

Teknologi Mesin Pakan Lele Berbasis Solar Cell untuk Penguatan Daya Saing Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo

Solar-Powered Catfish Feeder Machine Technology for Enhancing the Competitiveness of Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo

Ach. Khumaidi¹⁾, Siti Nur Aisyah Jamil²⁾, Creani Handayani³⁾, Naufal Yafi Hildza⁴⁾,
Moch. Rijal Fikri Fathoni⁵⁾

^{1,4,5}Program Studi Budidaya Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ibrahimy, Situbondo, Indonesia

²Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ibrahimy, Situbondo, Indonesia

³Universitas Abdurachman Saleh Situbondo, Situbondo, Indonesia

¹Email: ach.khumaidi@gmail.com

Received: August 31, 2026 Accepted: September 25, 2026 Published: October 05, 2026

Abstrak: Biaya pakan menjadi salah satu komponen terbesar dalam usaha pembesaran lele dan sering membatasi kemampuan pembudidaya dalam mengendalikan biaya produksi. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan menerapkan teknologi produksi pakan berbasis PLTS sekaligus meningkatkan keterampilan anggota Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo dalam pembuatan pakan dan pengembangan produk bernilai tambah. Program pendampingan dilaksanakan mulai Maret–Agustus 2026, sedangkan monitoring dan evaluasi pelaksanaan dilanjutkan hingga bulan Oktober 2026, kegiatan dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan *learning by doing* melalui tahap analisis kondisi, adaptasi teknologi, pelatihan, pendampingan, serta monitoring dan evaluasi. Evaluasi terhadap 10 peserta menggunakan *pretest-posttest* dan analisis *normalized gain* (N-Gain). Teknologi yang diterapkan berupa PLTS 1.170 Wp, inverter 1.000 W, dan mesin pakan berkapasitas aktual sekitar 150–200 kg/jam dengan sistem energi hibrida. Formula pakan praktik 20 kg terdiri atas tepung ikan lokal 30%, bungkil kedelai 28%, dedak halus 30%, tapioka 10%, minyak ikan 1%, dan premix 1%, dengan estimasi protein kasar 31,2%. Hasil menunjukkan peningkatan kemampuan membuat pakan dari 46 menjadi 84, mengoperasikan mesin dari 38 menjadi 88, dan membuat produk pakan dari 35 menjadi 82. Rata-rata skor meningkat dari 39,7 menjadi 84,7 dengan N-Gain 0,75, termasuk kategori tinggi. Program juga menghasilkan pelet mandiri, Nugget Lele (NuLeLe), serta SOP operasi dan pemeliharaan. Hasil ini menunjukkan bahwa keberhasilan teknologi sangat dipengaruhi oleh praktik langsung, pendampingan, dan kesiapan pengguna. Dampak terhadap FCR, biaya budidaya, omzet, dan kontribusi energi surya masih perlu dikaji lebih lanjut.

Kata Kunci: Pakan Mandiri, Ikan Lele, Energi Surya, Mesin Pakan, Pemberdayaan Masyarakat.

Abstract: Feed costs represent one of the largest expenditure components in catfish farming, frequently constraining farmers' ability to control production costs. This Community Service Project (Pengabdian kepada Masyarakat / PkM) aimed to implement solar power system (SPS)-based feed production technology while

enhancing the skills of the Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo members in feed formulation and the development of value-added products. The mentoring program was conducted from March to August 2026, with implementation monitoring and evaluation extending through October 2026. The project employed a participatory and learning-by-doing approach comprising baseline analysis, technology adaptation, training, mentoring, and monitoring and evaluation. An evaluation of 10 participants was conducted using pre- and post-tests analyzed via normalized gain (N-Gain). The implemented technology included a 1,170 Wp solar power system, a 1,000 W inverter, and a feed machine with an actual production capacity of approximately 150–200 kg/hour using a hybrid energy system. The practical 20 kg feed formulation consisted of 30% local fish meal, 28% soybean meal, 30% fine rice bran, 10% tapioca, 1% fish oil, and 1% premix, yielding an estimated crude protein content of 31.2%. Results showed an increase in participants' skills in feed formulation from 46 to 84, machine operation from 38 to 88, and feed product development from 35 to 82. The overall mean score increased from 39.7 to 84.7, yielding an N-Gain of 0.75, which falls into the high category. Furthermore, the program produced self-manufactured pellets, catfish nuggets (Nugget Lele / NuLeLe), and standard operating procedures (SOPs) for operation and maintenance. These outcomes indicate that technological adoption success is heavily driven by hands-on practice, mentoring, and user readiness. Further studies are required to assess long-term impacts on the Feed Conversion Ratio (FCR), cultivation costs, revenue, and solar energy contribution.

