

Pembuatan Eco-Enzyme untuk Pupuk pada Sistem Aquaponik di SMAK Bogor

Frida Hasana^{1, *)}, Rinette Visca²⁾, Donna Imelda²⁾, Aji Digdoyo³⁾, Nani Kurniawati³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya

²⁾Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya

³⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya

*) Corresponding author: fridahasana@jayabaya.ac.id

(Submit pada : 4 Desember 2025 | Terbit pada : 31 Desember 2025)

Abstract

This program (Pengabdian kepada Masyarakat, PkM) aimed to enhance students' understanding at SMAK Bogor regarding the utilization of eco-enzyme in aquaponic-based cultivation systems as part of strengthening green industry competencies and supporting the implementation of the digital industry center (Pusat Industri Digital, PID) 4.0 concept. The program was conducted through several stages, including a pretest, instructional sessions, question-and-answer discussions, hands-on practice in eco-enzyme production and aquaponic systems, and a post-test. A total of 69 students participated in the activity and served as evaluation respondents. The pretest results indicated a low level of initial knowledge, particularly related to appropriate eco-enzyme dosage in aquaponic applications, with 0% of participants answering correctly. Following the training, all participants (100%) were able to answer all post-test questions correctly, indicating a significant improvement in understanding. Satisfaction evaluation showed that 60% of participants were very satisfied and 40% were satisfied with the delivery methods and overall implementation of the program. These findings demonstrate that the community service activity on organic waste processing was not only effective in improving students' literacy but also contributed to enhancing participants' awareness and capacity for sustainable agricultural practices, with potential for replication in vocational education institutions and broader community settings.

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan meningkatkan pemahaman siswa SMAK Bogor mengenai pemanfaatan *eco-enzyme* dalam sistem budidaya berbasis aquaponik sebagai bagian dari penguatan kompetensi berbasis *green industry* dan implementasi konsep Pusat Industri Digital (PID) 4.0. Kegiatan dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu pengisian *pretest*, pemberian materi, sesi tanya jawab, praktik pembuatan *eco-enzyme* dan aquaponik, serta pengisian *post-test*. Sebanyak 69 siswa mengikuti kegiatan dan menjadi responden evaluasi. Hasil *pretest* menunjukkan tingkat pengetahuan awal yang masih rendah, khususnya terkait takaran dosis *eco-enzyme* pada aquaponik (0% menjawab benar). Setelah pelatihan, seluruh peserta (100%) mampu menjawab benar seluruh pertanyaan *post-test*, yang mengindikasikan peningkatan pemahaman yang signifikan. Evaluasi kepuasan menunjukkan 60% peserta menyatakan sangat puas dan 40% puas terhadap metode penyampaian dan pelaksanaan kegiatan. Dari hasil kegiatan tersebut membuktikan bahwa kegiatan PkM mengenai pengolahan limbah organik ini tidak hanya efektif meningkatkan literasi siswa, tetapi juga berkontribusi dalam menumbuhkan kesadaran serta kapasitas peserta terhadap praktik pertanian berkelanjutan yang berpotensi direplikasi pada satuan pendidikan vokasi atau lapisan masyarakat lainnya.

Keywords: *Aquaponics, Eco-enzyme, Green Industry, Sustainability Education, Vocational School.*

PENDAHULUAN

Kurikulum yang diterapkan oleh beberapa SMK di Indonesia kini sudah mulai mengadopsi prinsip Industri 4.0 ke dalam model pembelajarannya. Dengan mengusung slogan “SMK Berbasis Industri 4.0” dan mengintegrasikan kerangka konsep PIDI 4.0, SMK di Indonesia memiliki harapan agar tercapainya keterkaitan antara sekolah dengan industri dan menghasilkan ahli tenaga kerja digital (*showcase programer & capability center*) [1]. Dalam kerangka tersebut, perluasan kurikulum tidak hanya mencakup literasi digital dan manufaktur pintar tetapi juga mengenai cara menjaga *sustainability* dalam *green industry*, sehingga pendidikan vokasi mampu menumbuhkan kompetensi teknis sekaligus praktik ramah lingkungan melalui kegiatan aplikatif di sekolah [2].

