



JURNAL ABDI INSANI

Volume 13, Nomor 3, Maret 2026

<http://abdiinsani.unram.ac.id>. e-ISSN : 2828-3155. p-ISSN : 2828-4321



PELATIHAN PEMBUATAN PUPUK CAIR DARI LIMBAH AIR KOLAM IKAN UNTUK PERTANIAN TERPADU DI DESA BUNUTIN

*Training on Producing Liquid Fertilizer From Fish Pond Wastewater for Integrated Farming
in Bunutin Village*

**Ni Putu Anglila Amaral*, Nyoman Yudiarini, Susanti Rambu Sori, Dionisius Savio Batas, I
Gusti Lanang Ag. Jelantik Dwija**

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Mahasaraswati
Denpasar

Jl. Kamboja No 11 A, Denpasar 80233

*Alamat Korespondensi: anglilaamaral@unmas.ac.id

(Tanggal Submission: 6 Oktober 2025, Tanggal Accepted : 20 Maret 2026)



Kata Kunci :

*Pupuk Cair,
Limbah air
kolam ikan,
Pertanian
Terpadu,
Pengabdian
kepada
Masyarakat,
Pertanian
Berkelanjutan*

Abstrak :

Transformasi limbah air kolam ikan menjadi pupuk cair dapat dianggap sebagai inovasi strategis guna menunjang keberlanjutan sistem pertanian-perikanan terpadu di wilayah pedesaan. Air kolam ikan mengandung unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang apabila diolah melalui proses fermentasi dengan aktivator mikroba dapat menjadi pupuk alami yang efektif serta ramah lingkungan. Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Bunutin, Kecamatan Bangli, dengan tujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam memproduksi pupuk cair organik dari limbah air kolam, khususnya dari budidaya ikan lele dan nila. Jumlah petani yang disertakan pada program pengabdian ini berjumlah 20 orang peserta. Kegiatan ini bertujuan agar petani dapat mengurangi biaya penggunaan pupuk pada budidaya tanaman padi maupun tanaman hortikultura di Desa Bunutin. Kegiatan pelatihan mencakup sosialisasi, demonstrasi langsung, dan pendampingan kelompok tani yang mengintegrasikan budidaya ikan dengan pertanian padi dan hortikultura. Materi yang diberikan meliputi pengenalan kandungan nutrisi limbah air kolam, praktik penyaringan, pencampuran dengan molase dan EM4, serta fermentasi selama 7–14 hari. Pengukuran menggunakan pre-test dan post-test menunjukkan adanya perkembangan signifikan pada pemahaman dan keterampilan peserta, di mana lebih dari 70% dari 20 orang peserta menjadi terampil dalam membuat pupuk cair. Serta 76% anggota sangat paham terhadap pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan. Program ini membuktikan bahwa dengan memanfaatkan limbah air kolam ikan, ketergantungan pada pupuk kimia dapat diminimalkan, biaya produksi dapat



Open access article under the CC-BY-SA license.

Copy right © 2026, Semadi et al.,

1527

ditekan, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. Selain itu, kegiatan ini memperkuat ketahanan pangan lokal dengan menerapkan prinsip pertanian sirkuler, di mana limbah perikanan diolah menjadi input produktif untuk lahan pertanian. Secara keseluruhan, pelatihan ini berhasil memberdayakan petani untuk memproduksi pupuk cair secara mandiri serta membuka peluang pengembangan produk lokal ramah lingkungan yang memiliki potensi pasar.

Key word :

*Liquid Fertilizer,
Fish Pond
Wastewater,
Integrated
Farming,
Community
Service,
Sustainable
Agriculture*

Abstract :

