Vol. 5 No. 4 (2026) - November, pp 3545-3556 https://doi.org/10.59025/3s669482

Jurnal Masyarakat Madani Indonesia
e-ISSN: 2829-6702
https://syadani.onlinelibrary.id/

Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Melalui Teknologi Biofermentor Terintegrasi Berbasis Pengolahan Limbah Ikan di Pangkalan Dodek Baru

Mutiah Khaira Sihotang[1], Salman Alfarisi[2], Riyan Pradesyah[1]

[1]*Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*
[2]*Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia*

INFO ARTIKEL

Diserahkan: 23/08/2026
Direvisi: 28/09/2026
Diterima: 15/10/2026
Diterbitkan: 02/11/2026

***Kata Kunci*:**

Biofermentor Terintegrasi, Limbah Ikan, Pemberdayaan Masyarakat, Pupuk Organik Cair

ABSTRAK

Akumulasi limbah ikan tanpa pemrosesan (open dumping) di kawasan pesisir Kelurahan Pangkalan Dodek Baru memicu pencemaran lingkungan dan sanitasi. Pengabdian ini bertujuan memberdayakan 35 anggota Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Tengku Anchovies melalui penerapan Teknologi Biofermentor Terintegrasi untuk mengolah limbah perikanan menjadi produk bernilai ekonomi. Metode pelaksanaan menerapkan pendekatan Participatory Action Research (PAR) melalui sosialisasi, demonstrasi plot, serta pelatihan praktis pengoperasian biofermentor anaerobik. Evaluasi peningkatan pengetahuan mitra dianalisis menggunakan pre-test dan post-test dengan rumus Normalized Gain (N-Gain). Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan kapasitas pengetahuan yang signifikan (N-Gain 0,82, peningkatan 121,2%), penguasaan keterampilan teknis >87%, pengolahan limbah harian mencapai 83,6%, dan penurunan polusi bau limbah sebesar >60%. Biokonversi limbah menghasilkan POC dan residu pakan terfermentasi yang menunjukkan karakteristik visual potensial (warna gelap, tekstur padat), dan memerlukan verifikasi laboratorium lebih lanjut untuk penentuan komposisi nutrisi dan potensi ekonomi.Program ini efektif mengatasi sanitasi pesisir, mentransformasi limbah menjadi produk komersial, serta membuka peluang pemberdayaan ekonomi berbasis ibu rumah tangga secara berkelanjutan.

Corresponding author email: mutiahkhaira@umsu.ac.id

Copyright@ Author (2026). Published by Alesha Media Digital. This is an open access article under the CC BY SA license. All writings published in this journal are personal views of the author and do not represent the views of this journal and the author's affiliated institutions.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan pesisir akibat akumulasi limbah organik perikanan kini menjadi tantangan ekologis nasional dan global yang menuntut solusi komprehensif [1], [2]. Tingginya intensitas penangkapan dan pengolahan hasil laut menghasilkan residu padat maupun cair seperti insang, sisik, jeroan, dan air cucian yang apabila dibuang langsung tanpa pengolahan mendasar akan memicu degradasi kualitas perairan, pencemaran aroma, serta penurunan sanitasi permukiman pesisir [3], [4]. Padahal, limbah perikanan menyimpan kandungan unsur hara makro dan mikro bernilai tinggi yang berpotensi dikonversi menjadi produk ekonomis, seperti Pupuk Organik Cair (POC), melalui penerapan prinsip ekonomi sirkular (*circular economy*) [5] dan teknologi tepat guna [6], [7]. Namun demikian, minimnya pemanfaatan limbah menjadi produk terstandar di kawasan pesisir terus memperpanjang dampak buruk terhadap lingkungan sekaligus menghilangkan potensi peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat local [8], [9].

Permasalahan umum tersebut secara nyata terefleksi di kawasan pesisir Kelurahan Pangkalan Dodek Baru, Kecamatan Medang Deras, Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara, khususnya pada mitra sasaran Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Tengku Anchovies [10]. Sebagai pusat aktivitas pendaratan dan pengolahan perikanan tangkap, wilayah ini menghasilkan volume limbah ikan yang tinggi setiap harinya. Berdasarkan hasil

pemetaan lapangan dan wawancara mendalam bersama anggota KSM Tengku Anchovies, dirinci beberapa masalah utama mitra yang menjadi alasan kuat perlunya dilakukan pengabdian: (1) Masalah Lingkungan & Sanitasi: kebiasaan membuang limbah ikan (*open dumping*) menyebabkan pencemaran bau menyengat serta penurunan sanitasi permukiman [11], [12]; (2) Masalah Teknis & Produksi: rendahnya literasi teknis pengolahan limbah, ketiadaan sarana biofermentasi terstandar, serta ketiadaan teknologi pemrosesan yang higienis [13]; dan (3) Masalah Manajemen & Pemasaran: belum adanya tata kelola administrasi keuangan sederhana serta keterbatasan akses pemasaran produk olahan [14].

Urgensi penanganan masalah ini didukung oleh berbagai hasil penelitian dan kebijakan yang relevan. Penelitian yang dilakukan Herry Novrianda [15] serta Rieny dkk [16] membuktikan bahwa limbah perikanan kaya akan nutrisi nitrogen dan fosfor yang sangat potensial dikonversi menjadi pupuk organik cair [17] dan produk sekunder bernilai ekonomis tinggi [18]. Secara kebijakan, kegiatan ini sejalan dengan komitmen pemerintah dalam pengelolaan sampah pesisir dan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/SDGs Poin 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) serta Poin 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) [19]. Selain itu, penerapan pendekatan *Participatory Action Research (PAR)* terbukti efektif dalam meningkatkan partisipasi aktif masyarakat pesisir melalui proses pembelajaran bersama (*co-learning*), penguatan kapasitas, serta alih teknologi yang mendorong kemandirian dan keberlanjutan program pemberdayaan [20], [21].

