wadah serta mencegah masuknya kototan atau kontaminasi dari lingkungan luar yang dapat mengganggu proses fermentasi. Penutupan yang rapat ini berfungsi untuk mempertahankan kondisi lingkungan mikro fermentasi di dalam botol yang sudah berisi dengan berbagai bahan. Peserta didik kemudian diminta untuk menempelkan stiker atau kertas label pada luaran botol yang memuat informasi tanggal dimulainya pembuatan *Eco-enzyme*. Tindakan pelabelan ini bertujuan untuk mempermudah pemantauan durasi fermentasi serta menentukan estimasi waktu pemanenan. Melalui pencatatan tanggal ini, peserta didik dapat mengetahui perkembanagn waktu dari bioproses yang berlangsung. Pemberian label juga menjadi bagian dari pencatatan data sederhana yang membantu peserta didik untuk memahami konversi *Eco-enzyme* yang membutuhkan durasi waktu tertentu.

Langkah berikutnya, botol larutan *Eco-enzyme* yang telah disimpan di area yang teduh dan terhindar dari adanya paparan radiasi matahari secara langsung. Penyimpanan di tempat teduh berutujuan untuk menjaga kondisi lingkungan fermentasi agar tetap stabil.paparan sinar matahari secara langsung

berpotensi meningkatkan suhu internal botol sehingga dapat mengganggu atau menghambat aktivitas organisme selama proses fermentasi berlangsung. Oleh karena itu, penyimpanan pada area yang terlindung dilakukan agar bioproses fermentasi dapat berlangsung dengan stabil dan optimal.



Gambar 5. Pemberian tanggal dan keterangan kelompok

Memberikan tanggal pembuatan Eco-enzyme

Tahap terakhir merupakan proses fermentasi biokimia yang dilakukan selama kurang lebih tiga bulan dari waktu pembuatan. Selama pemrosesan ini, mikroorganisme menggunakan gula merah sebagai sumber energi untuk merombak material organik di dalam campuran. Pada minggu pertama, tutup botol dibuka secara perlahan setiap hari untuk mengeluarkan gas yang terbentuk selama proses fermentasi berlangsung, hal ini dilakukan selama 1 minggu atau 7 hari kedepann. Gas tersebut terbentuk sebagai hasil sampingan dari aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam menguraikan bahan hayati, pengeluaran gas secara berkala pada pekan pertama dilakukan untuk mengurangi adanya penumpukan tekanan di dalam wadah. Setelah fermentasi berlangsung kurang lebih tiga bulan, cairan *Eco-enzyme* siap digunakan dan dimanfaatkan sesuai dengan kegunaannya.



Gambar 6. Tahap akhir pemantauan fermentasi *Eco-enzyme*

Pemantauan hasil perkembangan Eco-enzyme yang telah di buat dengan peserta didik

Keberhasilan edukasi pengelolaan sampah tidak hanya berdampak pada pengurangan volume limbah, tetapi membuka peluang konversi bahan buangan atau nilai yang tidak berguna menjadi bernilai ekonomi yang ramah lingkungan. Melalui kegiatan ini, peserta didik memahami bahwa tindakan kecil seperti mengolah bahan alami menjadi cairan pupuk *Eco-enzyme* memberikan dampak positif yang besar bagi komunitas lokal maupun lingkungan global, hal ini juga membuat terbentuknya rasa kepedulian yang tinggi (Qomarudin et al., 2025)

Perubahan limbah hayati atau organik menjadi larutan *Eco-enzyme* ini tidak hanya mencegah limbah terbuang tanpa makna, tetapi mendukung upaya keberlanjutan dan pelestarian lingkungan secara nyata tanpa disadari. Pemanfaatan residu limbah organik seperti kulit buah-buahan dan potongan sayur sanggup menghasilkan cairan *Eco-enzyme* yang kaya akan fungsi, mulai dari pembersih alami, perubahan mengurangi sampah, hingga pupuk cair dan pestisida hayati di bidang pertanian. Oleh karena itu, keterlibatan aktif setiap individu, keluarga, sekolah, dan masyarakat sangat penting dalam tata kelola sampah yang efektif. Gerakan ini dapat ditindak lanjuti melalui tindakan sederhana seperti pemilihan sampah, pembatasan plastik sekali pakai, serta pemrosesan residu hayati menjadi pupuk kompos atau larutan *Eco-enzyme* (Qomarudin et al., 2025).

