

Pelatihan Pembuatan *Eco-enzyme* Berbasis Limbah Hortikultura Sebagai Pupuk Cair dalam Budidaya Aquaponik

Yuvita Lira Vesti Arista^{1*}, Muhammad Thoriq Kurniawan¹, Fajrina Aprilia Kartika², Ahmad Maulana Adi Nugroho¹, Dewa Gede Satria Dharma¹, Zahra Syifa¹, Nadia Aurellia Elsani¹, Syafiq Ari Fadhlullah¹, Reyhan Syaqqif¹, Ni'matus Sholihah¹

¹Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan

²Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan

Email korespondensi: yuvita.arista@lecturer.itk.ac.id/

ABSTRAK

Kelurahan Graha Indah RT 25, Balikpapan Utara merupakan salah satu wilayah yang sudah sejak lama mengembangkan aquaponik. Dalam pengembangan aquaponik tanaman memerlukan asupan nutrisi untuk pertumbuhannya. Umumnya kotoran ikan yang dihasilkan dapat digunakan secara alami sebagai pupuk. Namun demikian kotoran ikan tidak boleh dibiarkan dalam jumlah yang banyak karena justru dapat meracuni ikan yang sedang dibudidayakan. Oleh sebab itu perlu adanya sumber nutrisi lain yang dapat berperan sebagai pupuk, salah satunya dengan menggunakan *eco-enzyme*. *Eco-enzyme* dapat dibuat dari fermentasi limbah *organic* rumah tangga seperti limbah buah (nanas, jambu, buah naga, pisang dan jeruk), gula aren dan air dengan perbandingan 3:1:10. *Eco-enzyme* sangat cocok diaplikasikan dalam teknik budidaya *aquaponic* karena banyak mengandung sumber nutrisi seperti unsur Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) yang dapat membantu pertumbuhan tanaman. Di sisi lain *eco-enzyme* juga dapat mengkonversi ammonia yang dihasilkan dari kotoran ikan menjadi nitrat yang berfungsi untuk pertumbuhan tanaman. Kegiatan pengolahan limbah *organic* rumah tangga menjadi *eco-enzyme* di Kelurahan Graha Indah RT 25 dapat dijadikan solusi pengolahan limbah *organic* rumah tangga dan *eco-enzyme* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai limbah *organic* dalam budidaya *aquaponic*. Kegiatan PkM dinyatakan berhasil karena keseluruhan peserta dapat memperoleh nilai evaluasi sesuai dengan ketentuan.

Kata kunci : Buah, fermentasi, tanaman, limbah, pupuk

ABSTRACT

Graha Indah Sub-district, RT 25, North Balikpapan, is one of the areas that has long implemented aquaponic cultivation. In aquaponic systems, plants require adequate nutrient input for optimal growth. Generally, fish waste produced in the system can serve as a natural fertilizer. However, excessive accumulation of fish waste can be harmful and toxic to the fish being cultivated. Therefore, an alternative source of nutrients is required to support plant growth, one of which is the use of eco-enzyme. Eco-enzyme can be produced through the fermentation of household organic waste such as (pineapple, guava, dragon fruit, banana, and orange) residues—combined with palm sugar and water in a ratio of 3:1:10. Eco-enzyme is highly suitable for application in aquaponic systems as it contains essential plant nutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), which are crucial for plant development. In addition, eco-enzyme has the potential to convert ammonia—produced from fish waste into nitrate, which can be readily utilized by plants. The initiative of processing household organic waste into eco-enzyme in Graha Indah Sub-district, RT 25, presents a sustainable solution for organic waste management. The resulting eco-enzyme can be utilized as an organic input in aquaponic cultivation systems. The community service program (PkM) was deemed successful, as all participants achieved evaluation scores in accordance with the predetermined standards.

Keywords : Fruit, fermentation, plants, waste, fertilizer

1. PENDAHULUAN

Kelurahan Graha Indah RT 25, Balikpapan Utara- Kalimantan Timur merupakan salah satu wilayah yang sudah sejak lama mengembangkan budidaya hidroponik. Seiring meningkatnya kebutuhan pemenuhan sumber protein hewani RT 25 merombak budidaya hidroponik menjadi budidaya aquaponik. Aquaponik merupakan teknik budidaya sayur dan ikan yang dikembangkan secara terintegrasi/ dalam satu wadah (Handayani *et al.*, 2018).