Transforming fish pond wastewater into liquid fertilizer can be considered a strategic innovation to support the sustainability of integrated agriculture–aquaculture systems in rural areas. Fish pond water contains essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium which, when processed through fermentation using microbial activators, can become an effective and environmentally friendly organic fertilizer. This community service program was carried out in Bunutin Village, Bangli District, with the aim of improving farmers' knowledge and skills in producing organic liquid fertilizer from fish pond wastewater, particularly from catfish and tilapia cultivation. A total of 20 farmers participated in this program. The activity is intended to help farmers reduce fertilizer costs in rice cultivation and horticultural crops in Bunutin Village. The training activities included socialization, hands-on demonstrations, and mentoring for farmer groups that integrate fish farming with rice and horticultural cultivation. The materials provided covered an introduction to the nutrient content of pond wastewater, practical filtration techniques, mixing with molasses and EM4, and fermentation for 7–14 days. Assessments using pre-tests and post-tests showed significant improvements in participants' understanding and skills, with more than 70% of the 20 participants becoming proficient in producing liquid fertilizer. Moreover, 76% of participants demonstrated a strong understanding of how to produce liquid fertilizer from fish pond wastewater. This program proved that utilizing fish pond wastewater helps reduce dependence on chemical fertilizers, lowers production costs, and supports environmental sustainability. Additionally, the activity strengthens local food security through the implementation of circular agriculture principles, where aquaculture waste is converted into productive inputs for agricultural land. Overall, this training successfully empowered farmers to produce liquid fertilizer independently and opened opportunities for developing environmentally friendly local products with market potential.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Amaral, N. P. A., Yudiarini, N., Sori, S. R., Batas, D. S., & Dwija, I. G. L. A. J. (2026). Pelatihan Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Air Kolam Ikan untuk Pertanian Terpadu di Desa Bunutin. *Jurnal Abdi Insani*, 13(3), 1527-1535. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v13i3.3304>

PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi di wilayah pedesaan pada dasarnya bertumpu pada sektor pertanian dan perikanan, karena sebagian besar masyarakat menggantungkan hidup pada kedua sektor tersebut. Desa Bunutin, Kecamatan Bangli. Mayoritas masyarakat desa ini berprofesi ganda, yakni sebagai petani dan juga pembudidaya ikan, khususnya ikan lele dan nila. Integrasi antara perikanan dan pertanian telah lama menjadi praktik masyarakat setempat, namun pengelolaan yang dilakukan masih bersifat sederhana dan belum sepenuhnya optimal. Masalah yang cukup serius terletak pada banyaknya limbah air kolam ikan yang dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu. Padahal,



Open access article under the CC–BY-SA license.

Copy right © 2026, Semadi et al.,

1528

air kolam ikan sebenarnya mengandung residu pakan, kotoran ikan, dan mikroorganisme yang kaya akan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Amir *et al.*, 2022). Unsur-unsur ini merupakan nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman, namun karena belum difermentasi dan dimanfaatkan dengan tepat, kandungan tersebut belum bisa memberikan hasil yang maksimal bagi lahan pertanian. Total luas kolam yang dimiliki oleh Desa Bunutin adalah kurang lebih 1 hektar dengan kedalaman 1,5 meter yang diperkirakan menghasilkan volume limbah sebesar 15.000 m³ setiap harinya. Sehingga, bila dihitung dalam 1 bulan yaitu 450.000 m³.

Di sisi lain, harga pupuk kimia yang semakin mahal dan keterbatasan akses petani terhadap pasokan pupuk menjadi kendala serius dalam menjaga keberlanjutan usaha pertanian. Biaya pupuk setiap bulan diperlukan sekitar Rp. 11.440.000 setiap bulannya. Keadaan ini memerlukan pengembangan inovasi yang berorientasi pada efisiensi biaya, berwawasan lingkungan, dan dapat diimplementasikan langsung oleh petani. Pemanfaatan limbah air kolam ikan menjadi pupuk cair organik merupakan salah satu solusi tepat yang dapat menjawab permasalahan tersebut (Bahri & Nurmi, 2022). Dengan mengolah limbah perikanan menjadi pupuk cair, masyarakat tidak hanya memperoleh alternatif pupuk yang murah dan mudah dihasilkan, tetapi juga dapat menekan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah secara langsung ke sungai maupun lahan terbuka (FAO, 2022).

Melalui program pengabdian kepada masyarakat, Universitas Mahasaraswati Denpasar berinisiatif untuk memberikan pelatihan pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan di Desa Bunutin. Program ini dirancang agar masyarakat mendapatkan pengetahuan teoritis sekaligus keterampilan praktis dalam memanfaatkan limbah ikan melalui proses fermentasi menggunakan bahan tambahan seperti molase dan aktivator mikroba (EM4). Proses fermentasi ini berfungsi untuk menstabilkan unsur hara dan meningkatkan populasi mikroorganisme baik sehingga kualitas pupuk cair lebih optimal untuk diaplikasikan pada lahan pertanian (Soetedjo *et al.*, 2023). Pelatihan dilakukan secara bertahap, dimulai dari penyuluhan, demonstrasi langsung, pendampingan praktik, hingga evaluasi hasil melalui penerapan pupuk cair pada tanaman hortikultura dan padi.