2. Perubahan Perilaku dan Kesadaran Peserta Didik Pascapelatihan

Pelatihan pembuatan *Eco-enzyme* tidak sekedar memberikan keterampilan yang berbentuk teknis kepada peserta didik, tetapi memicu pergeseran paradigma dalam memandang limbah organik. Sebelum mengikuti pelatihan, kulit buah, sisa sayuran, dan sisa makanan cenderung dianggap sebagai bahan tidak berguna sehingga langsung dibuang. Setelah menerima pemaparan materi dan mengikuti praktik secara langsung, peserta didik mulai memahami bahwa sampah organik menyimpan potensi untuk diolah menjadi produk bernilai guna. Pergeseran pemahaman tersebut terlihat dari kemampuan peserta didik dalam mengenali bahan yang dapat dimanfaatkan, seperti kulit pisang, kulit semangka, kulit mentimun, bayam, dan kangkung.

Perkembangan pemahaman ini sangat penting mengingat sampah rumah tangga atau sisa sampah dari limbah organik makan bergizi gratis (MBG) yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran dan menurunkan kualitas lingkungan. (Utami & Hasibuan, 2023) menjelaskan bahwa limbah rumah tangga memberikan dampak buruk terhadap lingkungan hidup apabila dibuang tanpa melalui pengelolaan yang tepat. (Dewi, 2021) juga menyatakan bahwa limbah rumah tangga yang terus bertambah dan tidak ditangani secara benar berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, pengenalan pengolahan limbah organik kepada peserta didik menjadi langkah awal untuk merubah kebiasaan membuang sampah tanpa pemilahan.

Indikasi perubahan lain terlihat dari meningkatnya kesadaran peserta didik mengenai pentingnya pemilihan sampah sejak dari sumbernya. Ketika diminta membawa bahan dari rumah, peserta didik terlebih dahulu harus membedakan limbah organik yang layak dengan sampah lain yang tidak sesuai untuk bahan pembuatan *Eco-enzyme*. Aktivitas tersebut memberikan pengalaman nyata bahwa pemilihan sampah tidak hanya menjadi tanggung jawab petugas kebersihan, tetapi dapat dimulai oleh setiap individu dari lingkungan rumah dan sekolah. Taswin et al. (2023) menjelaskan bahwa kebiasaan membuang sampah sembarangan dapat menyebabkan pencemaran sehingga diperlukan upaya pengelolaan sampah yang melibatkan partisipan masyarakat.

Perubahan perilaku juga tampak dari keterlibatan aktif peserta didik selama kegiatan. Mereka memperhatikan pemaparan materi dan demonstrasi, mengajukan pertanyaan, serta mengikuti tahapan pembuatan *Eco-enzyme* bersama kelompoknya. Peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi turut menyiapkan bahan, mengukur air dan gula merah, memasukkan limbah organik, mencampurkan bahan, menutup botol, dan memberikan label tanggal pembuatan. Aktivitas tersebut menunjukkan bahwa peserta didik telah memperoleh pengalaman langsung dalam memanfaatkan kembali bahan yang sebelumnya dianggap sebagai sampah.

Kegiatan secara berkelompok turut memunculkan perilaku kerja sama dan pembagian tanggung jawab. Setiap anggota kelompok menjalankan tugas tertentu, mulai dari membawa bahan organik, memotong bahan, mengukur komposisi, hingga memastikan botol telah ditutup dan diberi label. Proses tersebut membantu peserta didik memahami bahwa keberhasilan pengelolaan lingkungan yang membutuhkan partisipasi bersama. Upaya tersebut membantu peserta didik memahami bahwa keberhasilan pengelolaan lingkungan membutuhkan partisipan bersama. Upaya pengelolaan limbah perlu dilakukan secara tersusun dan terencana dengan memperhatikan tahapan pengumpulan, pemilahan atau pembagian, pengolahan, dan pemanfaatan kembali agar risiko pencemaran dapat dikurangi (Putri et al., 2024).