Pendekatan *green industry* pada tingkat SMK seperti program pengelolaan limbah organik, pembuatan produk bernilai tambah dari sampah, dan praktik konservasi sumber daya memberikan konteks pembelajaran kontekstual yang menggabungkan keterampilan teknis, kewirausahaan, dan kesadaran ekologi. Dalam hal ini *eco-enzyme* muncul sebagai aktivitas praktis yang sederhana, murah, dan edukatif untuk mengajarkan pengelolaan limbah, sirkularitas sumber daya, serta aspek kualitas air lingkungan pada skala sekolah [3]. Literatur empiris dari inisiatif pendidikan dan studi implementasi menunjukkan bahwa pelatihan pembuatan *eco-enzyme* di lingkungan institusi pendidikan dapat meningkatkan pemahaman dan keterlibatan komunitas dalam pengelolaan limbah serta memberikan manfaat lingkungan yang terukur. Sehingga pengintegrasian modul serupa ke dalam kurikulum SMK berpeluang mendukung tujuan *green industry* sekaligus meningkatkan kompetensi vokasional yang relevan secara lokal.

Salah satu contoh SMK di daerah Bogor yang sudah mulai menerapkan kerangka konsep PIDI 4.0 ke dalam kurikulumnya adalah SMAK Bogor [4]. Pengimplementasian tersebut dapat tercermin pada pengajaran pada mata pelajaran otomatisasi, kecerdasan buatan, dan Internet of Things (IoT) yang kemudian dikaitkan dengan upaya transisi energi yang mendukung misi *zero emission* serta pengembangan *green industry*. Dengan demikian, SMAK Bogor memiliki posisi strategis sebagai lembaga pendidikan vokasi yang dapat menghasilkan sumber daya manusia yang memahami relevansi keberlanjutan, energi terbarukan, dan pengelolaan lingkungan.

Namun demikian, hasil pemetaan kebutuhan menunjukkan bahwa SMAK Bogor belum memiliki pembelajaran terstruktur terkait praktik pemanfaatan sampah organik, khususnya pembuatan *eco-enzyme*. Padahal, kompetensi tersebut sangat penting dalam mendukung visi *green industry* yang sejalan dengan misi PIDI 4.0 [5]. Selain itu, belum terdapat integrasi teknologi sederhana berbasis energi terbarukan—misalnya sistem akuaponik bertenaga surya yang dikombinasikan dengan penggunaan *eco-enzyme*. Padahal berbagai penelitian menunjukkan bahwa *eco-enzyme*, sebagai hasil fermentasi limbah organik, mampu meningkatkan kualitas air, menurunkan kadar amonia, dan mempercepat proses biokonversi dalam sistem akuaponik [6-8]. Dengan fasilitas laboratorium yang lengkap dan kurikulum berbasis kimia yang kuat, ketiadaan praktik ini menjadikan pembelajaran di SMAK Bogor masih berfokus pada aspek teoretis dan belum sepenuhnya mendorong pemahaman keberlanjutan berbasis teknologi tepat guna.

Berdasarkan kondisi tersebut, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya memandang penting untuk menyelenggarakan kegiatan PkM yang bertujuan memberikan pengenalan dan penguatan kompetensi siswa terkait dasar-dasar pemanfaatan sampah organik serta praktik pembuatan *eco-enzyme*. Melalui kegiatan ini, siswa diharapkan tidak hanya memahami konsep kimia terapan yang relevan dengan transisi energi, tetapi juga mampu menerapkan *eco-enzyme* dalam sistem lingkungan sederhana seperti akuaponik bertenaga surya. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat mendukung pembentukan perilaku sadar lingkungan, mendorong implementasi teknologi berkelanjutan di lingkungan sekolah, serta menghasilkan lulusan yang siap berkontribusi dalam pembangunan *green industry*.