Yep dan Youbin (2019) menyatakan bahwa aquaponik merupakan suatu sistem budidaya yang mengintegrasikan organisme akuatik dan tanaman secara simbiotik, di mana limbah dari kegiatan akuakultur mengalami transformasi mikrobiologis sehingga menghasilkan *nutrient* yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, penyerapan nutrisi oleh tanaman berperan dalam meremediasi kualitas air, sehingga air yang digunakan menjadi layak kembali untuk kebutuhan akuakultur.

Dalam pengembangan aquaponik tanaman memerlukan asupan nutrisi untuk pertumbuhannya. Umumnya kotoran ikan yang dihasilkan dapat digunakan secara alami sebagai pupuk. Namun demikian kotoran ikan tidak boleh dibiarkan dalam jumlah yang banyak karena justru dapat meracuni ikan yang sedang dibudidayakan. Oleh sebab itu perlu adanya sumber nutrisi lain yang dapat berperan sebagai pupuk salah satunya dengan menggunakan *eco-enzyme*.

Eco-enzyme merupakan merupakan larutan cuka yang diperoleh dari hasil fermentasi limbah organik seperti limbah buah dan sayur. Wuni *et al.*, (2021) menyatakan bahwa pembuatan *eco-enzyme* dilakukan dengan memfermentasi limbah buah dan sayur yang diberi campuran gula/molase dalam jangka waktu 90 hari. Pembuatan *eco-enzyme* tidak memerlukan lahan luas dan dapat memanfaatkan wadah bekas berupa botol dan ember (*reuse*), serta dapat menghemat pengelolaan sampah organik.

Kandungan asam organik pada kulit buah sayur dapat digunakan sebagai sumber utama dalam pembuatan *eco-enzyme*. Umumnya *eco-enzyme* dibuat dari campuran gula, kulit buah, dan air dengan perbandingan 1: 3: 10 (Benny *et al.*, 2023).

Sebelum dicampurkan dengan bahan lain, limbah buah dan sayur terlebih dahulu dilakukan pemotongan dengan ukuran yang seragam. Fermentasi *eco-enzyme* dilakukan pada rentang waktu 60-90 hari (Benny *et al.*, 2023). Selama fermentasi hingga kurun waktu 1 bulan dilakukan pembuangan gas karbondioksida (CO₂) dengan cara mengaduk cairan yang terbentuk.

Selama fermentasi terjadi perombakan berbagai komponen kimia diantaranya karbohidrat menjadi senyawa folatil serta glukosa diubah menjadi asam piruvat, dimana dalam kondisi anaerob terjadi dekarboksilasi piruvat menjadi etanol dan gas CO₂ (Fadlilla *et al.*, 2023). Etanol yang telah terbentuk selanjutnya dirombak menjadi asetaldehid dan air yang kemudian dikonversi lebih lanjut menjadi asam asetat (Supriyani *et al.*, 2020). *Eco-enzyme* mengandung berbagai *functional enzyme* diantaranya seperti enzim protease, lipase, kaseinase, selulase dan amilase serta mengandung berbagai metabolit sekunder seperti kuinon, alkaloid, kardioglikosida, flavonoid dan saponin (Vama & Makarand, 2020)

Eco-enzyme dapat digunakan sebagai pupuk tanaman, seperti halnya yang dilakukan oleh Rangkuti *et al.*, (2022) memanfaatkan pupuk *booster* berbasis *eco-enzyme* dan *photosynthetic bacteria* (PSB) sebagai sumber nutrisi dalam budidaya tanaman hortikultura seperti kacang panjang, tomat, mentimun, cabai dan sawi. Pakki *et al.*, (2021) juga memanfaatkan *eco-enzyme* berbasis limbah bahan organik rumah tangga sebagai pupuk dalam budidaya tanaman yang berada di area pekarangan rumah.