Keywords: *Self-Made Feed, Catfish, Solar Energi, Feed Machine, Community Empowerment.*

PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele tetap menjadi salah satu pilihan usaha perikanan air tawar yang fleksibel karena dapat tumbuh pada skala rumah tangga, berkembang melalui kelompok budidaya, serta relatif mudah menyesuaikan diri dengan beragam sistem produksi. Di tengah tantangan global mengarah pada akuakultur yang lebih efisien dan berkelanjutan, penguatan kapasitas pelaku usaha kecil menjadi semakin penting (Hudaidah, *et. al.*, 2017). Namun terdapat satu persoalan yang sering berulang. Dalam usaha pembesaran ikan, Pakan menjadi komponen yang menyerap porsi biaya sangat besar dan pada kondisi tertentu berada pada kisaran 70-80% dari biaya produksi (Pasch & Palm, 2021). Menurut Macusi, *et. al.*, (2023) perubahan pada harga atau efisiensi pakan dapat langsung mempengaruhi margin usaha pembudidaya. Oleh karena itu, pakan bukan lagi sekadar input teknis, melainkan pondasi utama berkembangnya ekonomi budidaya ikan. Kompetensi mengelola

pakan, termasuk memproduksinya secara mandiri dan layak secara nutrisi dan biaya, menjadi solusi penting guna memperkuat daya saing pembudidaya lele.

Produksi pakan mandiri menuntut rangkaian kemampuan yang saling terkait, seperti mengenali mutu bahan baku, menghitung proporsi bahan, menjaga homogenitas campuran, mengendalikan kadar air, mencetak dan mengeringkan pelet, memastikan penyimpanan tetap aman, sampai mencatat biaya per *batch* secara disiplin. Pada perancangan pembuatan pakan kebutuhan nutrisi ikan, serta teknologi formulasi pakan perlu menghubungkan aspek nutrisi, ketahanan bahan baku, efisiensi proses, dan keberlanjutan sistem produksi (Akintan, *et. al.*, 2024). Bagi pembudidaya ikan skala kecil, ketersediaan bahan lokal memang membuka peluang untuk dapat menekan biaya produksi budidaya ikan. Tetapi bahan lokal murah yang tidak terukur dapat menjadi masalah apabila pertumbuhan ikan malah melambat atau FCR memburuk. Oleh karena itu, pakan mandiri harus diperlakukan sebagai produk yang diuji, bukan sekadar campuran yang berhasil dicetak.

Penguatan kompetensi dan transfer teknologi pembuatan pakan pada tingkat pembudidaya ikan menjadi mutlak harus dilakukan. Ragasa, *et. al.*, (2022), menyatakan bahwa pelatihan formulasi pakan dapat mendorong perbaikan pengetahuan, praktik penggunaan pakan, produktivitas, bahkan pendapatan pembudidaya. Menurut Liliyanti, *et. al.*, (2025), kegiatan pendampingan berbasis bahan baku lokal dapat meningkatkan keterampilan setelah mengikuti pelatihan dan terlibat langsung dalam proses memilih bahan, menyusun formula, dan memproduksi pakan.

Persoalan berikutnya yang juga menjadi tantangan bagi pembudidaya adalah pembiayaan energi. Mesin penepung, pencampur, pencetak pelet, pompa, aerator, dan berbagai perangkat pendukung memerlukan listrik dengan profil beban yang tidak selalu ringan. Guna menanggulangi problem tersebut, pemanfaatan energi surya menawarkan ruang inovasi karena dapat menjadi sumber daya terbarukan untuk sebagian kebutuhan operasional akuakultur. Purnawan, *et. al.*, (2025) menyatakan bahwa PLTS dapat diterapkan pada kelompok pembudidaya, tetapi keberhasilannya tetap bergantung pada pemahaman pengguna terhadap operasi dan pemeliharaan sistem.

Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo berlokasi di Kabupaten Situbondo, merupakan unit usaha kelompok pembudidaya ikan dengan komoditas utama ikan lele. Hasil identifikasi awal menunjukkan tiga problem utama yaitu: ketergantungan terhadap pakan komersial dan belum konsistennya produksi pakan mandiri, pemanfaatan energi bergantung pada PLN, serta diversifikasi produk dan pemasaran yang belum kuat. Dengan adanya persoalannya berlapis, intervensi juga disusun berbasis problem. Program PkM menggabungkan *hard technology* berupa mesin pakan dan PLTS dengan *soft technology* berupa formulasi pakan, SOP, praktik operasional, pencatatan, diversifikasi nugget lele (NuLeLe), dan pendampingan.

Pada artikel ini membahas pelaksanaan dan hasil PkM penerapan teknologi mesin pakan lele berbasis solar cell pada Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo dan menilai perubahan kemampuan mitra dalam tiga ranah utama, yaitu membuat pakan, mengoperasikan mesin, serta menghasilkan produk pakan/olahan. Pembahasan juga menempatkan batas teknis PLTS hibrida secara terbuka, termasuk alasan sistem tidak diklaim menopang seluruh beban mesin berdaya besar, dan menguraikan kebutuhan tindak lanjut agar teknologi dapat digunakan secara aman, terukur, serta berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Program PkM dilaksanakan di Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo, Dusun Sukorejo Selatan, Desa Sumberejo, Situbondo, selama delapan bulan yaitu tahapan persiapan hingga pelaksanaan kegiatan PkM pada Maret - Agustus 2026, dan selanjutnya dilakukan monitoring, evaluasi dan pendampingan dilaksanakan hingga bulan Oktober 2026. Pendekatan pelaksanaan menggabungkan pemberdayaan partisipatif dengan *learning by doing*. Mitra tidak ditempatkan sebagai penerima alat yang saja, melainkan juga dilibatkan sejak pemetaan problem dan kebutuhan, penyiapan sarana, praktik produksi, pengoperasian mesin dan PLTS, evaluasi hasil, hingga penyusunan rencana pascaprogram. Pemilihan metode ini dikarenakan adopsi teknologi pada kelompok pembudidaya cenderung lebih kuat ketika peserta dapat melihat, mencoba, keliru, lalu memperbaiki prosedur dengan pendampingan

langsung; pola serupa juga dilaporkan pada kegiatan pengenalan teknologi budidaya berbasis kelompok (Ramadhani & Arief, 2021). Dengan demikian, proses transfer tidak berhenti pada serah terima peralatan, tetapi diarahkan menjadi kemampuan operasional yang menetap di tingkat kelompok.

Tabel 1. Tahapan pelaksanaan program PkM

Tahap	Kegiatan utama	Output	Metode PkM
1. Analisis kondisi dan koordinasi	Identifikasi masalah, kebutuhan teknologi, pembagian tugas, dan penjadwalan	Peta masalah dan rencana kerja	Diskusi, observasi, kesepakatan dengan mitra
2. Desain/adaptasi teknologi	Penyiapan mesin pakan, komponen PLTS, formula awal, dan peralatan pendukung	Teknologi siap diuji	Pengecekan spesifikasi dan penyesuaian beban
3. Pelatihan dan implementasi	Formulasi pakan, produksi pellet, operasi mesin/PLTS, dan diversifikasi NuLeLe	Peningkatan keterampilan praktis	Demonstrasi dan praktik langsung
4. Pendampingan dan uji penerapan	Produksi batch, pencatatan, pemeliharaan, uji mutu sederhana	Proses kerja lebih konsisten	Coaching, observasi, koreksi proses
5. Monitoring, evaluasi, keberlanjutan	<i>Pretest-posttest</i> , verifikasi data teknis, finalisasi SOP, rencana pascaprogram	Bukti capaian dan rencana tindak lanjut	Evaluasi terstruktur dan diskusi kelompok

Pada kegiatan ini dilakukan evaluasi guna menilai keberhasilan program. Evaluasi kemampuan melibatkan 10 peserta anggota Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo yang tercantum dalam rekap instrumen program. Tiga indikator digunakan, yakni (1) kemampuan membuat pakan, (2) kemampuan mengoperasikan mesin, dan (3) kemampuan membuat produk pakan/NuLeLe. Skor *pretest* dan *posttest* dibandingkan secara deskriptif. Besarnya peningkatan kemudian dihitung menggunakan *normalized gain* (N-Gain), dengan rumus $g = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (100 - \text{skor pretest})$, mengacu pada konsep Hake, (1998). Dalam interpretasi program, nilai sekitar 0,70 atau lebih ditempatkan pada kategori tinggi. N-Gain digunakan di sini sebagai alat bantu membaca perubahan skor peserta, bukan sebagai satu-satunya dasar untuk menyatakan keberhasilan program.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan Mesin Pakan dan Sistem PLTS Hibrida