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dirancang untuk menjawab permasalahan mitra melalui rangkaian langkah yang terstruktur, meliputi sosialisasi, persiapan alat dan bahan, pelatihan, implementasi, serta evaluasi. Evaluasi pembelajaran dilakukan melalui pelaksanaan *pretest* dan *post-test*, disertai dengan pengisian kuesioner kepuasan peserta untuk mengukur efektivitas kegiatan dan tingkat penerimaan program. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik yang pembahasannya disajikan secara rinci pada subbab hasil dan pembahasan. Setiap tahapan dilaksanakan secara sistematis dan terukur guna memastikan ketercapaian tujuan program yang telah dirumuskan sebelumnya. Langkah pelaksanaan tersebut diantaranya:

1. Sosialisasi Kegiatan

Tahap awal dimulai dengan melakukan sosialisasi kepada pihak sekolah sebagai mitra PkM, mencakup kepala sekolah, guru, dan perwakilan siswa. Sosialisasi ini bertujuan untuk menjelaskan tujuan, manfaat, dan luaran kegiatan, sekaligus menyampaikan jadwal pelaksanaan, menentukan lokasi serta fasilitas yang dibutuhkan, dan menyepakati peran masing-masing pihak dalam keseluruhan rangkaian. Koordinasi dilakukan melalui pertemuan langsung maupun komunikasi daring untuk memastikan seluruh pihak memahami alur kegiatan secara menyeluruh.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Setelah agenda dan mekanisme disepakati, tim PkM melakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan pembuatan *eco-enzyme* dan aplikasi aquaponik. Tahapan ini meliputi:

- Identifikasi jenis alat dan bahan yang dibutuhkan berdasarkan rancangan kegiatan.
- Pengadaan alat dan bahan, termasuk pembelian bahan organik, wadah fermentasi, perlengkapan pengolahan, serta komponen sistem aquaponik (pompa, pipa, media tanam, dll.).
- Pemeriksaan kelayakan dan fungsi alat sebelum dibawa ke lokasi kegiatan.

Persiapan alat dan bahan ini dilaksanakan terlebih dahulu agar mencegah hambatan teknis saat kegiatan berlangsung.

3. *Workshop* Pengaplikasian Aquaponik

Tahap inti kegiatan adalah *workshop* praktik pembuatan dan pengaplikasian sistem aquaponik. Langkah-langkahnya meliputi:

- Penjelasan mengenai konsep dasar aquaponik serta hubungan timbal balik antara ikan dan tanaman.
- Demonstrasi cara merangkai komponen sistem, seperti pemasangan pompa, pipa aliran air, wadah ikan, dan media tanam.
- Praktik langsung oleh siswa dengan pendampingan tim PkM, mulai dari perakitan hingga proses uji coba operasional.
- Pemberian panduan perawatan sistem aquaponik agar dapat digunakan secara berkelanjutan di lingkungan sekolah.

Praktik ini dilakukan dengan metode *hands-on* atau melibatkan siswa secara langsung dalam praktiknya agar siswa dapat memahami teknologi tepat guna tersebut secara lebih aplikatif.

4. Evaluasi Kegiatan

Tahap akhir adalah evaluasi yang bertujuan mengukur tingkat keberhasilan program serta tingkat pemahaman peserta. Evaluasi dilakukan melalui:

- Penyebaran kuesioner kepada peserta mengenai tingkat pemahaman, kebermanfaatan materi, dan pengalaman selama kegiatan.
- Diskusi singkat bersama guru pendamping untuk mendapatkan umpan balik mengenai keberlanjutan program.
- Analisis hasil kuesioner untuk melihat peningkatan pengetahuan siswa dan mengidentifikasi aspek yang perlu ditingkatkan pada kegiatan berikutnya.