Penelitian pemanfaatan *eco-enzyme* sebagai pupuk juga dilakukan oleh Ramadani *et al.*, (2020) tanaman cabai yang diberi *eco-enzyme* berbasis limbah kulit buah nanas mengalami pertumbuhan yang signifikan pada diameter batang, lebar daun dan warna daun dengan produktivitas klorofil yang tinggi. *Eco-enzyme* juga dapat digunakan sebagai pupuk pada tanaman yang dibudidayakan dengan system aquaponik, penelitian yang dilakukan Sikku *et al.*, (2023) menunjukkan hasil bahwa pemanfaatan *eco-enzyme* dalam budidaya aquaponik pada dosis penggunaan 15ml/L (dengan wadah penampung berkapasitas 60 L) dapat menjaga mutu air meliputi parameter DO dan nitrat.

Eco-enzyme juga dapat dimanfaatkan sebagai produk pembersih alami, penghilang bau/aromaterapi, pengganti sabun, obat kumur, dan juga dapat berperan sebagai desinfektan (Hemalatha & Vasantini, 2020; Vidalia *et al.*, 2023; Hasanah *et al.*, 2020). Dewasa ini *eco-enzyme* banyak dimanfaatkan dalam upaya penurunan cemaran limbah, penelitian yang dilakukan oleh Das *et al.*, (2024) menunjukkan hasil bahwa *eco-enzyme* berbasis limbah kulit jeruk efektif dalam menurunkan nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*) dan TDS (*Total Dissolved Solids*) pada limbah tekstil.

Oleh sebab itu dilakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di Kelurahan Graha Indah-Balikpapan terkait teknik dan pemanfaatan *eco-enzyme*. Kegiatan PkM diharapkan dapat memberikan alternatif penggunaan pupuk organik dalam budidaya aquaponik yang ramah lingkungan dan ekonomis. Kegiatan PkM juga diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan limbah rumah tangga organik khususnya sisa buangan buah dan sayur di wilayah Kelurahan Graha RT 25 yang selama ini dibiarkan begitu saja. Limbah organik yang tidak dikelola dengan baik dapat berkontribusi dalam pencemaran lingkungan karena dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat mengontaminasi air tanah, serta mengurangi estetika lingkungan tempat tinggal (Fadlilla *et al.*, 2023).

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2025 yang melibatkan mahasiswa KKN kelompok M1 Institut Teknologi Kalimantan. Mitra dalam kegiatan PkM merupakan segenap anggota Pemberdayaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) yang berlokasi di Kelurahan Graha Indah, Balikpapan, Kalimantan Timur

Pra-Pelaksanaan

Kegiatan Pra-pelaksanaan bertujuan untuk menganalisis situasi dan permasalahan mitra yang digunakan untuk menentukan program kerja. Kegiatan pra-pelaksanaan diisi dengan diskusi bersama dengan segenap mitra yang merupakan kelompok Pemberdayaan Kesejahteraan Keluarga

(PKK) di wilayah Graha Indah. Mitra mengemukakan bahwa terdapat permasalahan terkait teknik budidaya aquaponik, dimana mitra kesulitan untuk mencari pupuk organik dalam budidaya aquaponik. Oleh sebab itu segenap tim pengabdian menawarkan berbagai solusi diantaranya

1. Melakukan peningkatan pengetahuan terkait teknik budidaya aquaponik dengan memanfaatkan *eco-enzyme* melalui kegiatan sosialisasi
2. Melakukan pelatihan dan pendampingan pembuatan *eco-enzyme* berbasis limbah rumah tangga organik, khususnya limbah produk hortikultura untuk dimanfaatkan sebagai pupuk, sekaligus menyelesaikan permasalahan limbah yang ada di wilayah Kelurahan Graha, Balikpapan.

Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco-enzyme* diantaranya limbah buah diantaranya nanas, jambu, buah naga, pisang dan jeruk, gula aren, dan air mineral. Sedangkan alat yang digunakan terdiri atas, pengaduk, timbangan digital, bak fermentasi (toples plastic & ember dengan penutup), pisau *stainless*, talenan, kertas label, dan sarung tangan plastik.