Pendampingan utama pada sisi produksi berupa penyediaan mesin pembuat pakan dan sistem PLTS yang berfungsi sekaligus sebagai sarana belajar dan sarana produksi kelompok. Dua panel surya masing-masing berkapasitas 585 Wp menghasilkan kapasitas total 1.170 Wp, sedangkan inverter yang digunakan berkapasitas 1.000 W. Mesin pakan menunjukkan kapasitas produksi aktual sekitar 150-200 kg/jam dengan kebutuhan daya sebesar 7500 W. Pada prakteknya, sistem energi tidak dipasang sebagai sumber tunggal untuk seluruh beban. Konfigurasinya dilakukan secara hibrida. Beban yang masih berada dalam kemampuan PLTS dapat memanfaatkan energi surya seperti mesin pencacah, copper dan peralatan kecil lainnya, sedangkan mesin dengan kebutuhan daya lebih besar tetap ditopang oleh sumber listrik konvensional dan mesin penggerak bensin. Pilihan ini dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuan pendanaan dan keamanan teknis.

Pemilihan konfigurasi hibrida dipilih karena kapasitas pembangkitan harus sesuai dengan kebutuhan beban, bukan dengan asumsi. Purnawan, *et., al.*, (2025) menunjukkan bahwa penerapan PLTS pada kelompok pembudidaya memerlukan pelatihan penggunaan, pemeliharaan, dan penyesuaian terhadap karakter peralatan yang digunakan. Pada skala yang lebih besar, Zhu, *et., al.*, (2024) menekankan bahwa integrasi fotovoltaiik dengan kegiatan perikanan memiliki manfaat energi dan pemanfaatan ruang, tetapi tetap memerlukan perancangan yang cermat. Dalam program ini, log operasi menunjukkan bahwa PLTS yang terpasang dapat mendukung beban yang sesuai kapasitas maksimal 800-900 W selama sekitar 6-8 jam, tergantung jenis dan besarnya beban. Karena itu, sistem tidak dinyatakan mampu menanggung 100% kebutuhan mesin produksi berdaya besar.

Tabel 2. Data teknis utama yang telah digunakan pada PkM

Parameter	Nilai/konfigurasi	Catatan penggunaan
Kapasitas panel surya	1.170 Wp	2 panel × 585 Wp
Kapasitas inverter	1.000 W	Digunakan pada beban yang sesuai kapasitas
Kapasitas produksi mesin pakan	150–200 kg/jam	Berdasarkan spesifikasi mesin
Dukungan operasi PLTS	6–8 jam	Tergantung beban yang dilayani
Biaya pakan mandiri tercatat	Rp10.400/kg	Berdasarkan catatan bahan, energi, tenaga, dan penyusutan; perlu pembaruan berkala



Gambar 1. Tahapan kegiatan: a) pemasangan/pengecekan PLTS, b) praktik pembuatan pakan, dan c) produk pakan mandiri

Biaya pakan mandiri yang dihasilkan tercatat sebesar Rp10.400/kg dapat digunakan sebagai *baseline* internal kelompok. Angka ini menjadi hasil yang cukup penting, tetapi belum bisa dibaca sebagai kesimpulan penghematan. Harga bahan baku berubah, kebutuhan tenaga kerja tidak selalu sama, penyusutan alat perlu diperhitungkan, dan performa pakan pada ikan harus ikut berbicara. Riset mengenai bahan pengganti protein dalam akuakultur menegaskan bahwa kelayakan pakan tidak hanya ditentukan oleh harga bahan, melainkan juga oleh pertumbuhan, kesehatan, efisiensi pemanfaatan pakan, serta keberlanjutan bahan bakunya (Macusi, *et. al.*, 2023). Dengan kata lain, pakan yang murah per kilogram belum tentu murah pada akhirnya. Evaluasi biaya perlu dianalisis dengan FCR dan hasil budidaya dan terus dikembangkan.