Hasil evaluasi menjadi dasar bagi tim PkM dalam menyusun rekomendasi program lanjutan yang

lebih efektif.

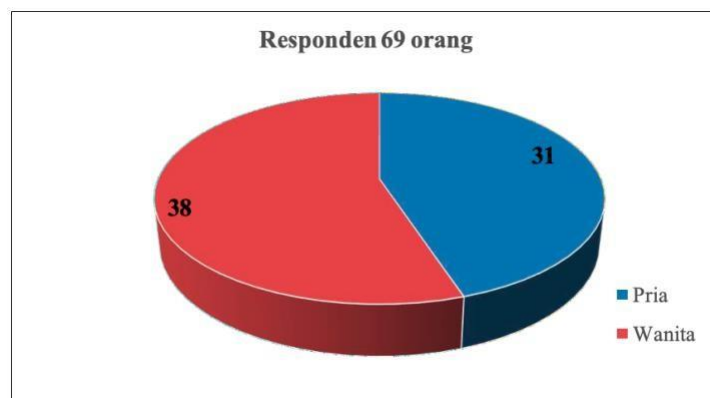
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu pengisian *pretest*, penyampaian materi, sesi tanya jawab, serta pengisian *post-test*. Kegiatan diikuti oleh tiga kelompok dari Program Studi Teknik Elektro, Teknik Kimia, dan Teknik Mesin. Untuk mempermudah proses evaluasi, hasil pengolahan data kuesioner yang diisi oleh peserta disajikan secara terstruktur. Materi yang dibahas pada artikel ini berfokus pada topik “Penerapan *eco-enzyme* pada Budidaya Berbasis Aquaponik di SMAK Bogor.”



Gambar 1. Kegiatan PkM di SMAKBO

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, kegiatan PkM ini dilaksanakan di Auditorium SMAK Bogor (SMAKBO) dengan peserta sebanyak 69 murid serta beberapa perwakilan guru dari SMAKBO. Berdasarkan pada Gambar 2, dari 69 peserta PkM tersebut terdata bahwa sebanyak 31 peserta adalah murid laki-laki dan 38 peserta adalah murid perempuan. Sebelum sesi pemaparan materi dimulai, peserta mengisi *pretest* melalui tautan yang telah disediakan, kemudian melengkapi *post-test* setelah materi selesai dipresentasikan. Kedua tes tersebut berfungsi untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta terhadap konsep *eco-enzyme* dan aplikasinya dalam sistem aquaponik.

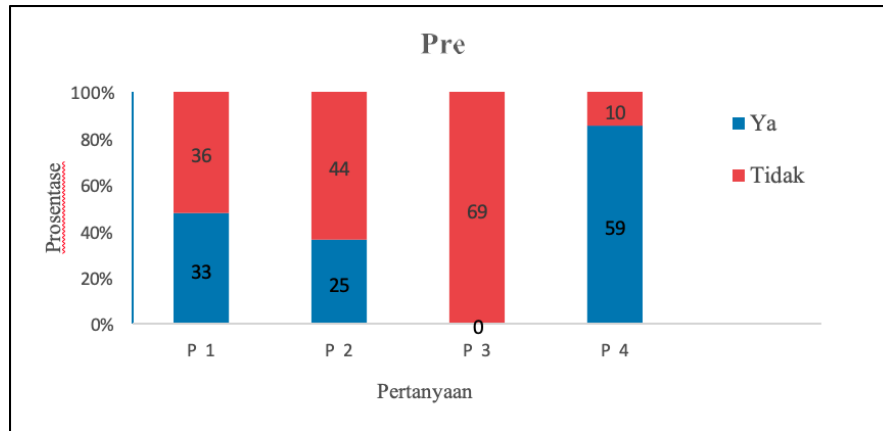


Gambar 2. Jumlah responden

1. Analisis Hasil *Pretest*

Hasil *pretest* menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan awal peserta mengenai topik yang diberikan masih beragam Gambar 3. Pada pertanyaan pertama mengenai pemahaman sistem

budidaya berbasis aquaponik, hanya 48% peserta menjawab “ya”, sementara sisanya belum familiar dengan konsep tersebut. Pemahaman peserta mengenai cara pembuatan larutan *eco-enzyme* juga masih terbatas, terlihat dari hanya 36% responden yang menjawab “ya” pada pertanyaan kedua.