Pelabelan dan penyimpanan botol juga menumbuhkan sikap disiplin serta bentuk tanggung jawab. Peserta didik memahami bahwa pembuatan *Eco-enzyme* tidak berakhir setelah semua bahan dicampurkan. Campuran tersebut masih harus disimpan di tempat teduh, dipantau secara berkala, dan dibuka secara hati-hati pada minggu pertama untuk mengeluarkan gas. Prinsip kehati-hatian perlu diterapkan dalam setiap kegiatan pengelolaan limbah untuk mencegah munculnya risiko terhadap manusia dan lingkungan. Dalam proses kegiatan ini, prinsip tersebut diterapkan melalui penggunaan bahan yang sesuai, pengukuran komposisi, penutupan botol, pelabelan, dan pemantauan selama proses fermentasi.

Perubahan yang muncul setelah pelatihan belum dapat dinyatakan sebagai dari bentuk perubahan perilaku jangka panjang karena pengamatan dilakukan selama dan segera setelah proses kegiatan berlangsung. Meskipun demikian, telah terlihat indikasi awal berupa meningkatnya perhatian peserta didik terhadap jenis sampah limbah organik, kemampuan melakukan pemilahan sederhana, kemauan memanfaatkan kembali limbah organik, serta kesiapan menjaga proses fermentasi. Perubahan awal tersebut merupakan modal penting dalam membentuk kebiasaan pengelolaan sampah yang lebih bertanggung jawab di lingkungan sekolah maupun rumah.

3. Penyajian Tabel dan Dokumentasi Evaluasi

Berdasarkan hasil pemantauan selama pelatihan, perubahan awal pada peserta didik dapat dikelompokkan kedalam aspek pengetahuan, sikap, keterampilan, kerja sama kelompok, dan tanggung jawab. Ringkasan temuan pengamatan tersebut dirangkum dalam tabel Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan Sikap dan Keterampilan Peserta Didik Pascapelatihan

Aspek yang Diamati	Kondisi Sebelum Pelatihan	Perubahan yang Terlihat Setelah Pelatihan
Pemahaman tentang sampah organik	Sampah organik cenderung dianggap sebagai bahan yang harus dibuang	Peserta didik memahami bahwa kulit buah dan sisa sayuran dapat dimanfaatkan kembali
Kemampuan memilah sampah	Peserta didik belum terbiasa membedakan sampah berdasarkan jenis dan pemanfaatannya	Peserta didik mampu mengenali bahan organik yang dapat digunakan untuk membuat <i>Eco-enzyme</i>
Kesadaran lingkungan	Kepedulian terhadap pengelolaan limbah organik masih terbatas	Muncul kesadaran untuk mengurangi pembuangan sampah organik secara langsung

Aspek yang Diamati	Kondisi Sebelum Pelatihan	Perubahan yang Terlihat Setelah Pelatihan
Keterampilan praktis	Peserta didik belum memiliki pengalaman membuat <i>Eco-enzyme</i>	Peserta didik mampu mengikuti tahapan pembuatan sesuai dengan arahan
Kerja sama	Belum terdapat pembagian tugas khusus	Peserta didik bekerja sama dalam membawa, menyiapkan, dan mencampurkan bahan
Tanggung jawab	Belum memiliki tanggung jawab terhadap proses fermentasi	Peserta didik memahami pentingnya pelabelan, penyimpanan, dan pemantauan botol.
Persepsi terhadap sampah	Sampah dipandang sebagai bahan yang tidak bernilai	Sampah organik mulai dipandang sebagai bahan yang dapat diolah menjadi produk bermanfaat.

Sebagaimana digambarkan pada Tabel 1. perubahan yang paling jelas terlihat pada pemahaman peserta didik bahwa sampah organik tidak selalu berakhir sebagai bahan buangan. Pemahaman tersebut diwujudkan melalui tindakan sederhana berupa memilah, membawa, memotong, dan memanfaatkan sampah organik dalam proses pembuatan *Eco-enzyme*. Pengolahan kembali limbah merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi volume bahan buangan sekaligus menekan potensi pencemaran lingkungan (Taswin et al., 2023)

(White et al., 2022) menunjukkan bahwa limbah organik berupa kulit singkong dapat diolah sebagai salah satu upaya mengurangi pencemaran lingkungan. Hal tersebut memperkuat hasil kegiatan bahwa sebagai sisa bahan organik yang sebelumnya dibuang masih mempunyai peluang untuk dimanfaatkan. Meskipun bahan yang digunakan dalam pelatihan ini berbeda, prinsip pemanfaatan serupa, yaitu mengubah bahan organik sisa menjadi produk yang lebih bermanfaat.

