



School Entrepreneurship through STEM PjBL Learning in Aquaponic Fish and Vegetable Farming Using Renewable Energy

Kewirausahaan Sekolah melalui Pembelajaran STEM PjBL Budidaya Lele Sayur Aquaponik Berbasis Energi Terbarukan

Rahmatia Thahir¹, Nurlaela², Nurul Magfirah¹, Ahmad Swandi³, Sri Rahmadhanningsih⁴

¹Program Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Makassar

²Program Program Studi Agribisnis, Universitas Bosowa

³Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra, Universitas Bosowa

⁴Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra, Universitas Bosowa

Keywords:

Community empowerment, aquaponics, business management, renewable energy, School Entrepreneurship

ABSTRACT

This Community Partnership Empowerment Program aims to enhance the capacity of science teachers and junior high school students in Pangkajene and Islands Regency through the implementation of STEM Project-Based Learning (PjBL) using a solar-powered aquaponics system. The program addresses two main problems: teachers' limited ability to design innovative and integrative science learning and the underdeveloped school-based entrepreneurship education. The project was implemented at SMPN 1 Bungoro through five stages: socialization, training, technology implementation, mentoring and evaluation, and sustainability planning. The training results indicated a significant improvement in teachers' understanding, with an N-Gain score of 0.70 (high category). Moreover, a school entrepreneurship unit was established utilizing an aquaponics system with a capacity of 100 net pots and 300 catfish, powered entirely by solar energy. The program not only produced tangible outputs such as vegetables and fish but also fostered environmental awareness, self-reliance, and managerial skills among participants. Overall, this program serves as a contextual learning model integrating science, technology, entrepreneurship, and renewable energy, while strengthening school-community partnerships to promote sustainable education and local economic resilience.

Kata Kunci:

Pemberdayaan masyarakat, aquaponik, manajemen usaha, energi terbarukan, kewirausahaan sekolah

ABSTRAKSI

Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat ini bertujuan meningkatkan kapasitas guru IPA dan siswa SMP di Kabupaten Pangkajene Kepulauan melalui penerapan pembelajaran STEM *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis sistem aquaponik bertenaga surya. Kegiatan dilatarbelakangi oleh dua permasalahan utama, yaitu rendahnya kemampuan guru dalam mendesain pembelajaran IPA yang inovatif dan belum berkembangnya pendidikan kewirausahaan di sekolah. Program dilaksanakan di SMPN 1 Bungoro melalui lima tahapan: sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta perencanaan keberlanjutan. Hasil pelatihan menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman guru dengan nilai N-Gain sebesar 0,70 (kategori tinggi). Selain itu, terbentuk unit kewirausahaan sekolah berbasis sistem aquaponik dengan kapasitas 100 netpot dan 300 ekor ikan lele yang beroperasi menggunakan energi matahari. Kegiatan ini tidak hanya menghasilkan produk nyata berupa sayuran dan ikan, tetapi juga meningkatkan kesadaran lingkungan, kemandirian, serta keterampilan manajerial peserta. Program ini menjadi model pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan sains, teknologi, kewirausahaan, dan energi baru terbarukan, sekaligus memperkuat kemitraan sekolah-masyarakat dalam mewujudkan pendidikan berkelanjutan dan kemandirian ekonomi lokal.

*Corresponding author: rahmatiah.thahir@unismuh.ac.id

Peer review under responsibility of Lembaga Penelitian & Pengabdian Masyarakat Univ. Amikom Yogyakarta.

©2025 Hosting by Universitas Amikom Yogyakarta. All rights reserved.

<https://doi.org/10.24076/swagati.2026v4i1.2768>

1. Latar Belakang

Pertumbuhan masyarakat dan kemajuan ekonomi negara bergantung pada pengajaran kewirausahaan kepada anak sekolah [1]. Kapasitas untuk mengenali, mengembangkan, dan mengawasi prospek bisnis dikenal sebagai kewirausahaan, dan hal ini berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi dan penciptaan lapangan kerja di masyarakat [2]. Untuk mempersiapkan mereka memasuki dunia kerja dan membantu mereka mencapai potensi mereka, sangat penting bagi siswa untuk memiliki pendidikan yang solid dalam kewirausahaan. Potensi penciptaan lapangan kerja bagi lulusan sekolah merupakan salah satu faktor yang menjadikan pendidikan kewirausahaan penting [3-5]. Pekerjaan tidak lagi terbatas pada penerimaan di kantor-kantor formal atau perusahaan-perusahaan besar di era globalisasi dan persaingan internasional yang semakin ketat.