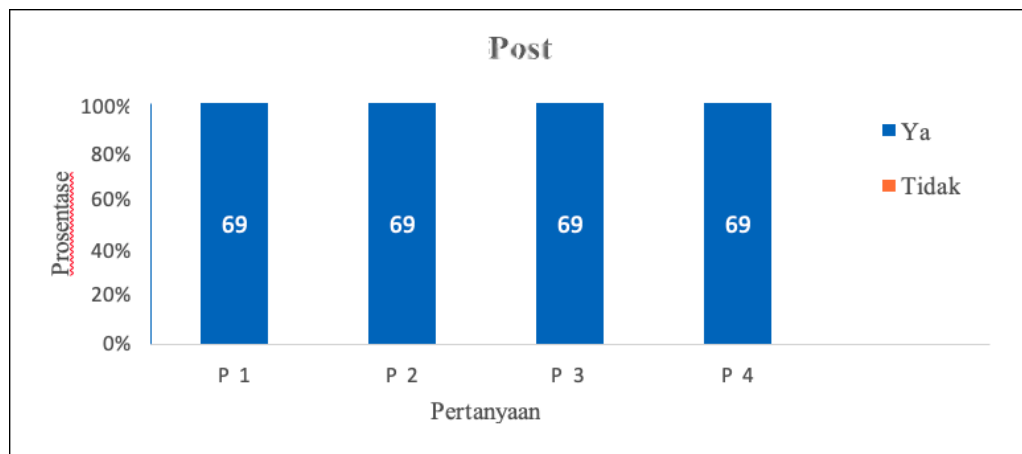


Gambar 3. Hasil pretest pemahaman tentang *eco-enzyme* pada budidaya berbasis aquaponik

Pada pertanyaan ketiga mengenai takaran dosis *eco-enzyme* pada aquaponik, seluruh peserta (100%) menjawab “tidak”, menandakan bahwa informasi teknis terkait penggunaan *eco-enzyme* belum pernah mereka terima sebelumnya. Sedangkan pada pertanyaan keempat, yang membahas pengaruh *eco-enzyme* terhadap kesehatan akar tanaman, 86% peserta telah mengetahui manfaat tersebut, meskipun masih ada sebagian kecil yang belum memahaminya.

2. Analisis Hasil Post Test

Setelah mendapatkan materi pelatihan mengenai konsep *eco-enzyme* dan penerapannya, terjadi peningkatan signifikan pada pemahaman peserta Gambar 4. Seluruh peserta (100%) mampu menjawab “ya” pada keempat pertanyaan *post-test* yang diberikan.



Gambar 4. Hasil pretest pemahaman tentang *eco-enzyme*

Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan PkM berhasil memberikan pemahaman yang komprehensif kepada peserta, mencakup konsep dasar aquaponik, proses pembuatan larutan *eco-enzyme*, takaran penggunaan *eco-enzyme* dalam sistem aquaponik, serta manfaatnya bagi kesehatan akar tanaman. Perubahan drastis pada poin ketiga, dari 0% menjadi 100%, semakin menegaskan bahwa materi pelatihan sangat efektif dalam mengatasi kesenjangan pengetahuan peserta dan meningkatkan

kompetensi mereka secara signifikan.

3. Analisis Kepuasan Peserta

Setelah dilaksanakan *workshop* praktik pembuatan dan pengaplikasian sistem aquaponik secara langsung oleh siswa, kemudian para siswa mengisi kuesioner mengenai evaluasi tingkat kepuasan terhadap pelaksanaan *workshop*. Isi dari kuesioner tersebut berfungsi untuk mengevaluasi kegiatan dari cara penyampaian materi, penyelenggaraan kegiatan, dan aspek kebermanfaatannya Gambar 5.