4. Pembahasan Temuan Berdasarkan Perspektif Teoretis

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pelatihan pembuatan *Eco-enzyme* dapat menjadi salah satu bentuk edukasi pengelolaan sampah organik yang menggabungkan pengetahuan dan tindakan nyata. Peserta didik tidak hanya memperoleh penjelasan mengenai dampak sampah, tetapi juga terlibat secara langsung dalam proses pemanfaatannya. Pendekatan tersebut membuat pembelajaran lingkungan menjadi lebih kontekstual karena bahan yang digunakan berasal dari sisa konsumsi limbah rumah tangga atau lingkungan di sekitar peserta didik seperti makan bergizi gratis (MBG).

Dalam Utami & Hasibuan (2023) menjelaskan bahwa limbah rumah tangga dapat menyebabkan pencemaran apabila jumlahnya terus meningkat tanpa didukung pengelolaan yang memadai. Dampaknya dapat dirasakan pada kualitas tanah, air, udara, kesehatan, serta kenyamanan masyarakat. Temuan tersebut berkaitan dengan pelaksanaan pelatihan karena kulit buah dan sisa sturan yang digunakan merupakan bagian dari limbah organik. Pemanfaatan bahan tersebut menjadi *Eco-enzyme* dalam memperkenalkan kepada peserta didik bahwa pencemaran dapat dicegah melalui tindakan sederhana yang dimulai dari sumber limbah.

Pandangan tersebut sejalan dengan (Dewi, 2021), yang menerapkan bahwa permasalahan limbah rumah tangga dipengaruhi oleh perilaku masyarakat dalam membuang dan mengelola sampah. Oleh karena itu, penanganan masalah lingkungan tidak cukup hanya melalui penyediaan fasilitas, tetapi juga

memerlukan pembentukan kesadaran dan kebiasaan. Pelatihan kepada peserta didik menjadi relevan karena sekolah merupakan tempat untuk memperkenalkan kebiasaan kebiasaan memilah dan memanfaatkan kembali sampah sejak dini.

Perubahan persepsi peserta didik terhadap sampah menjadi salah satu hasil penting dari kegiatan ini. Sebelum pelatihan, limbah kulit buah dan sayuran cenderung hanya dipandang sebagai bahan buangan. Setelah mengikuti pelatihan, peserta didik mulai memahami bahwa sampah organik dapat ditempatkan sebagai sumber daya yang masih mempunyai manfaat. (White et al., 2022) memperlihatkan bahwa limbag kulit singkong dapat diolah sebagai bentuk pemnafaatan bahan organik sekaligus upaya mengurangi pencemaran. Temuan tersebut menunjukkan bahwa bahan organik yang dianggap tidak berguna dapat diolah apabila masyarakat memiliki pengetahuan dan kleterampilan sesuai.

Pelatihan ini memperkenalkan prinsip pemanfaatan kembali limbah. (Taswin et al., 2023b) menjelaskan bahwa teknologi daur ulang berperan dalam pengelolaan limbah dan pengurangan pencemaran lingkungan. Walaupun pembuatan *Eco-enzyme* dilakukan menggunakan teknologi sederhana, kegiatan tersebut memiliki prinsip yang sama, yaitu mengurangi bahan yang dibuang melalui proses pengelolaan kembali. Teknologi yang sederhana dan menggunakan bahan yang mudah ditemukan membuat praktik ini lebih diperkenalkan kepada peserta didik.

Keterlibatan peserta didik dalam mengukur, mencampur, menutup, dan memberi label pada botol juga menunjukkan terbentuknya keterampilan pengelolaan limbah secara sederhana. Pengelolaan limbah memerlukan prosedur yang sistematis agar hasilnya dapat dimanfaatkan dan tidak menimbulkan masalah lingkungan baru.

(Putri & Syafira, 2024) menyatakan bahwa pengelolaan limbah untuk mendukung keberlanjutan lingkungan perlu dilakukan melalui prosedur yang tepat, mulai dari identifikasi karakteristik limbah sampai pemfaatan atau penanganan akhirnya. Dalam kegiatan ini, prinsip tersebut diterapkan dengan memilih jenis bahan organik, menentukan komposisi, dan melakukan penyimpanan sesuai dengan ketentuan fermentasi.