Fokus kegiatan ini diarahkan pada peningkatan kemampuan masyarakat Desa Bunutin untuk mengolah limbah air kolam ikan menjadi pupuk cair organik bernilai tambah. Harapan dari pelatihan ini ialah agar masyarakat dapat mengolah pupuk cair sendiri dengan menggunakan teknik yang tepat, sehingga mampu mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. Selain itu, tujuan lainnya adalah memperkenalkan prinsip pertanian terpadu dan sirkuler, di mana hasil samping dari satu kegiatan (perikanan) dapat menjadi input yang bermanfaat bagi kegiatan lain (pertanian), sehingga tercipta sistem usaha tani yang efisien, hemat biaya, dan berkelanjutan.

Adapun manfaat dari kegiatan ini dapat dirasakan dalam berbagai aspek. Dari sisi ekonomi, petani dapat menekan biaya pembelian pupuk kimia sekaligus meningkatkan produktivitas lahan dengan pupuk organik buatan sendiri (Fauziyah & Firdausya, 2021). Dari sisi lingkungan, pemanfaatan limbah ikan dapat mengurangi potensi pencemaran air dan tanah, sekaligus menjaga ekosistem desa tetap lestari. Dari sisi sosial, program ini dapat meningkatkan keterampilan masyarakat, memperkuat kerjasama antaranggota kelompok tani, serta membuka peluang usaha baru apabila pupuk cair yang dihasilkan dapat dikemas dan dipasarkan sebagai produk lokal ramah lingkungan. Dalam jangka panjang, kegiatan ini diproyeksikan menjadi model pertanian terpadu yang berkelanjutan sekaligus dapat dijadikan acuan bagi desa lain dengan karakteristik yang sama.

METODE KEGIATAN

1. Waktu dan tempat pelaksanaan

Studi dilaksanakan pada 01 Agustus 2025. Tempat pelaksanaan kegiatan di Desa Bunutin, Kecamatan Bangli, Kabupaten Bangli.



2. Tim Pelaksana

Pelaksana kegiatan oleh dosen, tenaga kependidikan, dan mahasiswa Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Mahasaraswati Denpasar.

3. Target Peserta

Peserta yang terlibat antara lain masyarakat yang memiliki mata pencaharian budidaya ikan lele dan nila dan memiliki tanah pertanian serta telah membentuk kelompok dengan jumlah peserta 20 orang

4. Metode Pelaksanaan Kegiatan

a. Tahap Persiapan

Kegiatan ini melalui beberapa tahapan, yaitu studi pustaka/literatur, pengurusan izin pengabdian, pembagian tugas tim, koordinasi dengan mitra untuk rencana kegiatan, penyusunan buku pedoman sesuai target luaran, penetapan jadwal pelaksanaan, serta persiapan sarana dan prasarana untuk kegiatan lapangan.

b. Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Mengacu pada solusi yang disepakati, langkah penyelesaian masalah dibagi ke dalam dua metode kegiatan, yakni melalui kegiatan sosialisasi dan pendampingan, dengan materi berupa pelatihan mengenai pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan sebagai upaya peningkatan SDM kelompok diwujudkan

c. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi kegiatan dilakukan secara rutin dengan mitra, mencakup pengukuran pemahaman melalui pretest dan posttest serta penilaian keterampilan melalui observasi lapangan menggunakan skala likert (1–4) yaitu tidak terampil/paham (skor 1), cukup terampil/paham (skor 2), terampil/paham (skor 3), dan sangat terampil/paham (skor 4). Apabila ditemukan kendala atau hasil yang kurang memadai, maka diskusi dalam bentuk Focus Group Discussion (FGD) akan dilaksanakan untuk menentukan langkah yang tepat. Peran evaluasi adalah menjadi alat ukur untuk menilai keberhasilan program berdasarkan kriteria tertentu, khususnya dalam hal pencapaian sasaran yang telah ditargetkan. Evaluasi dilaksanakan secara bertahap, menyesuaikan dengan setiap tahapan kegiatan yang dijalankan, antara lain sebagai berikut:

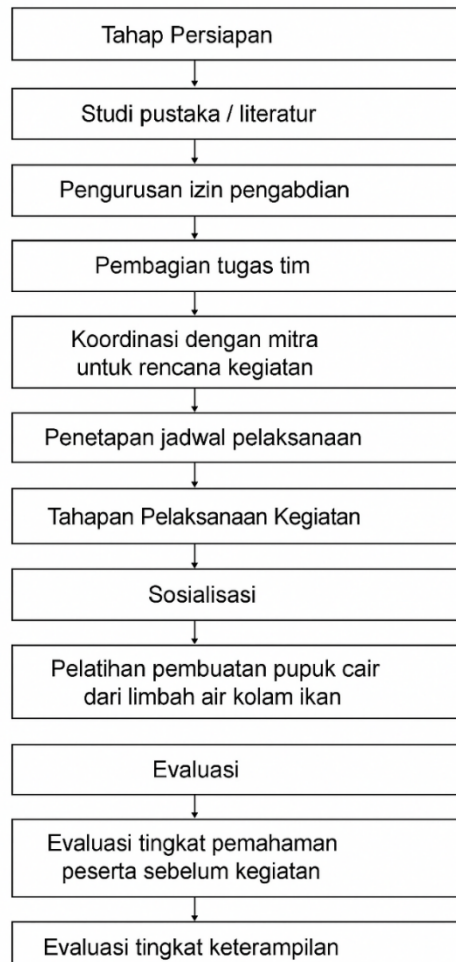
- a. Evaluasi tingkat pemahaman kelompok dari sosialisasi yang dilaksanakan dengan pre-post test serta kehadiran peserta
- b. Evaluasi tingkat keterampilan peserta dari semua pelatihan yang diberikan dengan memanfaatkan skoring
- c. Evaluasi akan kinerja TTG yang dibantukan.

d. Keberlanjutan program

Tindak lanjut program dilakukan dengan pemeliharaan melalui kunjungan periodik kepada mitra, sehingga kesinambungan kegiatan pengabdian dapat terjaga. Program di Desa Bunutin diharapkan menjadi rujukan dalam mengintegrasikan perikanan serta pertanian.

e. Partisipasi Mitra

Mitra berpartisipasi melalui berbagai bentuk dukungan, antara lain menyiapkan bahan pelatihan, membantu pengumpulan anggota, menyediakan konsumsi, serta terlibat aktif dalam diskusi dengan anggota maupun tim pelaksana. Di samping itu, mitra juga memberikan penilaian terhadap soft skill mahasiswa, meliputi kejujuran, etos kerja, kemampuan kolaborasi, dan keterampilan berkomunikasi.



Gambar. 1 Diagram Alir Kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pelatihan diisi oleh narasumber Ir. I Made Suryana, M.Si bertujuan untuk mengedukasi petani dan pembudidaya ikan tentang cara sederhana dan efektif dalam memanfaatkan limbah air kolam ikan menjadi pupuk cair organik. Air kolam budidaya ikan terutama dari ikan lele, nila, dan mas, mengandung residu pakan, ekskresi ikan, serta mikroorganisme yang kaya unsur hara, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang sangat bermanfaat bagi tanaman.

Materi pelatihan mencakup:

- Pengenalan kandungan nutrisi limbah air kolam. Penelitian oleh Amir *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pupuk cair dari air kolam dapat mengandung nitrogen 1,33%, fosfor 0,44%, dan kalium 0,38%, meskipun masih di bawah standar SNI, namun cukup efektif untuk skala rumah tangga dan pertanian kecil.
- Langkah pembuatan pupuk cair: peserta diajak mempraktikkan proses penyaringan air kolam, pencampuran dengan molase dan aktivator mikroba (EM4), lalu fermentasi selama 7–14 hari dalam wadah tertutup. Proses ini bertujuan meningkatkan kandungan mikroorganisme baik dan stabilisasi unsur hara dalam larutan.
- Aplikasi pada tanaman: pupuk cair kemudian diuji coba langsung pada tanaman hortikultura seperti tomat dan cabai. Studi oleh Soetedjo *et al.* (2023) menyatakan bahwa pengaplikasian 25–45 ml pupuk cair ikan per tanaman mampu meningkatkan kadar nitrogen dan fosfor dalam tanah Alfisol serta menghasilkan panen tomat yang lebih tinggi hingga 526 gram per tanaman.