Formulasi dan praktik produksi pakan mandiri

Peningkatan kompetensi pembuatan pakan diawali pengetahuan dasar dan sering menjadi penentu hasil akhir seperti memilih bahan, menimbang dengan benar, mencampur hingga homogen, mengatur kadar air adonan, mencetak, mengeringkan, menyimpan, memeriksa mutu fisik sederhana, lalu mencatat biaya. Formula awal disusun untuk batch 20 kg dengan estimasi protein kasar sekitar 31,2%. Formula tersebut diperlakukan sebagai titik berangkat, bukan resep yang dipahat di batu. Mutu dan harga bahan dapat berubah; fase pertumbuhan ikan juga berbeda. Karena itu, penyesuaian formula tetap diperlukan berdasarkan data bahan baku, ketersediaan lokal, respons ikan, dan hasil uji performa.

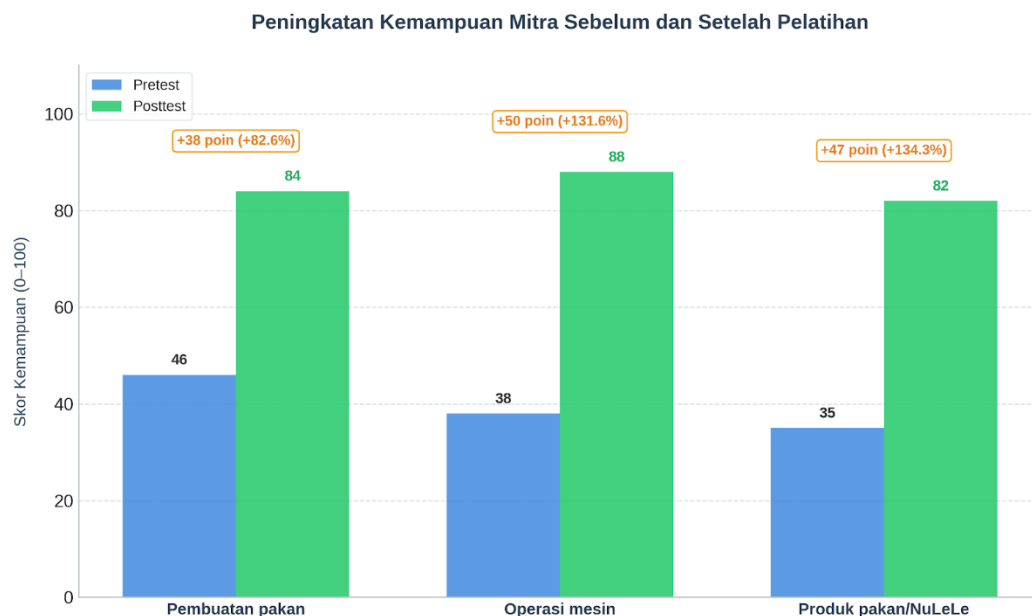
Tabel 3. Formula awal pakan mandiri untuk batch 20 kg

Bahan baku	Protein bahan (%)	Proporsi (%)	Kebutuhan (kg)
Tepung ikan lokal	52,0	30	6,00
Bungkil kedelai (SBM)	44,0	28	5,60
Dedak halus/katul	11,0	30	6,00
Tepung tapioca	2,0	10	2,00
Minyak ikan	0,0	1	0,20
Premix vitamin dan mineral	0,0	1	0,20
Total/estimasi	31,2	100	20,00

Formulasi pakan harus selalu berada di antara pertimbangan dua poin penting yang kadang saling tarik-menarik, yaitu memenuhi kebutuhan nutrisi dan menjaga biaya tetap rasional. Harianty, *et. al.*, (2018) menjelaskan bahwa kebutuhan nutrisi ikan dipengaruhi spesies, ukuran, kondisi lingkungan, dan karakter bahan baku. Sistem pakan yang baik tidak cukup hanya tepat kadungan protein, tetapi juga perlu mempertimbangkan ketersediaan sumberdaya, efisiensi proses, dan kemampuan sistem beradaptasi terhadap perubahan (Akintan, *et. al.*, 2024). Dengan dasar itu, estimasi protein kasar 31,2% pada formula praktik harus dibaca sebagai hasil perhitungan dari asumsi kandungan protein bahan, bukan sebagai hasil analisis proksimat laboratorium. Pada tahapan selanjutnya kelompok juga dapat mengevaluasi dan melakukan uji proksimat untuk mengevaluasi kadar nutrisi, serta

mengevaluasi stabilitas pelet di air, palatabilitas, pertumbuhan, *survival rate*, dan FCR.