Prinsip kehati-hatian juga menjadi bagian penting dalam pelaksanaan pelatihan. Meskipun bahan yang digunakan bukan limbah berbahaya, peserta didik tetap diarahkan menggunakan bahan yang masih layak, air bersih, botol yang sesuai, serta menjaga kebersihan selama proses pencampuran. Peserta didik juga diberi penjelasan mengenai pembukaan tutup botol pada minggu pertama untuk mengurangi tekanan gas. (Efendi et al., 2023) menekankan bahwa prinsip kehati-hatian diperlukan dalam pengelolaan limbah untuk mencegah risiko yang dapat merugikan manusia dan lingkungan.

Pemanfaatan limbah menjadi produk baru juga telah dilakukan pada berbagai jenis limbah lainnya. (Abu et al., 2024) menunjukkan bahwa sampah organik dari kantin kampus Universitas Muhammadiyah Sorong (UNAMIN), berupa kulit buah dan sisa sayuran, dapat diolah menjadi *eco-enzyme* untuk mengurangi bau tidak sedap serta menjaga kebersihan lingkungan kampus. *Eco-enzyme* yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai pupuk cair untuk taman kampus, bahkan digunakan pula untuk menjernihkan air kolam ikan di Fakultas Perikanan. Hal ini menegaskan bahwa sisa makanan sehari-hari di lingkungan pendidikan, termasuk yang berasal dari kantin, sebenarnya masih menyimpan potensi untuk diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat-sebagaimana yang juga terlihat pada kegiatan pengolahan *Eco-enzyme* di SMP Negeri 48 Samarinda. Melalui pelatihan ini, peserta didik diajak melihat sampah dengan cara pandang yang sama, hanya dalam skala yang sederhana dan lebih dekat dengan keseharian mereka.

Selain limbah organik, limbah cair rumah tangga juga dapat menyebabkan gangguan lingkungan apabila dibuang tanpa pengelolaan. (Bayu Sabilha Naufal & Dya Qurotul A'yun, 2024) menjelaskan bahwa limbah deterjen berpotensi mencemari tanah dan memengaruhi kondisi lingkungan masyarakat. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa setiap jenis limbah mempunyai karakteristik dan dampak berbeda sehingga metode pengelolaannya perlu disesuaikan, pelatihan ini membantu peserta didik memahami bahwa sampah harus dikenali dan dipilah terlebih dahulu sebelum ditentukan cara pengelolannya.

Hal yang sama terlihat pada pengelolaan limbah usaha tempe. (Handayani & Saraya, 2022) menerangkan bahwa pengelolaan limbah diperlukan sebagai bagian dari upaya pencegahan pencemaran lingkungan. Penanganan limbah perlu dilakukan sejak dari sumber kegiatan agar limbah tidak langsung dibuang ke lingkungan. Prinsip tersebut sesuai dengan pelatihan ini karena peserta didik diminta membawa dan memilah sampah organik dari rumah sebelum bahan tersebut tercampur dengan jenis sampah lain.

Penelitian (Farida et al., 2023) menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan akibat kebiasaan membuang sampah sembarangan perlu ditangani melalui peningkatan kesadaran dan upaya pengelolaan sampah. Dengan demikian, perubahan perilaku tidak dapat dibentuk hanya melalui penyampaian larangan membuang sampah. Sehingga peserta didik juga perlu diberikan alternatif dengan memberikan tindakan yang dapat dilakukan. Pembuatan *Eco-enzyme* menjadi salah satu contoh tindakan yang membantu peserta didik dalam memahami hubungan antara perilaku individu, jumlah sampah yang dihasilkan, dan kualitas lingkungan.

Meskipun kegiatan menunjukkan perubahan awal yang positif, hasil tersebut masih memiliki keterbatasan. Perubahan perilaku peserta didik diperoleh berdasarkan pengamatan selama proses pelatihan dan belum didukung oleh pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan menggunakan instrumen kuantitatif. Produk *Eco-enzyme* juga memerlukan waktu fermentasi kurang lebih tiga bulan sehingga kualitas hasil akhirnya belum dapat dinilai pada saat kegiatan berlangsung. Monitoring diperlukan untuk mengetahui apakah peserta didik tetap bertanggung jawab dalam merawat campuran fermentasi dan menerapkan kebiasaan memilah sampah.