Beberapa strategi untuk mendorong semangat kewirausahaan siswa, termasuk mengintegrasikan dalam mata pelajaran lain atau menggunakan kegiatan ekstrakurikuler. Banyak lembaga pendidikan telah memasukkan pendidikan kewirausahaan ke dalam kurikulum mereka. Misalnya, di kelas IPA [6], [7] siswa belajar tentang fermentasi dengan memproduksi makanan olahan seperti tape dan tempe, yang kemudian mereka ubah menjadi usaha bisnis mereka sendiri. Sementara itu, organisasi kemahasiswaan juga dapat dimanfaatkan untuk menjalankan usaha bisnis. Kedua taktik ini dapat dimanfaatkan oleh lembaga pendidikan untuk mengajarkan siswa tentang kewirausahaan melalui pembelajaran berbasis proyek.

Namun, tidak semua guru memahami bagaimana mengintegrasikan pembelajaran kewirausahaan melalui mata pelajaran IPA. Hal ini dialami oleh kelompok Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) IPA Kabupaten Pangkajene Kepulauan. MGMP IPA SMP dibentuk sebagai wadah profesional yang bertujuan untuk meningkatkan kompetensi dan kualitas kinerja guru dalam menyelenggarakan pembelajaran IPA di tingkat Sekolah Menengah Pertama. Pendirian MGMP IPA dilandasi oleh kebutuhan untuk menciptakan ruang kolaboratif bagi para guru dalam mengembangkan kemampuan pedagogik dan profesionalisme secara berkelanjutan.

Melalui kegiatan MGMP, para guru dapat saling bertukar pengalaman, berdiskusi, serta merancang strategi pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Selain itu, MGMP IPA berperan dalam menyusun dan mengembangkan perangkat pembelajaran seperti RPP, LKPD, dan instrumen evaluasi yang kontekstual dan berbasis kebutuhan peserta didik. Tidak hanya itu, MGMP juga menjadi sarana dalam mendukung program pengembangan keprofesionalan berkelanjutan (PKB) bagi guru, seperti pelatihan, seminar, publikasi ilmiah, dan penelitian tindakan kelas. Dengan demikian, keberadaan MGMP IPA

diharapkan mampu meningkatkan mutu pembelajaran IPA di sekolah, memperkuat jejaring profesional antar pendidik, serta berkontribusi pada pencapaian tujuan pendidikan nasional.

MGMP IPA SMP Se-Kabupaten Pangkep memiliki sekretariat di SMPN 1 Bungoro, namun membawahi seluruh guru IPA di seluruh SMP di Kabupaten Pangkep. Menurut Roskiman yang merupakan ketua MGMP IPA Kabupaten Pangkep, salah satu program dari MGMP IPA adalah merumuskan inovasi pembelajaran yang integratif dengan mata pelajaran lainnya, salah satunya dengan pendidikan kewirausahaan yang sudah menjadi salah satu mata pelajaran wajib di sekolah. Salah satu cara yang dapat dilakukan melalui kebun IPA yang menghasilkan produk yang dapat menghasilkan pendapatan bagi sekolah. Kebun IPA merupakan salah satu prasarana dan sarana pembelajaran praktik, meskipun pemanfaatannya masih jauh dari kata ideal. Para guru IPA di kabupaten Pangkep menyatakan bahwa sudah lama berkeinginan untuk membuat kebun IPA yang dapat dijadikan sebagai ruang belajar dan praktik di luar kelas atau laboratorium siswa. Namun, karena keterbatasan pengetahuan dan keahlian guru serta keterbatasan dana, pembangunan kebun IPA tersebut belum sesuai dengan harapan. Menurut Roskiman, hidroponik yang dipadukan dengan budidaya ikan (akuaponik) merupakan salah satu jenis kebun IPA yang dapat dibangun di sekolah. Hal ini dapat diterima karena terdapat tiga mata pelajaran yang saling terkait (kimia, fisika, biologi).

Roskiman menyatakan, bahwa untuk meningkatkan pemahaman guru berkaitan dengan integrasi pendidikan kewirausahaan dalam pembelajaran sains diperlukan sekolah percontohan yang menerapkan dan mengolah kebun IPA. Kebun tersebut berisi berbagai produksi pengairan dan pertanian yang mampu menjadi produk dalam kewirausahaan sekolah. beberapa sekolah yang berpotensi untuk menjadi percontohan adalah SMP 2 Segeri dan SMPN 1 Bungoro. Pemilihan sekolah ini didasarkan atas letak sekolah yang strategis dan memungkinkan berbagai guru IPA dari Kabupaten Pangkep mengikuti dan studi banding di sekolah ini. Selain itu juga sekolah ini memiliki halaman yang luas sehingga dapat digunakan untuk lokasi kebun IPA.