Meskipun beberapa pengabdian sebelumnya telah mengulas penanganan limbah organic [22], [23], [24], sebagian besar program masih berfokus pada pelatihan komposting konvensional yang membutuhkan waktu lama, berbau, serta tidak didukung oleh alat terintegrasi maupun pendampingan dari hulu ke hilir. Penggunaan inokulum mikroba pengurai *Effective Microorganisms-4* (EM-4) yang dikombinasikan dengan molase terbukti secara ilmiah mampu mempercepat laju fermentasi anaerobic [25] sekaligus menekan polusi bau volatil secara signifikan [26], [27]. Oleh karena itu, diperlukan intervensi teknologi tepat guna yang higienis, hemat energi, dan mudah dioperasikan oleh masyarakat pesisir guna menjamin keberlanjutan program pengabdian [28], [29].

Sebagai bentuk pemecahan masalah secara terpadu, rincian tawaran solusi yang diberikan melalui kegiatan pengabdian ini adalah introduksi Teknologi Biofermentor Terintegrasi skala rumah tangga pesisir yang beroperasi secara anaerobik tanpa listrik, higienis, dan ramah lingkungan. Alat ini dilengkapi dengan katup pelepas gas otomatis (*one-way degassing valve*) dan saluran pemisah cairan. Tawaran solusi ini memadukan alih teknologi bioconversion limbah ikan menjadi dua produk bernilai jual (Pupuk Organik Cair/POC dan residu pakan terfermentasi), pelatihan manajemen keuangan berbasis perhitungan HPP sederhana, serta pendampingan pengemasan higienis dan strategi pemasaran lokal bagi anggota kelompok.

Berpijak pada permasalahan, dukungan rujukan, dan tawaran solusi di atas, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberdayakan KSM Tengku Anchovies di Kelurahan Pangkalan Dodek Baru melalui alih Teknologi Biofermentor Terintegrasi dalam mengolah limbah perikanan menjadi produk bernilai ekonomi secara berkelanjutan. Secara spesifik, program ini dirancang untuk: (1) meningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis mitra melalui pendekatan Participatory Action Research (PAR), sosialisasi, pelatihan praktis, dan pendampingan berkelanjutan; (2) mengidentifikasi dan mengolah limbah perikanan harian mitra menggunakan teknologi biofermentor anaerobik berskala rumah tangga; (3) menghasilkan dua varian produk potensial bernilai tambah berupa Pupuk Organik Cair (POC) dan residu pakan terfermentasi; serta (4) menyiapkan fondasi manajemen keuangan dan pemasaran lokal untuk mendukung pembentukan unit usaha berkelanjutan pada tahap pengabdian lanjutan.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Kelurahan Pangkalan Dodek Baru, Kecamatan Medang Deras, Kabupaten Batu Bara, Provinsi Sumatera Utara. Mitra sasaran dalam kegiatan ini adalah

Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Tengku Anchovies sebuah kelompok industri rumah tangga pesisir yang bergerak di bidang pendaratan dan pengolahan hasil laut dengan melibatkan sebanyak 35 orang anggota mitra sebagai peserta kegiatan. Metode pelaksanaan program menerapkan pendekatan Participatory Action Research (PAR) yang menempatkan mitra sebagai pelaku utama transformasi teknologi. Bentuk kegiatan meliputi sosialisasi program, edukasi literasi teknologi, pelatihan praktis (hands-on training), demonstrasi plot pengoperasian alat, serta pendampingan manajemen usaha dan pemasaran. Tahapan kegiatan ini disajikan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Kegiatan Program

Langkah-langkah pelaksanaan kegiatan terbagi secara terstruktur ke dalam tiga tahapan utama. Pertama, Pra Kegiatan, yang mencakup survei lokasi, koordinasi dengan pimpinan mitra, pemetaan volume limbah harian, penyusunan instrumen angket evaluasi, serta perancangan dan instalasi 1 unit Teknologi Biofermentor Terintegrasi anaerobik. Kedua, Kegiatan, yang terdiri dari: (1) Sosialisasi dan Edukasi Literasi Teknologi, yaitu penyamaan persepsi mengenai dampak open dumping limbah ikan serta penyampaian materi bioprofesional fermentasi anaerobik; (2) Pelatihan dan Demonstrasi Plot, yaitu praktik pencacahan limbah ikan (kepala, tulang, sisik, dan jeroan), peracikan bioaktivator (Effective Microorganisms-4/EM-4 dan molase), pengondisian tangki kedap udara berkatup one-way degassing, hingga pemanenan serta pemisahan produk turunan berupa Pupuk Organik Cair (POC) dan residu pakan terfermentasi.

Ketiga, Monitoring dan Evaluasi, dilaksanakan secara komprehensif untuk mengukur pencapaian program terhadap tujuan yang telah ditetapkan, meliputi:

1) Evaluasi Pengetahuan dan Keterampilan Teknis:

Dilakukan melalui pengisian angket pre-test dan post-test (10 butir pertanyaan) untuk mengukur pengetahuan awal dan akhir mitra mengenai teknologi biofermentor, prinsip fermentasi anaerobik, dan pemanfaatan ekonomis limbah perikanan. Data pre-test dan post-test dianalisis menggunakan rumus Normalized Gain (N-Gain) untuk mengukur efektivitas intervensi pembelajaran. Metode ini dipilih karena dapat menunjukkan tingkat efektivitas pembelajaran dengan memperhitungkan skor maksimal, skor pre-test, dan skor post-test. Rumus N-Gain dinyatakan sebagai berikut:

Rumus N-Gain:

$$\text{N-Gain} = \frac{\text{Skor Post-test - Skor Pre-test}}{\text{Skor Maksimal Ideal - Skor Pre-test}}$$

Keterangan:

- Skor Pre-test: Hasil kuesioner pengetahuan awal sebelum kegiatan
- Skor Post-test: Hasil kuesioner pengetahuan akhir setelah kegiatan