- Manfaat tambahan: pelatihan ini juga mengenalkan prinsip pertanian sirkuler, di mana limbah dari kegiatan budidaya ikan tidak hanya tidak mencemari lingkungan, tetapi justru menjadi input produktif bagi lahan pertanian di sekitarnya.

Dengan pendekatan yang praktis, pelatihan ini dirancang agar peserta bisa langsung menerapkan teknologi tersebut secara mandiri di rumah atau kebun. Harapannya, petani tidak hanya bisa mengurangi biaya pupuk kimia, tetapi juga menjaga kualitas air dan tanah secara berkelanjutan.



Gambar. 2 Pelatihan Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah air kolam ikan

Pemanfaatan limbah air kolam ikan sebagai pupuk cair semakin mendapat perhatian dalam penelitian terkini, sejalan dengan program pelatihan di Desa Bunutin. Thanh *et al.* (2024) menemukan bahwa kombinasi 30% lumpur perikanan dan 70% limbah pertanian menghasilkan pupuk organik yang memenuhi hampir semua standar kualitas, sehingga menegaskan pentingnya integrasi limbah lokal dalam meningkatkan mutu pupuk (Da *et al.*, 2020 ; Cerozi *et al.*, 2022 ; Thanh, *et al.* 2023).

Kajian lain, pada endapan kolam budidaya ikan snakehead membuktikan bahwa pupuk dari limbah tersebut dapat menyuburkan tanaman hortikultura, terutama jika diperkaya dengan bahan tambahan lokal seperti kulit kacang tanah dan serat kelapa. Hal ini sejalan dengan potensi lokal Desa Bunutin yang kaya sumber daya pertanian. Selain itu, penelitian Chin *et al.*(2017) menekankan bahwa pengolahan biologis limbah cair industri perikanan menghasilkan pupuk cair yang ramah lingkungan, meskipun masih terdapat tantangan kadar garam. Sementara itu, Purnamasari *et al.* (2019) menegaskan efektivitas pupuk cair ikan dengan dosis tepat, di mana konsentrasi 600–700 ml per liter mampu meningkatkan hasil tanaman kale di lahan gambut.

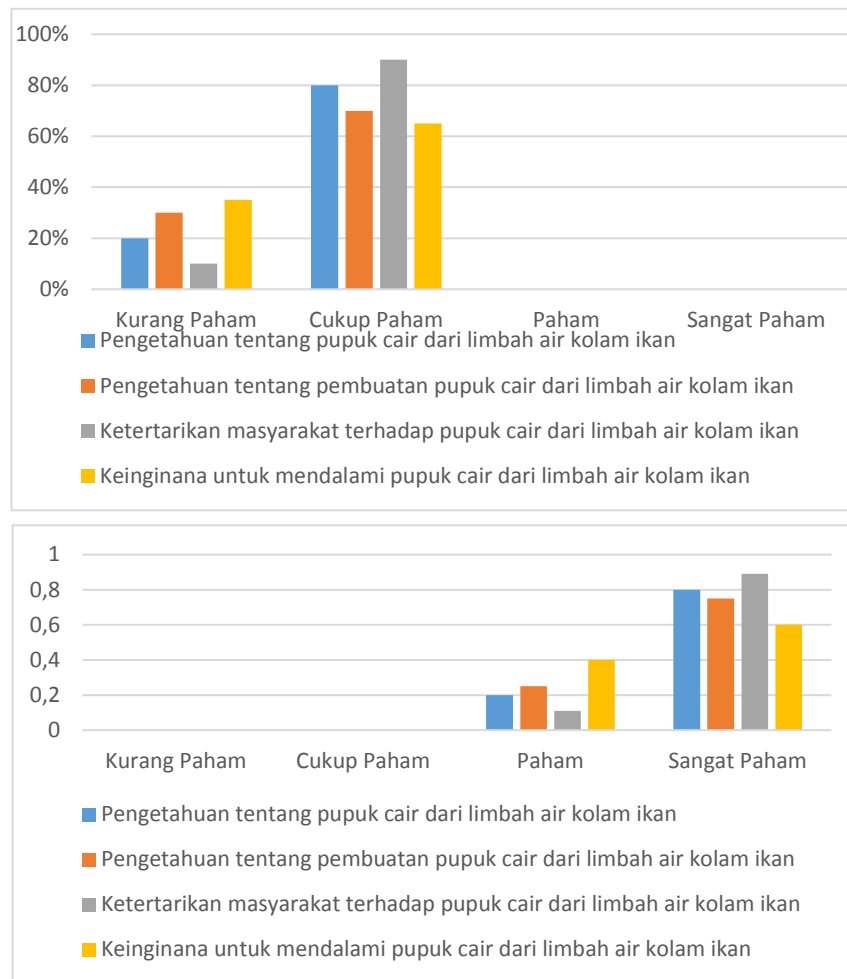
Lebih lanjut, Widnyana *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pupuk cair dari campuran limbah tanaman, ternak, dan ikan mampu meningkatkan produksi bunga marigold hingga lebih dari 300% dibanding kontrol, bahkan melampaui pupuk NPK. Hal ini memberikan gambaran bahwa sinergi antarjenis limbah dapat menghasilkan pupuk yang lebih efektif. Dari sisi konsep, Pajura *et.al.* (2023) memperkenalkan pendekatan ekonomi sirkular dalam produksi pupuk cair dari digestate dan alga, yang selaras dengan tujuan keberlanjutan dalam pelatihan di Desa Bunutin.