Penggunaan bahan yang tersedia di sekitar lingkungan tempat budidaya memberi peluang untuk menekan ketergantungan pada bahan yang mahal atau sulit diperoleh, sepanjang kualitas dan kuantitasnya dapat dikendalikan. Delis, *et. al.*, (2022) menunjukkan bahwa pelatihan formulasi berbasis bahan lokal mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan kelompok pembudidaya, lebih lanjut Jamil & Faisal, (2021) mengungkapkan bahwa pelatihan formulasi dapat mendorong pembudidaya mengubah praktik penggunaan pakan dalam konteks tertentu dengan memproduksi pakan mandiri. Di sinilah nilai program menjadi lebih luas daripada sekadar menghasilkan satu atau dua karung pelet. Anggota Pokdakan mulai memahami mengapa suatu bahan dipilih, kapan proporsinya perlu diubah, dan apa konsekuensinya terhadap mutu pakan.



Gambar 2. Perbandingan skor *pretest* dan *posttest* pada tiga indikator kemampuan mitra Pokdakan Kebun Ikan Sukorejo

Peningkatan kemampuan mitra

Hasil evaluasi *pretest-posttest* menunjukkan adanya kenaikan pada seluruh indikator kemampuan. Skor rata-rata kemampuan membuat pakan naik dari 46 menjadi 84. Kemampuan mengoperasikan mesin mengalami kenaikan lebih signifikan yaitu dari 38 menjadi 88. Sementara itu, kemampuan membuat produk

pakan meningkat dari 35 menjadi 82. N-Gain masing-masing indikator adalah 0,70; 0,81; dan 0,72. Jika seluruh indikator dirata-ratakan, skor peserta berubah dari 39,7 menjadi 84,7 atau bertambah 45 poin, dengan N-Gain sekitar 0,75 yang dikategorikan tinggi (Gambar 2). Nilai yang dihasilkan menunjukkan secara jelas bahwa peserta bukan hanya hadir, tetapi dapat belajar dengan baik.

Peningkatan terbesar muncul pada kemampuan mengoperasikan mesin, yaitu +50 poin dengan N-Gain 0,81. Hasil ini dipengaruhi karena sesi pelatihan pengeoperasian mesin memang menempatkan praktik sebagai inti. Peserta memeriksa kondisi awal mesin, menyiapkan bahan, menghidupkan dan menjalankan peralatan, mengamati suara serta getaran, menghentikan operasi, membersihkan bagian kerja, lalu melakukan perawatan sederhana. Pendekatan semacam ini membantu peserta membangun memori prosedural yang biasanya sulit diperoleh hanya melalui penjelasan lisan. Pada konteks pemberdayaan teknologi perikanan, praktik langsung dan evaluasi lapangan juga dilaporkan membantu proses adopsi teknologi (Putra, *et. al.*, 2022).

Pola peningkatan kompetensi tersebut dinilai sejalan dengan gagasan bahwa penguasaan teknologi tumbuh melalui kombinasi informasi, demonstrasi, kesempatan mencoba, dan umpan balik. Pada program ini, kategori N-Gain yang tinggi menunjukkan perubahan kompetensi selama periode pelatihan, tetapi maknanya tetap harus ditempatkan secara proporsional. Nilai tinggi adalah sinyal yang baik. Bukan akhir cerita.

Diversifikasi produk NuLeLe

Program tidak berhenti pada produk pakan mandiri. Tim dan mitra juga mengembangkan pelatihan diversifikasi hasil budidaya melalui nugget lele yang diberi nama NuLeLe (Gambar 3). Peserta mempraktikkan pemilihan bahan baku, penyiapan daging, pencampuran, pembentukan, pemasakan, kebersihan alat dan tangan, hingga pengemasan. Tujuannya sederhana namun strategis yaitu memperluas cara pandang bahwa lele tidak harus selalu keluar dari kolam sebagai ikan segar. Dengan pengolahan yang tepat, komoditas yang sama dapat masuk ke segmen pasar berbeda dan memiliki nilai tambah.