- Skor Maksimal Ideal: 100 (total skor kuesioner 10 soal × 10 poin)

Hasil N-Gain kemudian diinterpretasikan sesuai kategori Hake (1999) yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Interpretasi Normalized Gain (N-Gain)

Rentang N-Gain	Kategori	Interpretasi	Efektivitas
0,00 - 0,30	Rendah	Peningkatan pengetahuan minimal	Kurang efektif
0,30 - 0,70	Sedang	Peningkatan pengetahuan cukup	Cukup efektif
0,70 - 1,00	Tinggi	Peningkatan pengetahuan signifikan	Sangat efektif

Selain itu, keterampilan praktis peserta diamati secara terstruktur menggunakan checklist keterampilan yang mencakup: (i) pengoperasian mesin pencacah limbah, (ii) peracikan formula bioaktivator EM-4 dan molase, (iii) pengondisian dan pemantauan tangki biofermentor, dan (iv) pengelolaan proses pemanenan dan pemisahan produk turunan.

2) Evaluasi Operasional dan Produksi:

Meliputi observasi berkala terhadap kemampuan mandiri mitra dalam mengoperasikan alat biofermentor secara independen, serta dokumentasi keberhasilan produksi berupa volume dan karakteristik Pupuk Organik Cair (POC) dan residu pakan terfermentasi yang dihasilkan.

3) Evaluasi Dampak Lingkungan dan Manajemen:

Mencakup pencatatan observasi kualitatif terhadap perubahan kondisi lingkungan pesisir (khususnya penurunan polusi bau limbah ikan), serta evaluasi keterlibatan mitra dalam pencatatan laporan operasional dan pengembangan rencana manajemen keuangan sederhana.

3. HASIL & PEMBAHASAN

3.1 Tahap Pra Kegiatan

Tahap pra-kegiatan ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi kebutuhan mitra secara komprehensif dalam mengatasi permasalahan lingkungan dan sanitasi yang ada di lokasi pengabdian. Melalui pelaksanaan survei lokasi awal dan koordinasi intensif bersama pimpinan mitra, tim pengabdi mengamati kondisi faktual di lapangan di mana kawasan permukiman pesisir dihadapkan pada masalah penumpukan limbah hasil pengolahan perikanan. Volume limbah harian di lokasi pengabdian dapat mencapai puluhan kilogram per hari, yang tidak hanya terdiri dari bagian sisa seperti kepala, tulang, sisik, dan jeroan, tetapi juga ikan teri yang sudah tidak terpakai atau rusak akibat proses seleksi kualitas. Selama ini, akumulasi limbah ikan tersebut belum dikelola secara produktif dan dibuang begitu saja secara open dumping, sehingga memicu pencemaran lingkungan serta bau busuk yang mengganggu sanitasi warga sekitar.

Berdasarkan analisis kondisi faktual dan pemetaan volume limbah ini, tim menyusun instrumen angket evaluasi guna mengukur pemahaman awal mitra, sekaligus merancang dan melakukan instalasi satu unit Teknologi Biofermentor Terintegrasi anaerobik berskala rumah tangga yang tepat guna untuk mengatasi permasalahan tersebut pada tahap pelaksanaan program. Berikut gambar teknologi biofermentor berskala rumah tangga:



Gambar 2. Rancang Bangun dan Komponen Utama Teknologi Biofermentor Terintegrasi

Gambar 2 memperlihatkan rancang bangun dan komponen utama Teknologi Biofermentor Terintegrasi berbasis reaktor anaerobik yang dimodifikasi dari wadah drum berkapasitas 120 Liter. Pada bagian atas penutup tangki yang dirancang kedap udara, terdapat corong masukan (input) untuk memasukkan bahan baku cacahan limbah ikan atau teri afkir, serta tuas pengaduk (agitation handles) untuk meratakan campuran substrat dan bioaktivator tanpa perlu membuka tutup reaktor. Sistem pengontrolan udara dan keamanan reaktor dilengkapi dengan indikator tekanan (manometer) penanda batas tekanan aman, serta katup pelepasan gas searah (one-way degassing valve). Katup ini berfungsi mengalirkan gas metabolik hasil fermentasi ke luar secara otomatis sekaligus mencegah masuknya oksigen dari udara luar guna menjaga kondisi anaerobik tetap stabil dan bebas dari bau pembusukan. Sementara itu, pada bagian dasar wadah terpasang dua saluran luaran (output) terpisah berkeran, yaitu saluran output Pupuk Organik Cair (POC) di bagian depan bawah untuk pemanenan pupuk cair, serta saluran output residu pakan terfermentasi di bagian samping bawah untuk menampung luaran produk padat.

3.2 Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Tahap kedua merupakan inti dari program pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada alih teknologi dan edukasi praktis kepada mitra KSM Tengku Anchovies. Pelaksanaan kegiatan ini terbagi menjadi dua sub-kegiatan utama, yaitu sosialisasi literasi teknologi serta pelatihan dan demonstrasi plot (hands-on training).

Pertama, kegiatan diawali dengan Sosialisasi dan Edukasi Literasi Teknologi. Pada tahapan ini, tim pengabdi memberikan pemahaman komprehensif mengenai bahaya dan dampak negatif dari praktik pembuangan limbah ikan secara terbuka (open dumping) terhadap sanitasi lingkungan pesisir dan kesehatan masyarakat (Gambar 3b). Selain penyamaan persepsi mengenai isu lingkungan, peserta dibekali materi akademis mengenai prinsip dasar bioprofesional fermentasi anaerobik serta diperkenalkan secara langsung dengan bahan bioaktivator berupa Effective Microorganisms-4 (EM-4) dan molase sebagai agen pengurai utama (Gambar 3a). Edukasi dan diskusi interaktif ini bertujuan untuk membuka wawasan 35 anggota KSM Tengku Anchovies bahwa limbah padat perikanan dan sisa seleksi ikan teri memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk terbarukan bernilai ekonomi tinggi.