Kegiatan PkM di kawasan Kelurahan Graha Indah terbagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya sebagai berikut:

1. Sosialisasi dan Pelatihan Pembuatan *Eco-enzyme*

Kegiatan PkM diawali dengan kegiatan sosialisasi dengan melakukan pemaparan materi kepada segenap mitra terkait teknik pembuatan dan manfaat *eco-enzyme*. Berikutnya kegiatan PkM dilanjutkan dengan pembuatan *eco-enzyme* bersama segenap mitra dan tim pengabdian. Pembuatan *eco-enzyme* berbasis limbah organik rumah tangga diawali dengan memasukkan limbah buah, air, dan gula aren dengan perbandingan 3: 10: 1 (Rochyani *et al.*, 2020) ke dalam wadah dan dilanjutkan dengan homogenisasi. Selanjutnya dilakukan penutupan wadah untuk mencegah kontaminasi selama proses fermentasi selama 90 hari. Fermentasi *eco-enzyme* menghasilkan gas CO₂, oleh sebab itu dilakukan pembuangan gas dengan membuka tutup wadah 7 hari pertama secara terus menerus.

Pada rentang periode fermentasi 8-30 hari pembuangan gas dilakukan setiap 2 hari sekali. Pembuangan gas tidak dilakukan pada rentang fermentasi hari ke 31-90 (Beards *et al.*, 2010 & Inhu *et al.*, 2024). *Eco-enzyme* yang sudah berusia 90 hari kemudian dilakukan pemisahan substrat dengan cara disaring. Larutan *eco-enzyme* yang diperoleh selanjutnya dikemas dalam botol dan ditutup rapat. *Eco-enzyme* yang sudah terbentuk kemudian disimpan pada tempat yang kering dan jauh jangkauan sinar matahari. Lebih jelasnya pembuatan *eco-enzyme* berbasis limbah rumah.

2. Diskusi dan Evaluasi

Diskusi dilakukan untuk memberikan kesempatan kepada mitra untuk mengklarifikasi tahap proses pembuatan *eco-enzyme* ataupun perihal lain yang berkaitan dengan pemanfaatan *eco-enzyme* yang dirasa belum jelas. Guna mengukur ketercapaian kegiatan PkM maka segenap tim pengabdian melakukan evaluasi dengan membagikan kuesioner yang berisikan 15 soal *multiple choice*, dimana setiap soal yang dapat dijawab dengan benar mempunyai skor nilai 5. Rentang penilaian evaluasi skala 1-100, indikator ketercapaian kegiatan PkM apabila keseluruhan peserta memperoleh nilai minimum 70.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan PkM di RT 25 Kelurahan Graha Indah, Balikpapan diawali dengan kegiatan sosialisasi dimana segenap tim pengabdian memaparkan materi terkait karakteristik, manfaat, teknik pembuatan *eco-enzyme* dan pemahaman teknik budidaya aquaponik dengan memanfaatkan *eco-enzyme* berbasis limbah organik rumah tangga. Hingga saat ini limbah organik rumah tangga di wilayah RT 25, Kelurahan Graha Indah Balikpapan, belum dimanfaatkan dan hanya dibiarkan begitu saja.

Limbah organik rumah tangga yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya mengakibatkan pencemaran udara (menimbulkan bau yang tidak sedap), mencemari lingkungan (air dan tanah) serta menjadi pemicu munculnya penyakit yang berdampak pada kesehatan masyarakat (Fadlila, 2023 ; Ekawandani & Alvianingsih, 2018). Kegiatan sosialisai bertujuan untuk untuk

meningkatkan pengetahuan mitra. Lebih jelasnya kegiatan sosialisasi kegiatan PkM disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sosialisasi pemanfaatan dan teknik pembuatan *eco-enzyme*

Kegiatan kemudian dilanjutkan dengan pelatihan pembuatan *eco-enzyme* berbasis limbah organik rumah tangga. Tahap awal yang dilakukan adalah melakukan sortasi limbah buah (nanas, jambu, buah naga, pisang dan jeruk) yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *eco-enzyme*. Sortasi dilakukan untuk memilah buah yang belum terkontaminasi mikroba patogen lebih lanjut yang ditandai dengan munculnya *off flavor* (aroma asam dan busuk). Buah yang busuk dianggap sebagai kontaminan dan berpotensi menghambat proses fermentasi.