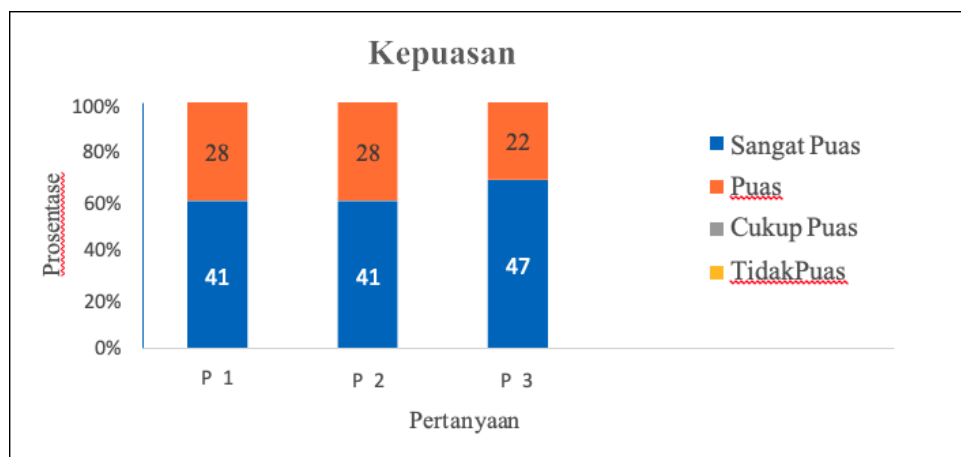
(a)



(b)

Gambar 5. (a) *workshop* praktik pembuatan *eco-enzyme*, (b) aquaponik

Berdasarkan hasil kuesioner evaluasi kegiatan pada Gambar 6 dapat dianalisis menjadi beberapa poin, yaitu:



Gambar 6. Hasil kepuasan responden tentang pelaksanaan PKM

- Aspek cara penyampaian narasumber: 60% peserta menyatakan *sangat puas* dan 40% menyatakan *puas*. Hal ini menunjukkan metode penyampaian materi telah sesuai dan mudah dipahami.
- Aspek pelaksanaan kegiatan: Penilaian serupa diperoleh, yaitu 60% *sangat puas* dan 40% *puas*, menandakan bahwa kegiatan berjalan efektif dan sesuai harapan.

- c) Aspek kebermanfaatan kegiatan: Sebanyak 32% responden memberikan penilaian *sangat puas*, sedangkan 68% lainnya menyatakan *puas*. Ini mengindikasikan bahwa mayoritas peserta merasakan manfaat nyata dari kegiatan PkM, baik dari sisi pengetahuan maupun keterampilan.

4. Pembahasan

Secara keseluruhan, kegiatan PkM berhasil meningkatkan pemahaman siswa mengenai *eco-enzyme* dan aplikasinya dalam sistem aquaponik. Pelatihan tidak hanya memberikan dasar teoretis, tetapi juga memperkuat aspek praktis yang sebelumnya belum pernah diperoleh siswa. Hasil *pretest* dan *post-test* memperlihatkan adanya peningkatan pengetahuan yang sangat signifikan di seluruh aspek yang diuji.

Kepuasan peserta yang tinggi menunjukkan bahwa metode penyampaian, materi yang diberikan, serta penyelenggaraan kegiatan telah memenuhi ekspektasi siswa. Kegiatan ini sekaligus mendukung misi SMAK Bogor dalam memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep keberlanjutan dan teknologi terapan sederhana yang relevan dengan bidang keahlian mereka.

Secara umum, kegiatan PkM ini memberikan dampak positif baik pada peningkatan kompetensi siswa maupun dalam mendukung implementasi pendidikan berbasis green industry dan teknologi tepat guna di lingkungan sekolah.