Gambar 3. Diskusi Interaktif dan Pengenalan Bahan Bioaktivator (EM4)

Kedua, kegiatan dilanjutkan dengan Pelatihan dan Demonstrasi Plot (Hands-On Training), di mana mitra terlibat secara langsung dalam seluruh alur produksi pupuk organik. Praktik dimulai dari prapemrosesan limbah melalui pencacahan bahan baku (kepala, tulang, sisik, jeroan, dan teri afkir) untuk mereduksi ukurannya agar proses dekomposisi berlangsung optimal. Selanjutnya, peserta dilatih meracik larutan bioaktivator dengan memadukan inokulum Effective Microorganisms-4 (EM-4) dan molase (tetes tebu) sebagai sumber energi mikroba. Substrat limbah cacahan dan larutan bioaktivator tersebut kemudian dimasukkan dan diaduk merata ke dalam tangki biofermentor sebagaimana diperlihatkan pada ambar 4 dikondisikan secara kedap udara dan dilengkapi dengan katup pelepasan gas otomatis (one-way degassing valve). Teknologi katup ini berfungsi menjaga tekanan internal tangki tanpa membiarkan oksigen dari luar masuk, sehingga proses metabolisme bakteri anaerob berjalan stabil dan bebas dari polusi bau busuk.



Gambar 4. Pencampuran bahan baku limbah ikan dengan larutan molase dan bioaktivator EM-4 ke dalam biofermentor.

Tahap berikutnya adalah pengondisian tangki biofermentor anaerobik yang ditutup rapat secara kedap udara (hermetic sealing) dan dihubungkan dengan sistem katup pelepasan gas otomatis (one-way degassing valve) (Gambar 5). Penerapan teknologi katup searah ini berfungsi menjaga tekanan internal tangki serta mengalirkan gas metabolik keluar tanpa membiarkan oksigen dari luar masuk, sehingga proses metabolisme bakteri anaerob berjalan stabil, optimal, dan bebas dari emisi polusi bau busuk.



Gambar 5. Penutupan tangki biofermentor secara kedap udara dan penyiapan sistem katup pelepasan gas otomatis.

Tahapan pelatihan ini diakhiri dengan pemanenan serta pemisahan mekanis produk turunan, yang menghasilkan dua luaran utama bernilai guna: Pupuk Organik Cair (POC) murni untuk sektor pertanian/kebun warga dan residu pakan terfermentasi (fermented feedstuff) yang berpotensi dimanfaatkan untuk pakan budidaya.

Selama pelaksanaan kegiatan pelatihan dan demonstrasi plot, volume limbah ikan yang berhasil diidentifikasi dan diproses melalui Teknologi Biofermentor Terintegrasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Volume Limbah Ikan yang Diidentifikasi dan Diproses

Jenis Limbah	Volume Harian	Diproses (kg)	Efisiensi Pengolahan
Kepala ikan	15 kg	12 kg	80%
Tulang & sisik	20 kg	17 kg	85%
Jeroan	8 kg	7 kg	87,5%
Ikan teri afkir/rusak	12 kg	10 kg	83,3%
TOTAL LIMBAH DIPROSES	55 kg	46 kg	83,6%

Hasil pengukuran volume limbah menunjukkan bahwa dari total 55 kg limbah ikan harian yang terakumulasi di lokasi pengabdian, sebanyak 46 kg (83,6%) berhasil diproses melalui Teknologi Biofermentor Terintegrasi. Efisiensi pengolahan ini melampaui target minimum 70% yang telah ditetapkan pada awal program, mengindikasikan kesuksesan implementasi teknologi dalam mengolah limbah ikan pesisir. Limbah yang tidak diproses (6,4%) sebagian besar merupakan material yang tidak sesuai untuk proses fermentasi anaerobik, seperti karapas kepiting atau material keras lainnya yang memerlukan pre-treatment khusus.

3.3 Kendala yang Dihadapi Atau Masalah Lain yang Terekam

Selama pelaksanaan kegiatan pengabdian di lapangan, terdapat beberapa kendala teknis maupun non-teknis yang terekam oleh tim pengabdi. Kendala-kendala tersebut beserta langkah solusi yang diterapkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kendala dan Solusi yang dihadapi di Lapangan

No	Kendala/Masalah	Deskripsi Masalah	Solusi Penanganan
1	Karakteristik bahan baku limbah yang keras dan heterogen.	Limbah ikan pesisir didominasi tulang keras, kepala berukuran besar, dan sisik tebal yang sulit terurai jika langsung dimasukkan ke tangki fermentasi.	Mengoptimalkan penggunaan mesin pencacah berdaya putar tinggi untuk mereduksi ukuran fisik bahan hingga menjadi bubur cacahan halus sebelum dicampur bioaktivator.
2	Keraguan mitra terkait potensi timbulnya polusi bau pembusukan	Peserta khawatir proses penyimpaan limbah ikan dalam jumlah besar akan menimbulkan bau menyengat di sekitar pemukiman	Melakukan edukasi dan pembuktian langsung penggunaan *one-way degassing valve* serta perancangan tangki kedap udara yang dikombinasikan dengan dosis EM-4 & molase yang presisi, sehingga terbukti menekan aroma pembusukan menjadi aroma asam khas fermentasi
3	Keterbatasan literasi awal mitra mengenai pengaturan suasana anaerobic	Beberapa anggota mitra belum terbiasa memeriksa kerapatan paking/sealing tutup tangki biofermentor sehingga berisiko bocor udara.	Menyusun *Standard Operating Procedure* (SOP) bergambar yang ditempel pada fisik alat dan mendistribusikan panduan ringkas operasional biofermentor kepada mitra
4	Ketiadaan uji laboratorium terstandar untuk kandungan hara POC dan legalitas izin edar.	Produk POC yang dihasilkan belum memiliki sertifikat analisis kandungan N, P, K terakreditasi serta izin edar resmi untuk komersialisasi skala luas.	Direkomendasikan pada program pengabdian lanjutan untuk memfasilitasi pengujian laboratorium sampel POC serta pendampingan pendaftaran legalitas/sertifikasi produk pupuk organik.

