

Pelatihan Sistem Akuaponik Berbasis Tenaga Surya bagi Siswa SMK Negeri 1 Gunung Putri

Aqil Aqthobirrobyan¹⁾ Fauzhia Rahmasari^{2)*}, Dody Guntama³⁾, Lubena⁴⁾, I Nyoman Artana⁵⁾,
Aditya Alamsyah⁶⁾, Ahmad Raafi Haqq⁷⁾, Zaki Arasyid Salam⁸⁾

Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, Indonesia

*) Corresponding author: fauzhiarahmasari@gmail.com

(Submit pada : 10 Desember 2025 | Terbit pada : 31 Desember 2025)

Abstract

Climate change and global energy crisis are driving the need for applicable green technology innovations, one of which is through the integration of aquaponics systems with solar power. Aquaponics systems, which combine fish farming (aquaculture) and hydroponic plants, are a sustainable solution for food security and resource efficiency. However, the lack of access to practical education and supporting facilities in schools is a major obstacle for young people, including students of SMKN 1 Gunung Putri, to adopt this technology. Therefore, a training program for solar-powered aquaponics systems was designed for SMKN 1 Gunung Putri students. This includes a theoretical and practical workshop on integrating aquaponics with solar panels, building a prototype of an energy-independent aquaponics system in the school environment, developing STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) learning modules, and entrepreneurship training based on aquaponics results. The results showed a very significant increase in student understanding, as evidenced by the jump in average scores from pre-test to post-test. In addition, the level of participant satisfaction was very high, with more than 81% stating that this activity was very beneficial and increased the competence of 60 trained students and the construction of an energy-independent aquaponics prototype unit in the school environment that can be used as a means of learning sustainable practices.

Abstrak

Perubahan iklim dan krisis energi global mendorong perlunya inovasi teknologi hijau yang aplikatif, salah satunya melalui integrasi sistem akuaponik dengan tenaga surya. Sistem akuaponik, yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dan tanaman hidroponik, menjadi solusi berkelanjutan untuk ketahanan pangan dan efisiensi sumber daya. Namun, minimnya akses pendidikan praktis dan fasilitas pendukung di sekolah menjadi hambatan utama bagi generasi muda termasuk siswa SMKN 1 Gunung Putri untuk mengadopsi teknologi ini. Oleh karena itu, dirancanglah program pelatihan sistem akuaponik berbasis tenaga sel surya bagi siswa-siswa SMKN 1 Gunung Putri yang meliputi workshop teori dan praktik integrasi akuaponik dengan panel surya, pembangunan prototipe sistem akuaponik mandiri energi di lingkungan sekolah, penyusunan modul pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), serta pelatihan kewirausahaan berbasis hasil akuaponik. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman siswa yang sangat signifikan dibuktikan dengan lonjakan skor rata-rata dari pre-test ke post-test. Selain itu, tingkat kepuasan peserta sangat tinggi, dengan lebih dari 81% menyatakan kegiatan ini sangat bermanfaat serta meningkatnya kompetensi 60 siswa terlatih dan terbangunnya satu unit prototipe akuaponik mandiri energi di lingkungan sekolah yang dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran praktik berkelanjutan.

Keywords: *Akuaponik, Tenaga Surya, Pendidikan STEM, Pertanian Berkelanjutan, SMKN 1 Gunung Putri*

PENDAHULUAN

Analisis Situasi

Indonesia dihadapkan pada dua tantangan besar yang saling berkaitan, yaitu ketahanan energi dan ketahanan pangan. Dari sisi energi, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang cadangannya terus menipis menjadi isu krusial. Berdasarkan data yang ada, cadangan minyak bumi, gas bumi, dan batubara diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade mendatang. Hal ini mendorong pemerintah untuk beralih ke Energi Baru Terbarukan (EBT) yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi energi surya yang sangat besar, mencapai 112.000 GWp, namun pemanfaatannya hingga saat ini masih sangat minim [1][2].

Dari sisi pangan, pertanian konvensional menghadapi tantangan keterbatasan lahan dan kebutuhan air yang tinggi. Diperlukan inovasi teknologi pertanian yang efisien dan dapat diterapkan di area terbatas. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah sistem akuaponik. Akuaponik merupakan sistem pertanian terpadu yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dengan budidaya tanaman tanpa tanah (hidroponik) dalam satu siklus air yang resirkulatif. Sistem ini tidak hanya hemat air, tetapi juga mampu menghasilkan dua komoditas sekaligus, yaitu ikan dan sayuran organik, karena nutrisi tanaman berasal dari kotoran ikan yang diolah oleh bakteri [3].