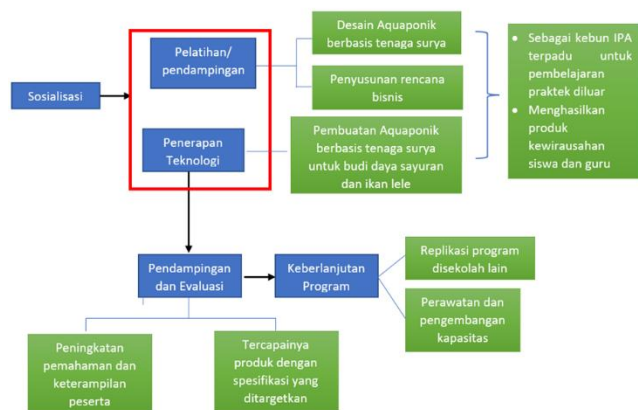


Gambar 1. Beberapa bagian sekolah di SMPN 1 Bungoro dan SMPN 2 Segeri yang dapat digunakan sebagai lokasi kebun IPA

Sementara itu, sejumlah guru IPA dan ekonomi di kabupaten Pangkep menyatakan bahwa sejauh ini belum mengadopsi pendidikan kewirausahaan. Belum ada produk yang dihasilkan instruktur dan siswa yang dijadikan sebagai pendidikan kewirausahaan, padahal ada peluang besar produk tersebut akan dipasarkan kepada masyarakat di dalam sekolah maupun di luar sekolah sebagai calon konsumen. Satu-satunya cara untuk mengimplementasikan pendidikan kewirausahaan adalah melalui koperasi sekolah yang dikelola oleh beberapa guru dan siswa yang bergerak di bidang alat tulis dan makanan/camilan untuk instruktur dan siswa. Selain itu, tujuan dari koperasi ini hanya untuk konsumen sekolah.

2. Metode

Pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) ini melibatkan Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) IPA SMP se-Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Kegiatan dilaksanakan selama tiga bulan, yaitu pada periode Oktober hingga Desember 2025. Program melibatkan guru IPA dari berbagai SMP di Kabupaten Pangkep dengan pusat pelaksanaan kegiatan di SMPN 1 Bungoro dan SMPN 2 Segeri sebagai sekolah percontohan. Kegiatan dilaksanakan secara bertahap yang meliputi sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, evaluasi, dan penyusunan strategi keberlanjutan program. Kegiatan dilakukan pada bulan oktober-desember 2025 yang dibagi dalam beberapa tahap. Adapun skema pelaksanaan Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Tahapan pelaksanaan PKM.

Berdasarkan alur pada gambar, pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) ini terdiri dari lima tahap utama yang saling berkaitan secara sistematis, yaitu: Sosialisasi, Pelatihan, Penerapan Teknologi, Pendampingan dan Evaluasi, serta Keberlanjutan Program. Berikut penjelasan detail tiap tahap:

A. Sosialisasi

Tahapan awal dimulai dengan sosialisasi kepada pihak sekolah, khususnya guru IPA dan siswa sasaran, untuk memperkenalkan tujuan, manfaat, dan tahapan kegiatan PKM. Sosialisasi ini penting untuk membangun pemahaman dan komitmen bersama serta memetakan kesiapan partisipan

dan sarana pendukung yang tersedia. Dalam diagram, tahap ini ditunjukkan dengan kotak biru awal di sebelah kiri yang menjadi pintu masuk menuju kegiatan inti.

B. Pelatihan dan Pendampingan

Setelah sosialisasi, dilanjutkan dengan pelatihan dan pendampingan intensif (terdapat dalam kotak biru yang diberi garis merah dalam diagram). Pelatihan mencakup dua komponen utama: desain sistem aquaponik berbasis tenaga surya dan penyusunan rencana bisnis kewirausahaan sekolah. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman peserta dalam hal integrasi teknologi, lingkungan, dan kewirausahaan berbasis sains, serta memperkuat kapasitas guru dalam mendesain pembelajaran IPA kontekstual. Pelatihan menggunakan model pembelajaran langsung [10], [11], [12].