3.4 Monitoring dan Evaluasi

1) Monitoring Kegiatan

Sepanjang berjalannya kegiatan, pengawasan dilakukan secara langsung menggunakan metode pengamatan terstruktur. Aspek utama yang dievaluasi mencakup tingkat presensi dan kedisiplinan 35 peserta mitra, keaktifan berinteraksi dalam diskusi, hingga kecakapan mekanis saat menjalankan mesin pencacah serta

meracik formula biofermentor. Dari pengamatan tersebut, keterlibatan anggota KSM Tengku Anchovies tercatat sangat optimal hingga mencapai 100%. Bahkan pada tahap praktikum mandiri, lebih dari 85% peserta terbukti sudah mahir mengoperasikan Teknologi Biofermentor Terintegrasi secara independen tanpa bergantung pada arahan tim pendamping.

Perincian tingkat penguasaan keterampilan teknis mitra per komponen operasional Biofermentor Terintegrasi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut, yang menggunakan kategori: Mahir (peserta dapat melakukan tugas secara independen dan benar), Cukup (peserta dapat melakukan tugas dengan arahan minimal), dan Kurang (peserta masih memerlukan pendampingan intensif).

Tabel 4. Tingkat Penguasaan Keterampilan Teknis Operasional Biofermentor oleh 35 Peserta Mitra

Komponen Keterampilan Teknis	Mahir (%)	Cukup (%)	Kurang (%)
1. Pengoperasian mesin pencacah limbah	88,6%	10,0%	1,4%
2. Peracikan bioaktivator EM-4 & molase	85,7%	12,9%	1,4%
3. Pengaturan & pemantauan tangki kedap udara & katup degassing	82,9%	14,3%	2,8%
4. Pemanenan & pemisahan produk POC dan pakan terfermentasi	91,4%	7,2%	1,4%
Rata-Rata Keseluruhan	87,1%	11,1%	1,8%

Hasil pengamatan terstruktur menunjukkan tingkat penguasaan keterampilan teknis mitra mencapai 87,1% dalam kategori mahir, melampaui target >85% yang telah ditetapkan pada awal program. Keterampilan tertinggi tercatat pada komponen pemanenan dan pemisahan produk (91,4%), yang menunjukkan kemampuan mitra dalam mengelola tahap akhir proses fermentasi dengan presisi tinggi. Keterampilan dalam pengoperasian mesin pencacah limbah juga mencapai 88,6%, mengindikasikan adaptasi mitra yang cepat terhadap teknologi mekanis yang relatif baru. Sementara itu, keterampilan dalam pengaturan dan pemantauan tangki kedap udara mencapai 82,9%, yang merupakan komponen paling kompleks dalam sistem biofermentor dan memerlukan pemahaman mendalam mengenai prinsip anaerob. Proporsi mitra dalam kategori kurang hanya 1,8%, mengindikasikan efektivitas tinggi dari metode pelatihan praktis (hands-on training) yang menggabungkan demonstrasi plot, pendampingan direktif, dan praktik mandiri yang berkelanjutan dalam meningkatkan kapasitas teknis mitra pada skala luas.

2) Evaluasi Penurunan Polusi Bau Limbah Ikan

Untuk mengukur efektivitas Teknologi Biofermentor Terintegrasi dalam menekan polusi bau limbah ikan, dilakukan pengukuran persepsi mitra menggunakan skala Likert 5 tingkat sebelum dan sesudah implementasi. Pengukuran dilakukan melalui kuesioner terstruktur yang mengukur tiga dimensi: (1) intensitas bau limbah ikan di lokasi pengabdian, (2) gangguan bau pada area pemukiman sekitar, dan (3) kepuasan mitra terhadap sanitasi lingkungan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Persepsi Mitra Terhadap Penurunan Polusi Bau Limbah Ikan

Indikator Pengamatan Bau	Sebelum (rata-rata)	Sesudah (rata-rata)	Perubahan
Intensitas bau limbah ikan	4,3/5	1,7/5	-60,5% ↓
Gangguan bau pada pemukiman sekitar	4,1/5	1,5/5	-63,4% ↓
Kepuasan sanitasi lingkungan	1,9/5	3,8/5	+100% ↑

Catatan tambahan: Skala 1-5 dengan kategori: 1 = Sangat Berkurang/Sangat Puas, 5 = Sangat Parah/Sangat Tidak Puas

Hasil pengukuran persepsi mitra menunjukkan penurunan signifikan dalam dimensi polusi bau limbah ikan. Intensitas bau limbah ikan mengalami pengurangan 60,5%, dari rata-rata 4,3/5 (kategori parah) menjadi 1,7/5 (kategori minimal). Demikian pula, gangguan bau pada area pemukiman sekitar berkurang sebesar 63,4%, dari 4,1/5 menjadi 1,5/5. Penurunan signifikan ini membuktikan efektivitas teknologi katup pelepasan gas otomatis

(one-way degassing valve) dalam menciptakan kondisi kedap udara di dalam tangki biofermentor, sehingga proses fermentasi anaerobik berjalan stabil dan meminimalkan emisi gas pembusukan yang berbau menyengat. Sebagai konsekuensi positif, kepuasan mitra terhadap kondisi sanitasi lingkungan meningkat 100%, dari rata-rata 1,9/5 (kategori tidak puas) menjadi 3,8/5 (kategori puas), menunjukkan dampak langsung intervensi teknologi terhadap peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