Tahap selanjutnya dilakukan pemotongan limbah produk hortikultura menjadi ukuran seragam. Pemotongan buah secara seragam dapat mempercepat proses fermentasi. Hasil pemotongan limbah buah disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemotongan limbah buah bahan baku *eco-enzyme*

Tahap berikutnya dilakukan penimbangan bahan yang digunakan meliputi limbah hortikultura (limbah buah nanas, jambu, buah naga, pisang dan jeruk), air dan gula aren dengan berat masing-masing 3:10:1. Keseluruhan bahan kemudian dimasukkan ke dalam wadah dan dilakukan homogenisasi (pengadukan dilakukan hingga gula aren larut). Tahap berikutnya dilakukan penutupan wadah dan proses fermentasi dapat segera dimulai. Fermentasi *eco-enzyme* dilakukan selama 90 hari dengan menempatkan larutan pada suhu ruang.



Gambar 3. Kegiatan Pelatihan dan Pendampingan

Eco-enzyme dengan usia fermentasi 60-90 hari dapat dimanfaatkan oleh mitra sebagai pupuk organik dalam budidaya aquaponik. *Eco-enzyme* yang dicampur dalam pakan ikan dapat meningkatkan penyerapan nutrisi seperti protein, yang dapat digunakan dalam pertumbuhan dan perkembangan ikan (Rachmawati *et al.*, 2019; Sikku *et al.*, 2023).



Gambar 4. *Eco-enzyme* kegiatan PkM

Cairan *eco-enzyme* mengandung unsur Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) yang dapat memacu pertumbuhan tanaman (Fadlila *et al.*, 2023). Hal tersebut juga sejalan dengan pernyataan Pakki *et al.*, (2021) dimana *eco-enzyme* juga mengandung hormone alami, sehingga dengan demikian *eco-enzyme* dapat digunakan sebagai POC (Pupuk Organik Cair) karena kandungan unsur hara makro dan mikro.

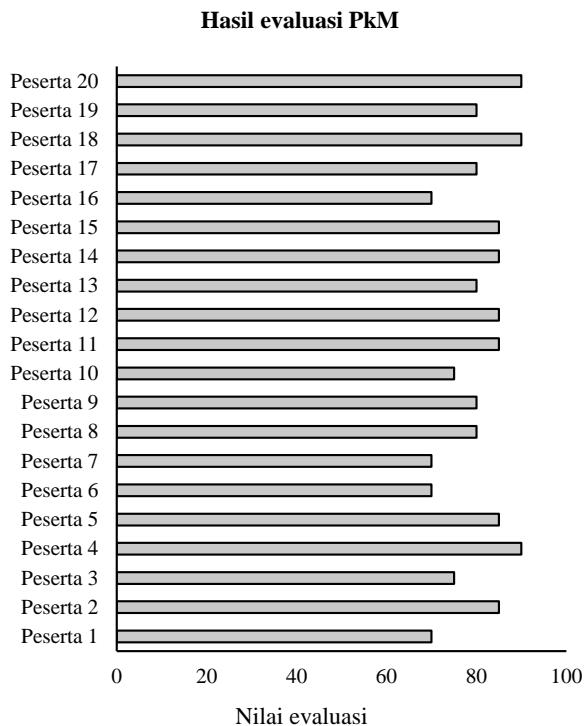
Benny *et al.*, (2023) menyatakan bahwa budidaya akutultur (budidaya ikan dan tumbuhan air) yang semakin berkembang pesat karena tingginya permintaan protein hewani berkontribusi nyata terhadap pencemaran lingkungan. Budidaya ikan/ akutultur menghasilkan lumpur (dalam bentuk bubur) yang banyak mengandung ammonia, nitrogen beserta senyawa turunannya, fosfor, karbon organik terlarut, dan nitrit (Manios *et al.*, 2002). Dalam teknik budidaya amonia dan nitrat dalam jumlah yang terlalu banyak dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan ikan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penambahan *eco-enzyme* untuk menurunkan kadar ammonia dan nitrat.

Eco-enzyme mampu mengubah ammonia menjadi nitrat yang dapat digunakan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan tanaman (Pakki *et al.*, 2021). *Eco-enzyme* juga dapat mengubah karbondioksida (CO₂) menjadi karbonat (CO₃) yang sangat berguna bagi tanaman maupun organisme perairan (ZWI, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Trisno *et al.*, (2023) menunjukkan hasil bahwa *penggunaan eco-enzyme* dalam teknik budidaya sawi *aquaponic* dengan konsentrasi 15 ml/L memberikan hasil positif terhadap jumlah daun, tinggi dan berat panen sawi hijau (*Brassica juncea* L).