Tahap pelatihan dan pendampingan dalam program PKM ini merupakan inti dari implementasi pendekatan pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), yang bertujuan mengembangkan kemampuan peserta dalam hal ini guru IPA dan siswa SMP dalam menerapkan pengetahuan lintas disiplin untuk menyelesaikan masalah nyata secara kreatif dan kolaboratif [13], [14], [15].

Dalam pelatihan, peserta tidak hanya dikenalkan dengan konsep-konsep dasar IPA dan teknologi energi terbarukan, tetapi juga diarahkan untuk mendesain sistem aquaponik berbasis tenaga surya, yang mengintegrasikan aspek sains (siklus air, fotosintesis, ekosistem ikan dan tanaman), teknologi (penggunaan panel surya), rekayasa (perakitan sistem pipa dan aliran air), serta matematika (perhitungan debit air, luas lahan, konversi energi, dan estimasi hasil panen). Aktivitas ini selaras dengan prinsip *engineering design process* (EDP) dalam pembelajaran STEM, di mana peserta didik melalui tahapan identifikasi masalah, merancang solusi, menguji sistem, mengevaluasi, dan menyempurnakan rancangan.

Selama pendampingan, guru dibantu untuk menyusun RPP dan perangkat ajar berbasis *project-based learning* (PjBL) yang kontekstual, relevan dengan lingkungan lokal, dan mampu mendorong siswa menerapkan keterampilan STEM secara langsung melalui praktik budidaya aquaponik. Pendampingan juga menstimulasi guru untuk menciptakan pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada hasil kognitif, tetapi juga pada pengembangan *soft skills* seperti kolaborasi, berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi teknologi. Dengan demikian, pendekatan STEM menjadi kerangka pedagogis utama yang menjembatani pelatihan dan pendampingan dalam program ini menuju pembelajaran IPA yang aplikatif dan transformatif.

C. Penerapan Teknologi

Selanjutnya adalah tahap penerapan teknologi, yakni implementasi hasil pelatihan berupa pembuatan sistem aquaponik bertenaga surya untuk budidaya sayuran dan ikan lele. Tahapan ini berfungsi sebagai bentuk konkret pengaplikasian teknologi dalam dunia pendidikan, yang

tidak hanya menjadi wahana praktik pembelajaran IPA di luar kelas, tetapi juga sebagai sarana produksi dalam unit kewirausahaan sekolah. Hasil dari kegiatan ini ditargetkan menghasilkan produk nyata berupa panen sayuran dan ikan lele yang dapat diolah atau dijual.

D. Pendampingan dan Evaluasi

Setelah teknologi diterapkan, dilakukan pendampingan secara berkala untuk memastikan bahwa instalasi aquaponik berfungsi optimal, guru dan siswa terlibat aktif, serta rencana bisnis dijalankan sesuai arahnya. Evaluasi dilakukan untuk mengukur dua capaian utama: peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta serta terciptanya produk dengan spesifikasi yang ditargetkan (dalam hal ini 2 kg sayuran dan 10 kg ikan per bulan selama 3 bulan).

E. Keberlanjutan Program

Tahap terakhir adalah keberlanjutan program. Dalam gambar, keberlanjutan mencakup dua aspek: replikasi program di sekolah lain dan perawatan serta pengembangan kapasitas unit usaha sekolah. Program ini dirancang tidak hanya berhenti pada sekolah mitra awal, tetapi juga dapat menjadi model yang dapat direplikasi di sekolah lain di Kabupaten Pangkajene Kepulauan. Selain itu, kapasitas guru dan siswa terus dikembangkan agar program kewirausahaan dan pembelajaran berbasis teknologi ini menjadi berkelanjutan.

Secara keseluruhan, kelima tahapan ini membentuk siklus terintegrasi yang menjembatani dunia pendidikan, teknologi ramah lingkungan, dan pemberdayaan ekonomi sekolah berbasis kewirausahaan. Pelaksanaan kegiatan pelatihan tidak akan berjalan dengan baik tanpa dukungan dari mitra dalam hal ini seluruh guru IPA di kabupaten Pangkep. Oleh karena itu komitmen mitra dalam pelaksanaan program menjadi salah satu kebutuhan utama seperti penyediaan lokasi kebun IPA berupa sistem aquaponik berbasis tenaga surya tempat pelatihan dan memobilisasi guru agar dapat ikut dan aktif dalam kegiatan ini. Keikutsertaan dalam pengerjaan produk teknologi yang akan digunakan. Mitra juga memfasilitasi kebutuhan tim selama pelaksanaan kegiatan di SMPN 2 Segeri dilakukan. Mitra juga berkomitmen untuk melakukan replikasi program kepada sekolah lain agar produk digunakan secara luas di sekolah lain. Selain itu, kontribusi sekolah juga dapat dilakukan dengan memastikan produk teknologi bekerja dengan baik melalui perawatan yang rutin.