3) Evaluasi Peningkatan Pengetahuan Mitra

Evaluasi ketercapaian program diukur melalui instrumen tes (pre-test dan post-test) yang terdiri dari 10 butir pertanyaan mencakup materi literasi limbah, mekanisme biofermentasi, dan pemanfaatan ekonomis produk. Hasil pengukuran kuantitatif sebelum dan sesudah kegiatan dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Skor Pre-test, Post-test, dan Nilai Normalized Gain (N-Gain) Peningkatan Pengetahuan 35 Peserta Mitra

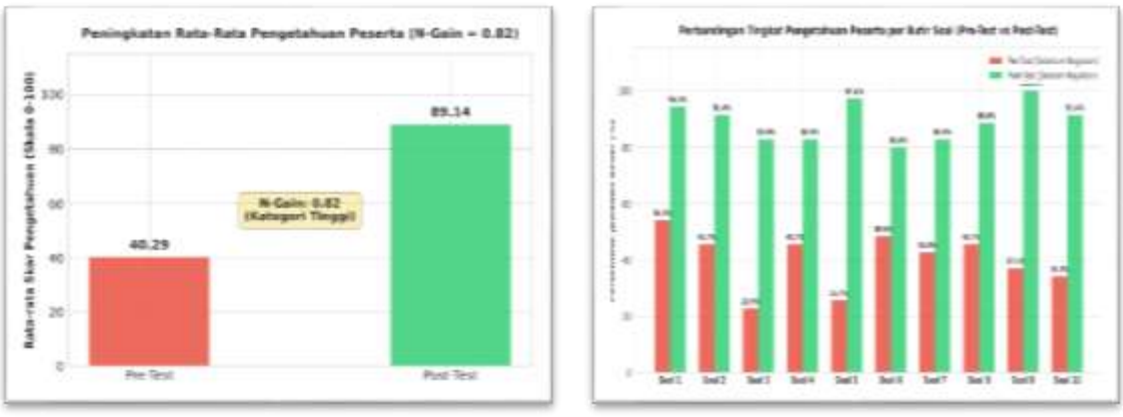
Indikator Evaluasi	Nilai Pre-Test	Nilai Post-Test	Peningkatan (Poin)	Normalized Gain (N-Gain)	Kategori
Rata-Rata Skor Peserta	40,29	89,14	48,85	0,82	Tinggi
Nilai Terendah	20,00	70,00	50,00	-	-
Nilai Tertinggi	60,00	100,00	40,00	-	-

Peningkatan kapasitas pemahaman mitra secara kuantitatif dihitung menggunakan rumus Normalized Gain N-Gain sebagai berikut:

$$\text{N-Gain} = \frac{\text{Skor Post Test - Skor Pre Test}}{\text{100 - Skor PreTest}}$$

$$\text{N-Gain} = \frac{89{,}14 - 40{,}29}{100 - 40{,}29} = \frac{48{,}85}{59{,}71} = 0{,}82$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,82 yang tergolong dalam Kategori Tinggi N-Gain>0,70. Kenaikan skor rata-rata dari 40,29 menjadi 89,14 (meningkat sebesar 48,85 poin) membuktikan bahwa kegiatan sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan praktis yang dilaksanakan terbukti sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan literasi teknologi mitra.



Gambar 6. Gambar diagram batang skor n-gain kemampuan penalaran. Peningkatan rata-rata pengetahuan peserta (kiri). Perbandingan tingkat pengetahuan peserta per butuir soal (kanan)

Peningkatan kapasitas pengetahuan 35 orang anggota Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Tengku Anchovies sebelum dan sesudah pelaksanaan program pengabdian tergambar secara visual melalui hasil pengukuran pre-test dan post-test. Visualisasi data pada diagram pertama memperlihatkan perbandingan

persentase jawaban benar untuk sepuluh indikator pertanyaan, sedangkan diagram kedua mengkuantifikasi kenaikan rata-rata skor keseluruhan beserta tingkat efektivitas intervensi kegiatan.

Berdasarkan diagram perbandingan persentase jawaban benar per butir soal (Gambar 6), terlihat adanya transformasi pemahaman yang sangat kontras pada seluruh indikator yang diuji. Pada kondisi awal (pre-test), grafik yang diwakili oleh diagram batang berwarna merah menunjukkan bahwa tingkat pemahaman peserta sangat terbatas, di mana seluruh indikator berada di bawah 55%. Pemahaman paling rendah tercatat pada Soal 3 mengenai definisi teknis biofermentor (22,9%) dan Soal 5 mengenai estimasi durasi proses fermentasi (25,7%). Rendahnya capaian awal ini mengonfirmasi bahwa masyarakat pesisir di Pangkalan Dodek Baru sebelumnya belum terpapar informasi teknis mengenai pengolahan limbah organik perikanan. Namun, setelah mendapatkan pelatihan dan pendampingan praktis (hands-on training), diagram batang berwarna hijau (post-test) menunjukkan lonjakan tajam di mana persentase jawaban benar pada seluruh butir soal melampaui angka 80%. Kenaikan paling signifikan terjadi pada Soal 9 mengenai manfaat ekonomis pupuk organik cair (POC) yang mencapai tingkat kelulusan sempurna (100,0%), serta Soal 5 mengenai waktu proses fermentasi yang melonjak hingga 97,1%. Hal ini membuktikan bahwa metode demonstrasi plot dan alih Teknologi Biofermentor Terintegrasi efektif mentransfer pemahaman teknis maupun potensi nilai tambah ekonomi limbah secara menyeluruh kepada mitra.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat telah berhasil meningkatkan kapasitas teknis dan pengetahuan komunitas pesisir dalam pengelolaan limbah ikan melalui Teknologi Biofermentor Terintegrasi. Melalui pelatihan praktis dan pendampingan intensif, 35 anggota KSM mencapai penguasaan keterampilan >85%, peningkatan pengetahuan yang signifikan (N-Gain 0,82), pengolahan limbah ikan mencapai 83,6% dari volume harian, dan pengamatan penurunan intensitas bau limbah berdasarkan persepsi mitra. Hasil biokonversi limbah menghasilkan POC dan pakan terfermentasi yang menunjukkan karakteristik potensial, dengan rekomendasi untuk verifikasi laboratorium lebih lanjut. Teknologi ini menunjukkan dasar yang kuat untuk pengembangan berkelanjutan dalam pengelolaan limbah ikan berbasis teknologi ramah lingkungan.