Lebih luas lagi, *eco-enzyme* dimanfaatkan sebagai degradator limbah seperti halnya yang dilaporkan Patel *et al.*, (2021) dimana limbah rumah tangga yang ditambah *eco-enzyme* berbasis limbah kulit jeruk optimal dalam menurunkan *Total Dissolved Solids* (TDS), sedangkan *eco-enzyme* berbasis bunga *marigold* (*Tegates erecta* L) optimal dalam menurunkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), penurunan TDS dan COD pada limbah rumah tangga berlangsung selama 50 hari.

Evaluasi Kegiatan

Guna mengetahui keberhasilan PkM, segenap tim pengabdian melakukan evaluasi dengan memberikan kuesioner yang berisikan 15 butir soal yang bersifat *multiple choice*. Kuesioner diberikan kepada mitra yang berjumlah 20 orang peserta. Hasil kuesioner disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil evaluasi kegiatan PkM

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 20 peserta mampu melewati ambang batas nilai minimum, dimana sebanyak 5 peserta memperoleh nilai 70, 2 orang peserta memperoleh nilai 75, 4 orang peserta memperoleh nilai 80, 6 orang peserta memperoleh nilai 85 dan 3 orang peserta memperoleh nilai 90. Dengan demikian kegiatan PkM pembuatan *eco-enzyme* sebagai pupuk organik dalam budidaya aquaponik dapat dinyatakan berhasil. Guna memastikan keberlanjutan program, segenap tim pengabdian akan terus melakukan pendampingan dan melakukan tindakan perbaikan jika ditemukan ketidaksesuaian.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengolahan limbah organik rumah tangga seperti limbah buah nanas, jambu, buah naga, pisang dan jeruk), gula aren dan air menjadi *eco-enzyme* di Kelurahan Graha Indah RT 25 dapat dijadikan solusi pengolahan limbah *organic* rumah tangga dan *eco-enzyme* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai limbah *organic* dalam budidaya *aquaponic*. *Eco-enzyme* sangat cocok diaplikasikan dalam teknik budidaya *aquaponic* karena banyak mengandung sumber nutrisi seperti unsur Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) yang dapat membantu pertumbuhan tanaman. Kegiatan PkM dinyatakan berhasil karena keseluruhan peserta dapat memperoleh nilai evaluasi sesuai dengan ketentuan.

6. REFERENCES

- Beards, E., Tuohy, K., & Gibson, G. (2010). Bacterial, SCFA and gas profiles of a range of food ingredients following in vitro fermentation by human colonic microbiota. *Anaerobe*, 16(4), 420–425. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2010.05.006>
- Benny, N., Shams, R., Dash, K. K., Pandey, V. K., & Bashir, O. (2023). Recent trends in utilization of citrus fruits in production of *eco-enzyme*. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100657>
- Das, P., Dutta, A., Panchali, T., Khatun, A., Kar, R., Das, T. K., Phoujdar, M., Chakrabarti, S., Ghosh, K., & Pradhan, S. (2024). Advances in therapeutic applications of fish oil: A review. In *Measurement: Food* (Vol. 13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.meaf.2024.100142>
- Ekawandani, N., & Alvianingsih, (2018). Efektifitas kompos daun menggunakan EM4 dan kotoran sapi. *TEDC* (Vol. 12, Issue 2).
- Fadlilla, T., Budiastuti, Mt. S., & Rosariastuti, M. R. (2023). Potential of Fruit and Vegetable Waste as *Eco-enzyme* Fertilizer for Plants. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4),

2191–2200.