Secara keseluruhan, pelatihan pembuatan *Eco-enzyme* telah memberikan pengalaman konkret kepada peserta didik kelas VIII A SMP Negeri 48 Samarinda dalam mengelola sampah organik. Perubahan yang muncul mencakup peningkatan pemahaman mengenai limbah organik, kemampuan memilah bahan, keterampilan mengikuti prosedur pembuatan, kerja sama, serta tanggung jawab dalam pemantauan fermentasi. Agar perubahan awal tersebut berkembang menjadi kebiasaan, sekolah perlu melanjutkan program melalui monitoring fermentasi, penyediaan tempat pemilahan sampah, dan pemanfaatan hasil *Eco-enzyme* untuk mendukung pemeliharaan tanaman di lingkungan sekolah.

SIMPULAN

Pelatihan pembuatan sampah organik menjadi cairan *Eco-enzyme* memberikan pengalaman belajar secara nyata bagi peserta didik kelas VIII A SMP Negeri 48 Samarinda dalam mengelola sisa buangan secara aplikatif. Program ini terbukti meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai pemanfaatan limbah organik atau hayati, melatih keterampilan memilah bahan baku, serta membentuk sikap disiplin dan kerja sama kelompok selama proses fermentasi berlangsung. Pengolahan limbah organik secara mandiri ini menjadi langkah awal yang efektif dalam menumbuhkan kepedulian ekologis serta kebiasaan

pemilihan sampah di lingkungan sekolah maupun rumah dan menumbuhkan rasa sikap kepedulian serta tanggung jawab tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian berterima kasih kepada SMP Negeri 48 Samarinda atas izin dan dukungan fasilitas selama kegiatan pengabdian berlangsung. Apresiasi mendalam juga tertuju kepada jajaran guru dan seluruh siswa kelas VIII A yang telah terlibat aktif sepanjang kegiatan edukasi serta pelatihan pembuatan *Eco-enzyme*. Selain itu, tim pengabdian mengapresiasi seluruh pihak yang membantu kelancaran persiapan hingga pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L., Astuti, R., Asngad, A., Suparti, S., Tyastuti, E. M., & Sari, S. K. (2024a). Workshop on eco-enzyme production as the implementation of zero waste concept at SD Muhammadiyah PK Kottabarat Surakarta. *Community Empowerment*, 9(4), 655–662. <https://doi.org/10.31603/ce.10421>
- Agustina, L., Astuti, R., Asngad, A., Suparti, S., Tyastuti, E. M., & Sari, S. K. (2024b). Workshop on eco-enzyme production as the implementation of zero waste concept at SD Muhammadiyah PK Kottabarat Surakarta. *Community Empowerment*, 9(4), 655–662. <https://doi.org/10.31603/ce.10421>
- Amananti, W., Riyanta, A. B., Tivani, I., & Susiyarti, S. (2024). Increasing knowledge and skills in processing orange peel waste into eco enzymes for senior high school students. *Journal of Community Service and Empowerment*, 5(2), 415–421. <https://doi.org/10.22219/jcse.v5i2.32633>
- Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the research literature. In *Educational Research Review* (Vol. 31). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100353>
- Bayu Sabilha Naufal, & Dya Qurotul A'yun. (2024). Analisis Dampak Pencemaran Tanah Akibat Limbah Deterjen Terhadap Lingkungan Hidup Masyarakat Di Daerah Pedesaan. *Student Research Journal*, 2(3), 231–235. <https://doi.org/10.55606/srjyappi.v2i3.1320>
- Dewi, N. M. N. B. S. (2021). *Analisa Limbah Rumah Tanggaterhadap Dampak Pencemaran Lingkungan*. <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- Efendi, N. H., Rato, D., & Soetijono, I. R. (2023). Prinsip Kehati-Hatian dalam Pengelolaan Limbah Medis untuk Mewujudkan Kehidupan yang Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Hukum*, 19(2), 146–155.
- Farida, A., Habsari, M. K., Fikri, M. H., Afifah, L., & Madarina, N. (2023). Pencemaran Lingkungan Akibat Membuang Sampah Sembarangan dan Upaya Pengelolaan Sampah di Kebon Rojo Kota Blitar. *Jurnal Terapan Pendidikan Dasar Dan Menengah*, 3(4), 357. <https://doi.org/10.28926/jtpdm.v3i4.1326>
- Fiddien, H. A., Anwar, R. K., & Khadijah, U. L. S. (2025). Environmental literacy model in organic waste processing based on eco enzyme. *Berkala Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 21(1), 125–141. <https://doi.org/10.22146/bip.v21i1.13719>
- Handayani, Y., & Saraya, S. (2022). Pengelolaan Limbah Usaha Tempe dalam Rangka Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(5), 1467–1471. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i5.589>