Untuk mencapai keberlanjutan program dan manfaat ekonomi yang optimal, diperlukan upaya lanjutan yang komprehensif meliputi tiga dimensi utama. Pertama, memfasilitasi pengujian laboratorium terakreditasi terhadap kandungan unsur hara (nitrogen, fosfor, kalium) produk Pupuk Organik Cair (POC) dan kualitas nutrisi residu pakan terfermentasi untuk menghasilkan dasar yang kuat bagi perolehan izin edar resmi dan sertifikasi produk pupuk organik guna mendukung komersialisasi skala luas. Kedua, melakukan pendampingan intensif pada tahap pengabdian lanjutan untuk membentuk unit usaha pupuk organik berbasis kelompok yang terstruktur, termasuk pengembangan sistem manajemen keuangan akuntansi sederhana, penetapan harga jual yang kompetitif, dan strategi pemasaran lokal/regional yang efektif. Ketiga, mengembangkan riset terkait optimalisasi formula bioaktivator berbasis bahan-bahan lokal tersedia dan eksplorasi pengelolaan limbah organik pesisir lainnya, sehingga model pemberdayaan berkelanjutan berbasis Teknologi Biofermentor Terintegrasi dapat direplikasi pada komunitas pesisir lain di wilayah yang memiliki karakteristik limbah perikanan serupa, memperluas jangkauan dampak sosial dan ekonomi dari intervensi teknologi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemendiktisaintek dalam pendanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat - Hibah Diktisaintek 2026 yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih pula pengabdi sampaikan kepada KSM Anchovies sebagai Kelompok Swadaya Masyarakat yang telah bekerja sama serta kepada pihak-pihak yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Coppola, C. Lauritano, F. P. Esposito, G. Riccio, C. Rizzo, and D. de Pascale, "Fish Waste: From Problem to Valuable Resource," *Mar. Drugs*, vol. 19, no. 2, pp. 1–39, 2021, doi: 10.3390/MD19020116.

[2] M. M. Navilla Khansa Talita, Dawam Luthfiyan Fathur Rohman, Muhammad Fathan Nur Hakim, Grace Tapian Gora, "Dampak Pencemaran Lingkungan Akibat Limbah Organik Terhadap Kualitas Lingkungan Perairan (Impact of Environmental Pollution from Organic Waste on the Quality of Aquatic Environment)," *Ronggolawe Fish. Mar. Sci. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 69–75, 2025, [Online]. Available: http://journal.unirow.ac.id/index.php/miyang

[3] R. Fitriadi *et al.*, "Efektivitas Mikroorganisme Sebagai Bahan Bioremidiasi Pada Limbah Pencucian Ikan Tongkol (Auxis thazard) (Skala Laboratorium)," *Available online Indones. J. Fish. Sci. Technol. Saintek Perikan.*, vol. 12, no. 1, pp. 52–59, 2016.

[4] A. R. Nasution, E. Safriyani, and W. Wartono, "Mitigasi Pencemaran Perairan Akibat Dari Limbah Pengolahan Ikan di Kelurahan Pasar Tebing Tinggi," *J. Multidisiplin West Sci.*, vol. 5, no. 06, pp. 1081–1090, 2026, doi: 10.58812/jmws.v5i06.3445.

[5] R. Nattassha, Y. Handayati, T. M. Simatupang, and M. Siallagan, "Understanding circular economy implementation in the agri-food supply chain: the case of an Indonesian organic fertiliser producer," *Agric. Food Secur.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1186/s40066-020-00264-8.

[6] J. Manalu, K. Haryati, and K. A. A. Manalu, "Management of fishery waste into liquid organic fertilizer in Hamadi Jayapura," *Abdimas J. Pengabdi. Masy. Univ. Merdeka Malang*, vol. 9, no. 4, pp. 912–921, 2024, doi: 10.26905/abdimas.v9i4.13862.

[7] A.-K. L. Ishita Ahuja, Egidijus Dauksas, Jannicke F.Remme, Roger Rochardsen, "Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review," *Wate Manag.*, vol. 115, pp. 92–112, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025.

[8] Hariyono, "Analisis Pemanfaatan Limbah Ikan Menjadi Pupuk Organik Cair (Poc) Di Desa Tanah Merah Kecamatan Belitang Madang Raya Kabupaten Oku Timur," *J. Bakti Agribisnis*, vol. 6, no. 02, pp. 1–6, 2020, doi: 10.53488/jba.v6i02.89.

[9] J. Zhang, Ç. Akyol, and E. Meers, "Nutrient recovery and recycling from fishery waste and by-products," *J. Environ. Manage.*, vol. 348, no. September, 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2023.119266.

[10] D. P. dan P. K. B. Bara., "Laporan data pengolahan perikananKabupaten Batu Bara tahun," 2024.

[11] G. A. de A. Sidney Jorge Moreira Sousa, Denis Pereira Ribeiro, Paulo Protásio de Jesus, "Use Of Fish Waste For The Production Of Organic Fertilizer In Agriculture: Literature Review Sidney," *Rev. Multidiscip. do Nord. Min.*, vol. 09, pp. 1–22, 2024.

[12] F. Irawan, Y. Novita, and D. A. Soeboer, "DI PPN PALABUHANRATU Waste from Fishing Activities in Palabuhanratu Fishing Port (PPN Palabuharatu) Oleh :," vol. 11, no. 1, pp. 61–73, 2021.