Selain itu, pemanfaatan sludge ikan dalam sistem akuaponik, sebagaimana dibahas dalam sebuah tinjauan oleh Zhang *et.al* (2021), menunjukkan bahwa re-mineralisasi dapat meningkatkan efisiensi pemulihan nutrisi, membuka peluang bagi pengembangan sistem pertanian tertutup di masa depan. Integrasi budidaya ikan, hortikultura, dan limbah rumah tangga meningkatkan efisiensi serta mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, mirip dengan model yang dilaksanakan di Bunutin.

Berdasarkan kajian-kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa pelatihan pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan di Desa Bunutin telah selaras dengan bukti ilmiah terbaru. Proses fermentasi, integrasi limbah lokal, pendekatan ekonomi sirkular, hingga peluang pemasaran produk ramah lingkungan semuanya mendukung keberhasilan program ini. Melalui dukungan yang berkesinambungan, pelatihan ini tidak hanya memperkuat keterampilan petani, tetapi juga mendorong terciptanya pertanian terpadu yang mandiri, produktif, serta berkelanjutan.

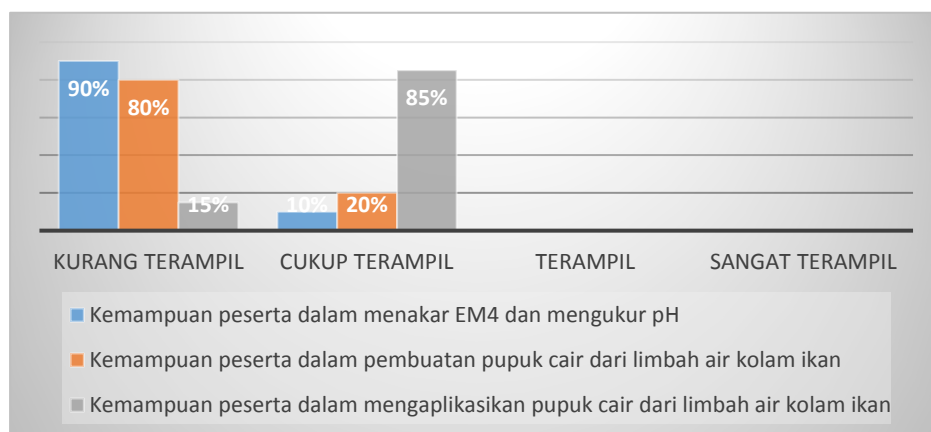
Program penyuluhan dan pendampingan pembuatan pupuk cair dari air kolam ikan dievaluasi dengan meninjau pemahaman peserta/masyarakat menggunakan kuesioner pre-test dan post-test.