3. Hasil and Pembahasan

A. Peningkatan Pemahaman Guru IPA

Berdasarkan hasil analisis kegiatan pelatihan dan pendampingan, diperoleh rata-rata pengetahuan awal peserta (guru IPA) sebesar 54 dan meningkat menjadi 86 setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai. Nilai N-Gain sebesar 0,70 menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang tinggi terhadap materi yang diberikan selama proses pelatihan, pendampingan, serta implementasi sistem

aquaponik berbasis energi baru terbarukan di SMPN 1 Bungoro. Peningkatan ini juga tercermin dari hasil observasi lapangan, di mana peserta pelatihan menunjukkan antusiasme, rasa ingin tahu, dan partisipasi aktif dalam setiap sesi kegiatan. Guru-guru IPA tampak mampu bekerja kolaboratif dalam tim, mengidentifikasi permasalahan teknis, dan mendiskusikan solusi secara ilmiah selama penerapan teknologi.

Kegiatan pelatihan ini tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep teoritis, tetapi juga pada penerapan langsung teknologi aquaponik berbasis energi surya sebagai contoh konkret integrasi antara sains, teknologi, dan kewirausahaan. Melalui praktik langsung, guru memperoleh pemahaman mendalam mengenai siklus ekosistem antara ikan dan tanaman dalam sistem aquaponik, proses filtrasi alami, serta mekanisme pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi utama untuk pompa air dan aerator. Dengan demikian, guru tidak hanya memahami prinsip dasar pertanian berkelanjutan, tetapi juga memperoleh pengalaman nyata dalam mengelola sistem teknologi yang ramah lingkungan dan efisien energi.

Lebih lanjut, kegiatan ini memberikan pengalaman praktis yang bernilai dalam aspek manajerial dan kewirausahaan sekolah. Para guru dilatih untuk mengelola proses produksi mulai dari perancangan sistem, pemeliharaan harian, pencatatan pertumbuhan tanaman dan ikan, hingga simulasi pemasaran hasil panen. Dalam sesi pendampingan kewirausahaan, guru juga dibekali dengan keterampilan dasar perencanaan bisnis, penghitungan biaya produksi, analisis keuntungan, serta strategi promosi berbasis sekolah. Kompetensi ini diharapkan dapat diadaptasi menjadi bagian dari kegiatan intrakurikuler maupun ekstrakurikuler berbasis *School Entrepreneurship Management* di tingkat SMP.

Pelaksanaan program pelatihan ini juga berdampak positif terhadap peningkatan kesadaran peserta terhadap pentingnya pendidikan sains kontekstual dan edukasi lingkungan berkelanjutan. Melalui pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), guru menyadari bahwa praktik ilmiah dapat diterapkan dalam konteks lokal sekolah dan dijadikan sebagai media pembelajaran inovatif bagi siswa. Hal ini memperkuat peran guru sebagai fasilitator pembelajaran yang mampu mengaitkan konsep IPA dengan realitas kehidupan, seperti pemanfaatan energi matahari, siklus air, dan hubungan timbal balik antarorganisme dalam sistem tertutup

B. Produksi Sayuran dan Ikan

Secara teknis, sistem aquaponik yang dihasilkan dalam proyek pelatihan memiliki kapasitas 100 netpot dengan kolam ikan berukuran 200 × 100 × 50 cm dan populasi awal 300 ekor ikan lele. Sistem ini dirancang menggunakan panel surya untuk menyuplai energi listrik yang dibutuhkan oleh pompa air dan sistem aerasi. Setelah satu minggu pemindahan bibit sayuran ke netpot, tanaman tumbuh subur dan menunjukkan adaptasi baik terhadap sistem. Berdasarkan laporan monitoring dari guru pendamping di SMPN 1 Bungoro, panen sayuran kangkung dilakukan

setiap minggu, sementara pertumbuhan ikan menunjukkan peningkatan ukuran dari rata-rata 6 cm menjadi sekitar 13 cm dalam waktu tiga minggu. Pemanenan ikan lele direncanakan pada akhir bulan Desember.