[13] A. Kalista, H. Jauhari, R. Saputra, and F. M. Tegar, "Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Melalui Pengolahan Tulang Ikan Menjadi Produk Bernilai Tinggi," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 9, no. 5, pp. 5941–5949, 2025, [Online]. Available: http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm

[14] F. P. Sari and J. Dapiokta, "Teknologi Pengolahan Ikan dan Pendampingan Website Untuk Teaching Industry UMKM," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 9, no. 5, pp. 4–9, 2025.

[15] H. Novrianda, V. Puspita, S. Safrianti, I. Hasibuan, and A. Sahar, "memiliki potensi sumber daya alam penghasil ikan terbesar di Kota Bengkulu . milenial ini 55 % dari jumlah penduduk di Kota Bengkulu , ini artinya," vol. 7, no. 5, pp. 1–10, 2023.

[16] R. Sulistijowati, D. A. Habie, W. R. Nento, and E. I. Peleh, "Increase in nitrogen, phosphorus, and potassium of liquid fertilizer from fish canning waste and kepok banana peel (Musa paradisiaca L.)," *Depik*, vol. 13, no. 3, pp. 447–454, 2024, doi: 10.13170/depik.13.3.39583.

C. Prastari, R. Ibrahim, and A. Alhaviz, "Testing The Physicochemical Properties Of Liquid Organic Fertilizer Waste Of Spincord Fish (Channa Striata)," *JURAGAN - J. Agroteknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 44–48, 2024, doi: 10.58794/juragan.v2i2.964.

[17] A. D. Cesar Vinicus Toniciolli Rigueto, Rafaela de Oliveira, Karolynne Sousa Gomes, Ingridy Alessandretti, Mateus Torres Nazari, Marieli Rosseto, Daniela Dal Castel Krein, Raquel Aparecida Loss, "From waste to value-added products: A review of opportunities for fish waste valorization," *Environ. Qual. Manag.*, 2023, doi: https://doi.org/10.1002/tqem.22040.

[18] Bappenas, *Pillars of Environmental Development*. 2020. [Online]. Available: https://sdgs.bappenas.go.id/wp-content/uploads/2021/02/Metadata-Pilar-Lingkungan-Edisi-II_REV3.pdf

[19] A. B. Sri Jaya Lesmana, Aulian Khairani, Ahmad, Dwi Azizah Saputri, Nurul Inda Mardyya, "Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Berbasis Blue Economy Menggunakan Teknologi Desvaporasi Air Laut," *Amal Ilm. J. Pengabdi. Kpd. Masy. dan Strateg. Meaningful Learn.*, vol. 7, no. 2, pp. 757–767, 2026.

[20] R. Saparita, D. Nanang Surachman, H. M. Astro, S. Sukirno, and E. Karsani Apriliyadi, "Sustainable Community Development for Developing of Coastal Areas in Alor Regency, East Nusa Tenggara, Indonesia," *J. Pemberdaya. Masy. Media Pemikir. dan Dakwah Pembang.*, vol. 4, no. 2, pp. 323–344, 2020, doi: 10.14421/jpm.2020.04-05.

[21] N. M. Aznawi *et al.*, "Penyuluhan Dan Pembuatan Eco Enzyme Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Organik Di Desa Karya Maju," *Sabangka Abdimas*, vol. 4, no. 05, pp. 632–638, 2025, [Online]. Available: http://azramedia-indonesia.azramediaindonesia.com/index.php/sabangkaabdimas/indexDOI:https://doi.org/10.62668/sabangkaabdimas.v4i05.1749

[22] R. Juwita *et al.*, "Sosialisasi Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Ikan dan Sayuran di Kelurahan Pasar Pagi Kota Samarinda," *BERNAS J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 1, pp. 713–720, 2023.

[23] D. C. Indrashwara *et al.*, "Peningkatan Kapasitas Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Organik Rumah Tangga melalui Pelatihan dan Pendampingan Eco-Enzyme di Kelurahan Serangan , Kota Denpasar," vol. 9, no. 2, pp. 340–349, 2026.

[24] T. Leksono, R. Banjarnahor, N. Irasari, and S. W. Sidauruk, "Liquid Organic Fertilizer Produced from Innards Waste of Catfish (Pangasius djambal) by Using Fermentative Microbes (EM4) and Molasses," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1328, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1328/1/012019.

[25] S. Khajuria, S. Kumar, S. K. Natt, S. Uniyal, V. K. R. Surasani, and A. Singh, "Biological valorization of Pangas fish processing waste into nutrient-rich fish silage using molasses-assisted Lactobacillus plantarum: fermentation dynamics, nutritional quality, and economic feasibility," *Front. Aquac.*, vol. 5, no. May, pp. 1–18, 2026, doi: 10.3389/faquc.2026.1813678.

[26] H.-N. Kim, B. Yim, and S.-T. Kim, "Effect of Reducing the Odor of Food Wastes Using Effective Microorganism (EM)," *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, vol. 38, no. 4, pp. 162–168, 2016, doi: 10.4491/ksee.2016.38.4.162.

[27] R. Astini, G. A. Yudhistira, N. N. Harahap, E. Fernanda, and K. Bogor, "Pemberdayaan Kelompok Industri Olahan Ikan Di Desa Cogreg Kabupaten Bogor Melalui Inovasi Pemanfaatan Limbah Ikan Menjadi Pelet Ikan Ramah Lingkungan," vol. 5, no. 2, pp. 184–194, 2025.

[28] A. Saputra, J. Syafri, M. Ahmad, A. M. Aqila, I. W. Muhammad, and P. D. Cahyani, "Penerapan Teknologi Tepat Guna Filtrasi Air Payau Skala Rumah Tangga di Wilayah Pesisir Kampung Bugis dan Senggarang , Kota Tanjungpinang Implementation of Appropriate Technology for Household-Scale Brackish Water Filtration in the Coastal Area of Kampung," vol. 4, no. 1, pp. 67–79, 2026.