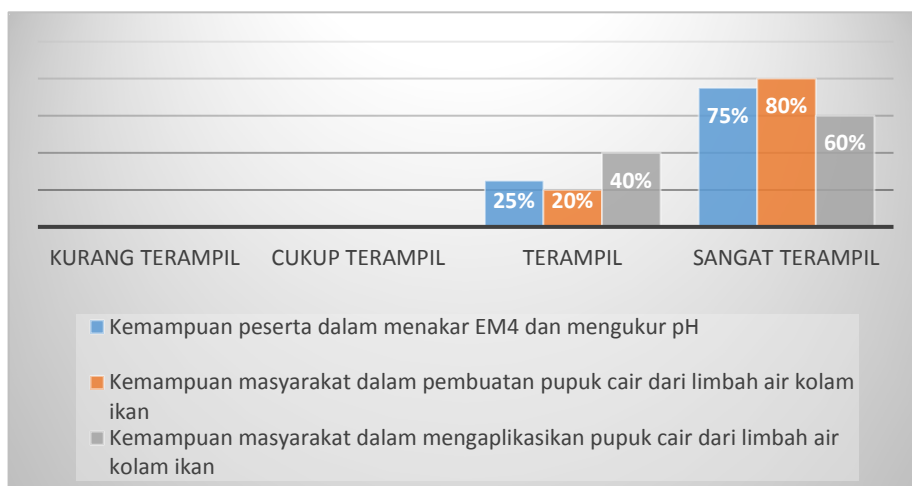
Pre-test diberikan sebelum pelatihan, dan post-test dilaksanakan setelah pelatihan selesai. Hasil pelatihan memperlihatkan peningkatan rata-rata pemahaman peserta yaitu dari 24% kurang paham menjadi 76% sangat paham tentang potensi pupuk cair dan pemahaman tentang pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan yang tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pre test (Atas) dan Pos test (Bawah)

Peningkatan keterampilan anggota terlihat melalui hasil evaluasi pendampingan. Pre-test dan post-test menunjukkan perubahan rata-rata dari 62% kurang terampil menjadi 72% sangat terampil (Gambar 4).





Gambar 4. Hasil Pre test (Atas) dan Pos test (Bawah)

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan di Desa Bunutin terbukti memberikan dampak positif bagi petani dan pembudidaya ikan karena mampu mengubah limbah kolam yang semula terbuang menjadi pupuk organik bernutrisi tinggi yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman, khususnya padi dan hortikultura. Melalui kegiatan ini, masyarakat memperoleh peningkatan pemahaman akan pengetahuan tentang pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan sebesar 76% sangat paham. Sedangkan, keterampilan dalam pembuatan pupuk cair peningkatan ketrampilan nya 72% sangat terampil dalam pembuatan pupuk cair dari limbah air kolam ikan. Agar manfaatnya lebih optimal, disarankan petani rutin menggunakan pupuk cair tersebut dalam budidaya, kelompok tani mengembangkan produksi bersama agar distribusinya lebih luas, serta adanya pendampingan lanjutan dari penyuluh untuk memastikan penerapan yang benar. Lebih jauh, peluang pengemasan dan pemasaran pupuk cair sebagai produk lokal ramah lingkungan perlu dikembangkan sehingga dampak program ini melampaui peningkatan produktivitas pertanian, dengan membuka potensi ekonomi tambahan bagi warga Desa Bunutin.