Kegiatan ini juga menampilkan sistem aquaponik yang terintegrasi secara optimal antara kolam ikan dan bedengan tanaman, menciptakan ekosistem kecil yang seimbang. Limbah organik dari ikan berfungsi sebagai sumber nutrisi alami bagi tanaman, sementara akar tanaman membantu menyaring air sehingga kembali bersih ke kolam. Keterpaduan sistem ini memberikan gambaran nyata kepada guru tentang bagaimana konsep sains terapan, energi baru terbarukan, dan pertanian berkelanjutan dapat dikombinasikan menjadi solusi nyata bagi tantangan lingkungan. Kombinasi panel surya dan sistem aquaponik menjadi contoh konkret inovasi teknologi hijau yang mendukung agenda *Education for Sustainable Development (ESD)* di sekolah.

Secara keseluruhan, kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada MGMP Guru IPA Kabupaten Pangkep ini berhasil meningkatkan kapasitas pedagogik dan profesional guru dalam mengintegrasikan pembelajaran sains, teknologi, dan kewirausahaan. Guru tidak hanya memperoleh keterampilan teknis dalam mengoperasikan sistem aquaponik, tetapi juga wawasan baru tentang bagaimana merancang pembelajaran

IPA berbasis proyek, nilai, dan keberlanjutan. Program ini diharapkan menjadi model pengembangan kapasitas guru IPA yang dapat direplikasi di sekolah-sekolah lain dalam rangka mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, serta memperkuat peran sekolah sebagai pusat inovasi dan kemandirian ekonomi berbasis.



Gambar 3. Keadaan Kebun IPA SMPN 1 Bungoro setelah kegiatan PKM (umur 10 hari setelah semai bibit kangkung).

Kelompok tani tidak hanya memperoleh hasil produksi, tetapi juga bertambah pengetahuannya dalam mengelola teknologi pertanian modern secara mandiri. Dengan capaian ini, aspek produksi menunjukkan keberhasilan nyata dalam jangka pendek (sayuran), serta prospek berkelanjutan dalam jangka menengah (ikan lele).

Tabel 1. Rangkuman Hasil Produksi Sayuran dan Ikan

Komoditas	Target Produksi	Capaian Aktual	Keterangan
Sayuran Kangkung	Panen rutin setiap minggu mulai minggu ke dua November, dengan target ± 2 kg/minggu untuk 3 bulan pertama.	Panen sudah berlangsung rutin setiap minggu sejak bulan pertama, dengan rata-rata 5 kg/minggu.	Target tercapai bahkan sedikit melebihi ekspektasi. Sayuran dimanfaatkan untuk konsumsi anggota dan dijual ke masyarakat sekitar.
Ikan Lele	Panen ikan lele minimal 10 kg per bulan mulai 3 bulan desember setelah penebaran benih.	Hingga saat ini ikan masih dalam tahap pemeliharaan. Ukuran ikan belum memenuhi standar konsumsi, sehingga belum dilakukan panen.	Pertumbuhan ikan berjalan baik dengan survival rate tinggi. Panen diperkirakan dapat dilakukan dalam 1–2 bulan mendatang (akhir desember).

C. Produk Teknologi Dan Inovasi

Produk teknologi dan inovasi utama yang diperkenalkan melalui kegiatan PKM ini adalah sistem aquaponik berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem ini merupakan kombinasi dari dua inovasi penting. Aquaponik adalah teknologi budidaya terpadu yang menggabungkan perikanan (budidaya ikan lele) dengan pertanian (sayuran hidroponik). Dalam sistem ini, limbah organik dari ikan digunakan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, sementara tanaman berperan sebagai biofilter alami yang menjaga kualitas air kolam. Inovasi ini sangat relevan dengan kondisi wilayah kepulauan yang memiliki keterbatasan lahan dan sumber daya, karena mampu memaksimalkan ruang serta menciptakan siklus produksi yang berkelanjutan.

Inovasi lain yang diterapkan adalah pemanfaatan energi baru terbarukan melalui pemasangan PLTS berkapasitas 400 WP. Teknologi ini dirancang untuk mengatasi masalah keterbatasan dan ketidakstabilan pasokan listrik di pulau, sekaligus menjadi sumber energi mandiri untuk mengoperasikan pompa sirkulasi, aerasi, dan pencahayaan

pada sistem aquaponik. PLTS ini tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga memperkenalkan masyarakat pada energi bersih dan ramah lingkungan yang mendukung konsep pembangunan berkelanjutan. Dengan adanya dua produk inovasi ini, kelompok tani Mekar kini memiliki sistem produksi pangan yang terintegrasi, efisien, dan mandiri energi, sehingga dapat dijadikan model percontohan teknologi pertanian modern di daerah kepulauan.