KESIMPULAN

Kesimpulan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat yang dilaksanakan di SMAKBO menunjukkan bahwa program ini memperoleh respons yang sangat positif dari peserta. Hasil survei kepuasan mengindikasikan tingkat penerimaan yang tinggi, di mana seluruh peserta menyatakan puas, dengan 60% menyatakan sangat puas dan 40% lainnya menyatakan puas terhadap pelaksanaan kegiatan. Interaksi melalui sesi tanya jawab serta kegiatan praktik langsung juga memperlihatkan tingginya antusiasme peserta, khususnya terhadap alat peraga yang dihibahkan sebagai bagian dari program. Selain itu, analisis hasil *pretest* dan *post-test* memperlihatkan adanya peningkatan pengetahuan yang signifikan, terutama terkait pemahaman mengenai takaran dosis *eco-enzyme* dan aspek kesehatan akar tanaman, sehingga program ini dapat dinyatakan efektif dalam memperkaya wawasan dan keterampilan peserta.

Secara konsep, kegiatan ini menekankan bahwa *eco-enzyme* memiliki potensi sebagai pupuk organik cair yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, khususnya dalam penerapannya pada sistem aquaponik. Senyawa organik hasil proses fermentasi limbah organik terbukti mampu mendukung kesehatan akar tanaman. Selain itu, kegiatan ini juga meningkatkan pemahaman peserta mengenai prinsip pemupukan berimbang dan pengelolaan nutrisi tanaman. Integrasi *eco-enzyme* dalam sistem aquaponik sejalan dengan pendekatan pertanian berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi sumber daya, pengurangan limbah, dan peningkatan kesadaran lingkungan. Harapan selanjutnya dari kegiatan yang telah berlangsung ini adalah agar dapat dikembangkan lagi melalui pengujian variasi dosis *eco-enzyme* serta pemantauan jangka panjang terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas air. Selain itu, penguatan kolaborasi dengan pihak sekolah melalui pendampingan lanjutan, integrasi ke dalam kegiatan praktikum, serta penyusunan modul pembelajaran diharapkan dapat memperluas dampak dan replikasi program di institusi pendidikan lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim pengabdian kepada masyarakat menyampaikan apresiasi kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya atas dukungan dan fasilitasi yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan ini, serta kepada SMAK Bogor yang telah berpartisipasi dan bersedia menjadi mitra dalam program pengabdian kepada masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Pusat Industri Digital Indonesia 4.0.”
- [2] M. , Roll and D. Ifenthaler, “Learning Factories 4.0 in technical vocational schools: can they foster competence development?,” vol. 13, Aug. 2021.
- [3] S. Wicaksono Sudarman, N. Linuhung, I. Vahlia, R. Agustina, and B. Afwan, “Community Education and Service Journal Training On Making Eco Enzyme As An Alternative to Organic Waste Management,” vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2025, [Online]. Available: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/cesj/>
- [4] Endang Jaelani, “Siswa Angkatan 65 Ikuti AMT Sebelum Terjun Ke Industri.”
- [5] BPSDMI Kemenperin, “Menuju Indonesia 4.0, PIDI 4.0 Percepat Transformasi Industri.”
- [6] A. P. Wibowo, D. S. Rahayu, and N. S. Lestari, “Pemanfaatan Eco Enzyme dari Limbah Organik untuk Pengolahan Air,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 21, pp. 189–196, 2002.
- [7] R. A. Nugraheni and A. F. Ramadhan, “Integrasi Eco Enzyme dalam Sistem Aquaponik untuk Meningkatkan Kualitas Air dan Pertumbuhan Tanaman,” *Jurnal Agroindustri*, vol. 10, pp. 45–52, 2021.
- [8] S. P. Widyaningrum and T. H. Prasetya, “Penerapan Teknologi Aquaponik Berbasis Energi Surya dan Eco Enzyme di Lingkungan Sekolah,” *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM)*, vol. 5, pp. 121–128, 2022.