Gambar 3. Diversifikasi produk olahan Lele, Nugget Lele (NULele)

Pengolahan lele menjadi nugget relatif mudah diadaptasi pada skala rumah tangga dan telah digunakan dalam berbagai kegiatan pemberdayaan. Yani, *et., al.*, (2023) melaporkan bahwa penyuluhan dan praktik pembuatan nugget lele mampu meningkatkan pengetahuan serta keterampilan peserta dan membuka peluang penguatan nilai tambah. Dalam kegiatan ini, NuLeLe telah berhasil diproduksi sebagai produk praktik. Namun jalan menuju produk komersial masih cukup panjang. Standardisasi resep, konsistensi rasa dan tekstur, mutu sensori, desain kemasan, legalitas/izin edar sesuai kebutuhan, biaya produksi, margin, daya simpan, dan uji pasar perlu ditata sebelum NuLeLe dapat dinilai sebagai lini usaha yang stabil.

Keberlanjutan teknologi dan keterbatasan capaian

Keberlanjutan teknologi ditentukan oleh rutinitas kegiatan anggota pokdakan, bukan hanya sampai pada seremoni penyerahan alat. Kelompok perlu memiliki pembagian peran yang jelas seperti siapa menangani bahan baku, siapa menjadi operator mesin, siapa bertanggung jawab pada listrik/PLTS, siapa memeriksa mutu, siapa mencatat produksi dan biaya, serta siapa mengelola produk olahan dan pemasaran. SOP pengoperasian mesin dan pemeliharaan juga telah disusun berdasarkan konfigurasi alat yang dapat menjadi pedoman bagi anggota podakan teknologi tetap bisa dijaga dan tetap hidup setelah tim perguruan tinggi tidak lagi hadir setiap saat.

Beberapa indikator dampak kontribusi program ini yaitu kontribusi energi surya terhadap total konsumsi energi produksi telah dapat digunakan pada berbagai alat seperti alat pencacah daging 300 W, mesin copper 200 W, meski belum bisa memenuhi kapasitas kebutuhan listrik pemsin pembuat pakan. Selanjutnya, biaya pakan yang telah dipraktikkan yaitu Rp10.400/kg. Namun, angka ini belum dapat diterjemahkan menjadi nilai penghematan karena harga pakan pembanding dan performa biologis belum dianalisis secara bersamaan. Selain itu, dalam tahapan ini nilai indikator dampak pakan pada FCR, laju pertumbuhan, biomassa, survival rate, dan mutu biologis ikan setelah penggunaan pakan mandiri belum tersedia sebagai data pembanding karena masih dalam proses evaluasi hingga satu siklus budidaya ikan lele.

Secara keseluruhan, capaian program memperlihatkan bahwa paket intervensi yang terintegrasi lebih masuk akal dibanding pemberian peralatan secara terpisah. Mesin pakan menyediakan sarana produksi; PLTS memperkenalkan pilihan energi; formulasi dan SOP memberi kerangka kerja; praktik membangun keterampilan; diversifikasi NuLeLe membuka pandangan nilai tambah; dan pendampingan menjadi jembatan yang menghubungkan semuanya. Temuan ini sejalan dengan penelitian dan kegiatan pemberdayaan terkini yang menempatkan kapasitas pengguna sebagai faktor kunci dalam adopsi inovasi perikanan. Dalam perspektif yang lebih luas, penguatan kapasitas komunitas dan inovasi teknologi juga menjadi bagian penting dari agenda transformasi sistem pangan akuatik yang lebih berkelanjutan.

KESIMPULAN

Program PkM berhasil membangun fondasi kemandirian pakan di Pokdakan Kebun Ikan Situbondo melalui integrasi mesin pakan hibrida berdaya PLTS 1.170 Wp (kapasitas 150–200 kg/jam), formulasi pakan berprotein 31,2%, serta diversifikasi produk NuLeLe. Pembelajaran berbasis praktik terbukti meningkatkan kompetensi anggota secara signifikan, ditunjukkan oleh kenaikan rata-rata skor dari 39,7 menjadi 84,7 (N-Gain 0,75), dengan peningkatan tertinggi pada pengoperasian mesin. Untuk menjamin keberlanjutan dan daya saing kelompok, pengembangan