Penerapan produk teknologi dan inovasi ini sangat relevan dengan kebutuhan masyarakat setempat. Sebelum program berjalan, kelompok tani menghadapi berbagai kendala, seperti terbatasnya lahan, ketidakstabilan listrik, serta rendahnya produktivitas pertanian. Teknologi aquaponik berbasis energi surya hadir sebagai jawaban atas tantangan. Sistem ini menghasilkan dua komoditas penting sekaligus, yaitu ikan lele sebagai sumber protein dan sayuran segar sebagai sumber serat dan gizi, yang sangat dibutuhkan masyarakat pulau. Pemanfaatan PLTS secara langsung mengatasi persoalan listrik yang tidak stabil dan mahal, sehingga kegiatan produksi dapat berjalan tanpa hambatan.

Sistem aquaponik tidak memerlukan lahan luas, sehingga cocok diterapkan di pulau dengan kondisi geografis terbatas. Partisipasi masyarakat terlihat jelas sepanjang pelaksanaan program, baik dalam tahap perencanaan, pembangunan, maupun pemeliharaan sistem. Anggota kelompok tani secara aktif mengikuti pelatihan manajemen usaha dan praktik budidaya aquaponik. Warga terlibat langsung dalam pembangunan instalasi, pemasangan PLTS, serta penanaman bibit sayuran. Kelompok melakukan rotasi jadwal untuk pemeliharaan, termasuk pemberian pakan ikan, pengecekan sistem sirkulasi air, dan panen sayuran. Pertemuan mingguan diadakan secara rutin untuk mengevaluasi hasil panen dan mendiskusikan kendala teknis.

Dengan tingginya tingkat partisipasi, masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga aktor utama dalam pengelolaan teknologi yang diterapkan. Hal ini memperkuat rasa memiliki (*sense of ownership*) dan mendorong keberlanjutan program setelah masa pendampingan selesai.

Keberlanjutan program dijamin melalui pembentukan tim pengelola yang terdiri atas guru IPA dan siswa yang bertanggung jawab terhadap operasional harian sistem aquaponik dan PLTS. Tim ini menyusun jadwal pemeliharaan rutin yang mencakup pemberian pakan ikan, pengecekan kualitas air, pembersihan instalasi, pemeriksaan panel surya, serta pemantauan kinerja pompa dan baterai. Pihak sekolah juga berkomitmen mengalokasikan sebagian hasil penjualan sayuran dan ikan untuk mendukung biaya operasional dan perawatan sistem.

Selain itu, MGMP IPA Kabupaten Pangkep berkomitmen menjadikan SMPN 1 Bungoro dan SMPN 2 Segeri sebagai sekolah percontohan yang dapat digunakan sebagai lokasi studi banding bagi guru IPA dari sekolah lain. Dengan dukungan MGMP, model pembelajaran dan kewirausahaan berbasis aquaponik tenaga surya ini berpeluang direplikasi secara bertahap pada sekolah-sekolah lain di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan sehingga dampak program dapat diperluas secara berkelanjutan.

D. Kesimpulan

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) yang dilaksanakan bersama MGMP IPA SMP Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan berhasil meningkatkan kompetensi guru dalam mengintegrasikan pembelajaran IPA, teknologi, dan kewirausahaan berbasis STEM-PjBL. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman peserta dari skor rata-rata 54 menjadi 86 dengan nilai N-Gain sebesar 0,70 yang termasuk kategori tinggi. Selain itu, program berhasil menghasilkan sistem aquaponik berbasis energi surya dengan kapasitas 100 netpot dan kolam budidaya 300 ekor ikan lele yang berfungsi sebagai sarana pembelajaran kontekstual sekaligus unit kewirausahaan sekolah.

Dari aspek produksi, sistem mampu menghasilkan panen kangkung rata-rata 5 kg per minggu, melebihi target awal sebesar 2 kg per minggu. Program juga berhasil membangun keterampilan guru dalam pengelolaan teknologi ramah

lingkungan, pengembangan pembelajaran berbasis proyek, serta perencanaan usaha sekolah. Keberhasilan program didukung oleh keterlibatan aktif MGMP IPA dan komitmen sekolah dalam pemeliharaan sistem aquaponik serta PLTS.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, model pemberdayaan berbasis STEM-PjBL melalui aquaponik tenaga surya memiliki potensi untuk direplikasi pada sekolah lain yang memiliki karakteristik serupa, khususnya dalam mendukung pembelajaran kontekstual, pendidikan kewirausahaan, dan penguatan budaya sekolah berkelanjutan.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis memberikan apresiasi kepada seluruh pihak yang berkontribusi dalam kegiatan ini. Program Pengabdian Masyarakat ini dengan skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat yang didanai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (KEMDIKTISAINTEK).