<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3010>

- Hasanah, Y., Ginting, J., & Syahputra, A. S. (2022). Role of potassium source from *eco-enzyme* on growth and production of shallot (*Allium ascalonicum* L.) varieties.
- Handayani, L. (2018, April). Pemanfaatan lahan sempit dengan sistem budidaya aquaponik. In *prosiding seminar nasional hasil pengabdian* (Vol. 1, No. 1, pp. 118-126).
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of *eco-enzyme* for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016>
- Inhu, Y. P. E. T., Mojiono, M., Wati, W., Setiawan, A. N., Prasetyo, R. D. N., Aminulloh, R., & Rahman, A. (2024). Pelatihan Pembuatan *Eco-enzyme* Bersama Warga Rutan Kelas IIB Bangkalan untuk Pemanfaatan Sampah Organik. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 8(2), 203–210. <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v8i2.7489>
- Manios, T., Stentiford, E. I., & Millner, P. A. (2002). The removal of NH₃-N from primary treated wastewater in subsurface reed beds using different substrates. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 37(3), 297–308. <https://doi.org/10.1081/ESE-120002829>
- Patel, B. S., Solanki, B. R., & Mankad, A. U. (2021). Effect of *eco-enzymes* prepared from selected *organic* waste on domestic waste water treatment. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 10(1), 323-333.
- Pakki, T., Adawiyah, R., Yuswana, A., Namriah, N., Dirgantoro, M. A., & Slamet, A. (2021). Pemanfaatan *eco-enzyme* berbahan dasar sisa bahan organik rumah tangga dalam budidaya tanaman sayuran di pekarangan. *Prosiding Pepadu*, 3, 126-134.
- Ramadani, A. H., Rosalina, R., & Ningrum, R. S. (2019). *Prosiding Seminar Nasional HAYATI VII Tahun*.

- Rangkuti, K., Ardilla, D., & Ketaren, B. R. (2022). Pembuatan *eco-enzyme* dan photosynthetic bacteria (PSB) sebagai pupuk booster organik tanaman. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(4), 3076. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i4.9381>
- Rochyani, N., Kusmindari, C. D., & Sari, W. F. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Waktu Operasi Terhadap Parameter Hasil Fermentasi Limbah Organik. *Prosiding Semnastek*.
- Rachmawati, D., Samidjan, I., Pranggono, H., & Agus, M. (2019). Penambahan probiotik yang berbeda pada pakan buatan terhadap kinerja pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
- Sikku, E. S., Umar, N. A., & Indrawati, E. (2023). Penggunaan *eco-enzim* dengan dosis berbeda pada teknologi akuaponik sederhana untuk optimalisasi pertumbuhan ikan nila *oreochromis niloticus*. *Journal of Aquaculture and Environment*, 5(2), 60–65. <https://doi.org/10.35965/jae.v5i2.2284>
- Supriyani, Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh variasi gula terhadap produksi ekoenzim menggunakan limbah buah dan sayur. *EDUSAINTEK*, 4.
- Trisno, E., Abri, A., & Nasution, M. A. (2024). Respon Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau *Brassica juncea* L. Pada Budidaya Ikan Nila *Oreochromis niloticus* Dengan Aplikasi Eko-Enzim Teknologi Akuaponik Sederhana. *PALLANGGA: Journal of Agriculture Science and Research*, 2(1), 01–10. <https://doi.org/10.56326/pallangga.v2i1.3042>
- Vama, L. A. P. S. I. A., & Cherekar, M. N. (2020). Production, extraction and uses of *eco-enzyme* using citrus fruit waste: wealth from waste. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc*, 22(2), 346-351.
- Vidalia, C., Angelina, E., Hans, J., Field, L. H., Santo, N. C., & Rukmini, E. (2023). *Eco-enzyme* as disinfectant: a systematic literature review. *International Journal of Public Health Science*, 12(3), 1171–1180. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v12i3.22131>
- Wuni, O. C., Husaini, A., Wulandari, P., Tinggi, S., Kesehatan, I., & Jambi, H. I. (2021). Pelatihan

pembuatan *eco-enzyme* dari limbah organik rumah tangga sebagai alternatif cairan pembersih alami. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(4). <https://zerowaste.id/zero-waste-lifestyle/eco-enzyme/>.

Yep, B., & Zheng, Y. (2019). *Aquaponic trends and challenges – A review*. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 228, pp. 1586–1599). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>

Zero Waste Indonesia. 2022. Zero Waste Indonesia/Manajemen Sampah/*Eco-enzyme* . <https://zerowaste.id/zero-waste-lifestyle/eco-enzyme/>