selanjutnya perlu difokuskan pada pengujian mutu pakan dan FCR, analisis efisiensi biaya serta beban energi, standardisasi produk, dan evaluasi pasar berbasis data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pelaksana PkM menyampaikan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang telah mendanai program ini melalui skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Tahun 2026. Tim pelaksana juga menyampaikan terimakasih kepada LP2M Universitas Ibrahimy dan LPPM Universitas Abdurachman Saleh Situbondo dan seluruh pihak yang telah membantu proses pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akintan, O., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. D. (2024). Animal Feed Formulation-Connecting Technologies to Build a Resilient and Sustainable System. *Animals*, 14(10), 1497. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ani14101497>
- Delis, P. C., Elisdiana, Y., Maharani, H. W., & Diantari, R. (2022). Budidaya Lele Berbasis Teknologi Bioflock Pada Kelompok Pembudidaya Ikan Mandiri Sentosa di Kecamatan Jati Agung Lampung Selatan. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 1(2), 384-393. <https://doi.org/10.23960/jpfp.v1i2.6339>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Association of Physics Teachers*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Harianty, H., Muhammad, M., & Rukmini, R. (2018). Variations Of Stocking Density And Type Of Feed For Growth And Survival Of Catfish (*Clarias gariepinus*). *TROPICAL WETLAND JOURNAL*, 4(1), 1-7. <https://doi.org/10.20527/twj.v4i1.59>
- Hudaidah, S., Wardiyanto, Hasani, Q., & Yusup, M. W. (2017). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengembangan Budidaya Ikan Lele. *SAKAI SAMBAYAN - Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(1), 17-22.
- Jamil, M., & Faisal, T. M. (2021). Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Melalui Budidaya Ikan Lele dengan Teknologi Sistem Bioflok di Era Pandemi Covid-19. *Cendekia: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 61-68. <https://doi.org/10.32503/cendekia.v3i2.1936>

- Liliyanti, M. A., Hanafi, A. F., & Wardhana, P. B. W. (2025). Innovation of fish feed based on local raw materials for fish farmers in Tambong Village, Banyuwangi Regency. *Community Empowerment*, 10(6), 1304–1312. <https://doi.org/10.31603/ce.12762>
- Macusi, E. D., Cayacay, M. A., Borazon, E. Q., Sales, A. C., Habib, A., Fadli, N., & Santos, M. D. (2023). Protein fishmeal replacement in aquaculture: A systematic review and implications on growth and adoption viability. *Sustainability*, 15(16), 12500. <https://doi.org/10.3390/su151612500>
- Pasch, J., & Palm, H. W. (2021). Economic analysis and improvement opportunities of African catfish (*Clarias gariepinus*) aquaculture in Northern Germany. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24), 13569. <https://doi.org/10.3390/su132413569>
- Purnawan, P., Lestari, N., Bakti, R. D., Kautsar, V., Prabowo, F. Y., Utama, M. A. W., Azzahra, I., & Al Ayyubi, M. (2025). Application of solar power plants as aerator power source for biofloc aquaculture of Makaryo Nyoto Farmers Group. *Community Empowerment*, 10(6), 1367–1375. <https://doi.org/10.31603/ce.12909>
- Putra, D. F., Adriman, R., & Abubakar, N. (2022). Education of smart fish feeder technology based on internet of things (IoT) for catfish farming groups in Dham Pulo village, Aceh Besar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat-UGM*, 8(2), 89-93. <https://doi.org/10.22146/jpkm.69010>
- Ragasa, C., Osei-Mensah, Y. O., & Amewu, S. (2022). Impact of fish feed formulation training on feed use and farmers' income: Evidence from Ghana. *Aquaculture*, 558, 738378. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738378>
- Ramadhani, I., & Arief, H. (2021). Analisis Usaha Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp) Pada Kelompok Budidaya di Kampung Buana Bakti Kecamatan Kerinci Kanan Kabupaten Siak. *Jurnal Sosial Ekonomi Pesisir*, 2(4), 17-25.
- Yani, A. V., Dasir, D., Idealistuti, I., Suyatno, S., Khotimah, K., & Tamba, K. B. (2023). Counseling in the Processing of Catfish Into Catfish Nuggets. *Altifani Journal: International Journal of Community Engagement*, 3(2), 32-35. <https://doi.org/10.32502/altifani.v3i2.6405>
- Zhu, Z., Song, Z., Xu, S., Wang, S., Chen, X., Wang, Y., & Zhu, Z. (2024). The development of fishery-photovoltaic complementary industry and the studies on its environmental, ecological and economic effects in China: A review. *Energy Nexus*, 15, 100316. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2024.100316>