Daftar Pustaka

- [1] Rachmadyanti, P., & Wicaksono, V. D. (2017). Pendidikan Kewirausahaan Bagi Anak Usia Sekolah Dasar. *Seminar Nasional Inovasi Pendidikan*, 200. Available from: <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/snip/article/download/8960/6521>.
- [2] Kurotimi, M. F., Franklin, A., Aladei, G., & Helen, O. (2017). Entrepreneurship Education as a 21st Century Strategy for Economic Growth and Sustainable Development. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 11(9), 2082–2093.
- [3] Hoang, G. T., & Luu, T. T. (2022). The Curvilinear Effect of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Intentions. *Academy of Management Proceedings*, 2022(1).
- [4] M., L., E., M. R., & P., R. (2012). The effectiveness of entrepreneurship education: What matters most? *African Journal of Business Management*, 6(51), 12023–12032.
- [5] Muthumeena, M. P., & Yogeswaran, D. G. (2022). Entrepreneurship Education Through Successful Entrepreneurial Models in Educational Institutions. *Journal of Development Economics and Management Research Studies*, 09(14), 13–19.
- [6] Winarti, P. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Kewirausahaan untuk Memperkuat Softskill Siswa. *Saintifika*, 16(2), 1–9.
- [7] Agustina, D. A. (2017). Model Pembelajaran Untuk Mengenalkan Kewirausahaan. *Bangun Rekaprima*, 03(2), 43–56. Available from: https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/view/866
- [8] Fadhillah, N., Tahir, R., Alamsyah, A. C., Swandi, A., & Rahim, A. (2024). Manajemen Kewirausahaan Sekolah Melalui Usaha Budidaya Lele dan Sayur Secara Aquaponik Berbasis Energi Baru Terbarukan Di Pulau Balang Lompo. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (MEDITEG)*, 9(November), 21–30.
- [9] Nengsi, M., & Nurlaela, N. (n.d.). Analisis Pendapatan Sayuran Hidroponik CV Tirta Tani Farm di Desa Tetebatu Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa.
- [10] Al Arif, T. Z. Z., Fortunasari, F., Gowon, M., Handayani, R., & Efriza, D. (2023). Pelatihan Penggunaan ICT sebagai Media Pembelajaran bagi Guru Sekolah Menengah dengan Menerapkan Model Goad. *JPKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia)*, 4(1), 1–12.

- [11] S. Sariman, A. T. Fitriyah, A. J. Patandean, A. Swandi, and F. M. Putri, "Penerapan Sistem Aquaponik Berbasis Energi Baru Terbarukan sebagai Sarana Pembelajaran IPA dan Produk Kewirausahaan Sekolah," *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 5, pp. 8720–8726, 2024. doi: 10.31004/cdj.v5i5.34778.
- [12] A. Swandi, S. Viridi, S. Rahmadhanningsih, I. M. Sutjahja, and J. Sari, "Implementation of Project-Based Science Learning to Improve Literacy of School Managers About New Renewable Energy in West Halmahera," *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, vol. 7, no. 2, 2024. doi: 10.37891/kpej.v7i2.575.
- [13] M. A. Martawijaya, S. Rahmadhanningsih, A. Swandi, M. Hasyim, and A. S. Ahmar, "The Effect of Applying the Ethno-STEM-Project-Based Learning Model on Students' Higher-Order Thinking Skill and Misconception of Physics Topics Related to Lake Tempe, Indonesia," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2023. doi: 10.15294/jpii.v12i1.38703.
- [14] S. Hamid, N. Fadhilah, R. T. Arwien, A. Swandi, A. Suryadi, and S. Rahmadhanningsih, "Cultivating Ecological Awareness in Middle-School Students Through Ethno-STEM Project Based Learning: A Study from Lae-Lae Island," *Research Square*, 2025. doi: 10.21203/rs.3.rs-7644358/v1.
- [15] N. Fadhilah, R. Tahir, A. C. Alamsyah, M. Wajdi, A. Swandi, and A. Rahim, "Manajemen Kewirausahaan Sekolah Melalui Usaha Budidaya Lele dan Sayur Secara Aquaponik Berbasis Energi Baru Terbarukan di Pulau Balang Lompo," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (MEDITEG)*, vol. 9, no. 2, pp. 21–30, 2024. doi: 10.34128/mediteg.v9i2.278.