- Marjenah, Husien, N., Handayani, S. A., Rosamah, E., Jufriah, & Hastaniah. (2024). Pelatihan Pemanfaatan Limbah Organik dari Buah-buahan dan Sayuran Sebagai Bahan Baku Pembuatan Eco Enzyme. *ABDIKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.32522/abdiku.v3i1.1118>
- Organik, S., Sma, D. I., & Sei, N. (2025). *PELATIHAN PEMBUATAN ECO-ENZIM SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN Training On Eco-Enzyme Production as an Effort to Manage Organic Waste at Sma Negeri 1 Sei Rampah PENDAHULUAN Pengelolaan sampah organik yang tidak optimal telah menjadi permasalahan lingkungan yang*. 8(2), 207–214.
- Prasetyo Samadikun, B., Metanoia Pusparizkita, Y., Hardyanti, N., Syahreza Pratama, F., & Puji Safitri, R. (2023). *Organic Solid Waste Management by Producing Eco-Enzymes from Fruit Skin in Permata Tembalang*. 20(1), 21–30.
- Qomarudin, A., Mansur, R., & Wiyono, D. F. (2025). Pelatihan Pembuatan Eco-enzyme dengan Pemanfaatan Limbah Sampah pada Siswa SMPN 1 Batu. *Jurnal SOLMA*, 14(1), 605–612. <https://doi.org/10.22236/solma.v14i1.17912>
- Rahmana Putri, R., Wahyuni Abida, I., Yuhardi, E., & Larbi Ayisi, C. (2025). *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat Production of Eco-enzyme as a Solution to Organic Waste Management*. 7(3), 2025. <http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/btj/index>
- Rangkuti, K., Ardilla, D., & Ketaren, B. R. (2022). Pembuatan Eco Enzyme dan Photosynthetic Bacteria (PSC) sebagai Pupuk Booster Organik Tanaman. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(4), 3076. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i4.9381>
- Riyanta, A. B., Tivani, I., & Nurcahyo, H. (2023). Making Eco-enzyme Formulation for Students of SMAN 1 Larangan Brebes District Through Community Service. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(5), 1209–1216. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i5.13044>
- Supriyanto, S., Maflahah, I., Rahman, A., Hidayati, D., Mojiono, M., Faridz, R., & Lestari, H. (2023). Pendampingan Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme Sebagai Upaya Pengurangan Sampah di Lingkungan Sekolah. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 9(1), 29–34. <https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v9i1.19266>
- Taswin, M., Yusuf, R., Haslinah, A., & Nainggolan, H. (2023a). Analisis Bibliometrik terhadap Efektivitas Teknologi Daur Ulang dalam Pengelolaan Limbah dan Pengurangan Pencemaran Lingkungan. In *Jurnal Multidisiplin West Science* (Vol. 02, Number 11).
- Taswin, M., Yusuf, R., Haslinah, A., & Nainggolan, H. (2023b). Analisis Bibliometrik terhadap Efektivitas Teknologi Daur Ulang dalam Pengelolaan Limbah dan Pengurangan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(11), 983–994. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i11.782>
- Utami, A. P., & Hasibuan, A. (2023a). Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup. *Cross-Border*, 6(2), 1107–1112.
- Utami, A. P., & Hasibuan, A. (n.d.-b). ANALISIS DAMPAK LIMBAH/SAMPAH RUMAH TANGGA TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN HIDUP. *Cross-Border*, 6(2), 1107–1112.
- Wawan Budiyanto, C., Yasmin, A., Nura Fitdaushi, A., Qubaila Sitta Zidni Rizqia, A., Rara Safitri, A., Nurul Anggraeni, D., Heba Farhana, K., Quatly Alkatiri, M., Yudha Perwira, Y., & Ardhi Pratama, Y. (2022). Mengubah Sampah Organik Menjadi Eco Enzym Multifungsi: Inovasi di Kawasan Urban. *DEDIKASI: Community Service Reports*, 4.

White, O. I., Nurrahmania, V., & Wibowo, T. (2022). Pengolahan Limbah Kulit Singkong Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), 33–37. <https://doi.org/10.31970/pangan.v7i1.64>