Petani disarankan untuk terus menggunakan pupuk cair dari air kolam secara rutin agar hasilnya dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Kelompok tani juga dapat memproduksi pupuk cair secara bersama-sama agar dapat dimanfaatkan lebih luas oleh seluruh anggota. Untuk memastikan teknik pembuatan dan penerapannya dilakukan dengan benar, diperlukan pemantauan lanjutan dari penyuluh pertanian. Selain itu, pupuk cair ini berpotensi dikembangkan sebagai produk lokal ramah lingkungan jika dikemas dalam botol dan dipasarkan di desa maupun pasar terdekat. Secara keseluruhan, kegiatan ini mencerminkan konsep pertanian terpadu yang menghubungkan budidaya ikan dengan penyuburan lahan pertanian, sehingga menciptakan sistem yang efisien dan saling menguntungkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Universitas Mahasaraswati Denpasar yang telah mendukung secara finansial melalui Program PKM Hibah Internal 2025 (Nomor Kontrak K. K.270/C.01.01/Lppm-Unmas/2025), serta kepada Dinas Pertanian, Ketahanan Pangan dan Perikanan Kabupaten Bangli atas segala dukungan dan kemudahan dalam pelaksanaan program. Apresiasi juga kami sampaikan kepada mitra kami, Desa Bunutin, Kecamatan Bangli, Kabupaten Bangli.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, N., Muzakki, H., Alisiyah, H. N., & Apriyanto, R. A. N. (2022). Analisis Tekno-Ekonomi Produksi Pupuk Cair Ramah Lingkungan dari Limbah Air Budidaya Ikan Berbasis Masyarakat. *Rekayasa: Journal of Science and Technology*, 15(2), 223–232. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.15494>
- Bahri, S., & Nurmi, N. (2022). Membangun Desa Mandiri Pupuk Berbasis Zero Waste sebagai Upaya Peningkatan Taraf Hidup Masyarakat Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Sibermas (Sinergi Pemberdayaan Masyarakat)*, 11(4), 665–673.
- Cerozi, B. S., Arlotta, C. G., & Richardson, M. L. (2022). Fish Effluent as a Source of Water and Nutrients for Sustainable Urban Agriculture. *Agriculture*, 12(12), 1975. <https://doi.org/10.3390/agriculture12121975>
- Chin, Y. C., & Redzwan, G. (2017). Biological Treatment of Fish Processing Saline Wastewater for Reuse as Liquid Fertilizer. *Sustainability*, 9(7), 1062. <https://doi.org/10.3390/su9071062>
- Da, C. T., Tu, P. A., Livsey, J., Tang, V. T., Berg, H., & Manzoni, S. (2020). Improving Productivity in Integrated Fish-Vegetable Farming Systems with Recycled Fish Pond Sediments. *Agronomy*, 10(7), 1025. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071025>
- Fauziah, E., & Firdausya, R. (2021). Dampak Program Gerakan Pakan Mandiri terhadap Pendapatan dan Risiko Bisnis Usaha Budidaya Lele. *Jurnal Agriscience*, 2(1), 27–35.
- Food and Agriculture Organization. (2022). *Sustainable Aquaculture and Agriculture Practices*. FAO.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Strategi Pengembangan Agroakuakultur di Indonesia*. Pusat Data dan Informasi Pertanian.
- Pajura, R., Masion, A., & Czarnota, J. (2023). The Use of Waste to Produce Liquid Fertilizers in Terms of Sustainable Development and Energy Consumption in the Fertilizer Industry: A Case Study from Poland. *Energies*, 16(4), 1747. <https://doi.org/10.3390/en16041747>
- Purnamasari, A., Surachman, & Hadijah, S. (2019). The Effect of Liquid Organic Fertilizer from Fish Waste on the Growth and Yield of Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) on Peat Soil. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 8(3), 77–86.
- Soetedjo, I. N. P., Benggu, Y. I., Kappa, M., & Tupen, A. B. (2023). The Effect of Application of Fish Waste Liquid Fertilizer and Active Powder of AHL on Nutrient Content and Tomato Yield. *AGRISA*, 12(1), 45–54.
- Thanh, D. T., Ty, M. N., & Tuyet, N. H. A. (2024). Using Aquaculture Waste Sludge and Agricultural By-Products to Produce Organic Fertilizer. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 40(4), 45–57.
- Thanh, D. T., Ty, N. M., Hi, N. V., Berg, H., Nguyen, T. K. O., Vu, P. T., Minh, V. Q., & Da, C. T. (2023). Effects of Organic Fertilizers Produced from Fish Pond Sediment on Growth Performance and Yield of Malabar Spinach and *Amaranthus* Vegetables. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1045592. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1045592>
- Widnyana, I. K., Ariati, P. E. P., Sumantra, K., Wijaya, I. M. H., Suanda, I. W., Hedroko, R., Adinurani, P. G., Ekawati, I., Purbajanti, E. D., Anwar, S., & Bouchama, K. (2023). The Effect of Liquid Organic Fertilizer from Plant Waste and Fishery Wastes on Growth of Marigold. *E3S Web of Conferences*, 423, 00014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343200014>
- Zhang, H., Gao, Y., Liu, J., Lin, Z., Lee, C. T., Hashim, H., Wu, W. M., & Li, C. (2021). Recovery of Nutrients from Fish Sludge as Liquid Fertilizer to Enhance Sustainability of Aquaponics: A Review. *Chemical Engineering Transactions*, 83, 55–60. <https://doi.org/10.3303/CET2183010>