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), sebagai lembaga pendidikan yang bertujuan mencetak tenaga kerja terampil dan siap pakai, memegang peranan strategis dalam menghadapi tantangan ini. SMKN 1 Gunung Putri, yang berlokasi di wilayah dengan perkembangan industri dan populasi yang pesat, memiliki potensi untuk menjadi pusat pengembangan sumber daya manusia yang unggul di bidang teknologi terapan. Pembekalan siswa dengan pengetahuan dan keterampilan mengenai teknologi EBT dan pertanian modern menjadi sangat relevan untuk mempersiapkan mereka menghadapi kebutuhan industri di masa depan serta membuka wawasan untuk berwirausaha [4][5].

Mengintegrasikan sistem akuaponik dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sebuah terobosan. Sistem PLTS yang terdiri dari panel surya, *charge controller*, baterai, dan pompa dapat menyediakan energi mandiri untuk menggerakkan pompa air yang menjadi jantung sistem akuaponik. Kombinasi ini menciptakan sebuah model ketahanan pangan yang berkelanjutan, hemat energi, dan tidak bergantung pada jaringan listrik konvensional [6].

Permasalahan Mitra

Meskipun SMKN 1 Gunung Putri memiliki program studi yang relevan dengan teknologi, terdapat beberapa kesenjangan yang menjadi fokus dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini:

1. Pengetahuan Teoritis Belum Terintegrasi: Siswa mungkin telah mempelajari konsep dasar energi surya dan dasar-dasar pertanian secara terpisah. Namun, pemahaman tentang bagaimana mengintegrasikan kedua teknologi ini menjadi satu sistem yang fungsional dan saling mendukung masih sangat terbatas.
2. Keterbatasan Praktik Langsung: Ketersediaan fasilitas untuk praktik langsung sistem pertanian modern yang terintegrasi dengan energi terbarukan masih kurang. Siswa memerlukan pengalaman langsung (*hands-on*) dalam merakit, mengoperasikan, dan merawat sistem akuaponik berbasis tenaga surya untuk memahami cara kerjanya secara nyata.
3. Kurangnya Wawasan tentang Peluang Wirausaha Hijau: Para siswa belum sepenuhnya terpapar pada potensi wirausaha di bidang teknologi hijau (*green-tech*). Pelatihan ini diharapkan dapat membuka wawasan bahwa sistem akuaponik tenaga surya bukan hanya sebuah teknologi, tetapi juga peluang bisnis yang menjanjikan di bidang pangan organik dan energi bersih.
4. Kebutuhan Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*): Terdapat kebutuhan untuk menerapkan model pembelajaran yang lebih aplikatif. Pelatihan ini menawarkan

metode pembelajaran berbasis proyek nyata yang dapat meningkatkan kompetensi, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah para siswa.

SOLUSI DAN TARGET LUARAN

Solusi

Berdasarkan permasalahan mitra, tim pengabdian merancang solusi terintegrasi sebagai berikut:

1. Pelatihan Sistem akuaponik Hybrid Berbasis Tenaga Surya
Memberikan edukasi teori dan praktik tentang prinsip akuaponik, panel surya, dan integrasi sistem.
2. Instalasi Prototipe akuaponik Bertenaga Surya di SMKN 1 Gunung Putri
Membangun sistem akuaponik yang dilengkapi panel surya sebagai sarana praktik siswa.
3. Pengembangan Kurikulum Pendidikan Lingkungan Berbasis STEM
Menyusun modul pembelajaran interdisipliner (biologi, fisika, dan kewirausahaan) terkait teknologi hijau.
4. Workshop Pemeliharaan Sistem dan Kewirausahaan
Pelatihan pemeliharaan sistem serta pemanfaatan hasil akuaponik untuk produk bernilai ekonomi.

Target Luaran

1. Luaran Utama:
 - a. Peningkatan kompetensi siswa dalam mengoperasikan sistem akuaponik-surya.
 - b. Terbangunnya prototipe akuaponik mandiri energi di lingkungan sekolah.
 - c. Adanya modul pembelajaran dan SOP pemeliharaan sistem.
2. Luaran Tambahan:
 - a. Publikasi artikel di media lokal/platform edukasi.
 - b. Potensi pengembangan bisnis siswa dari hasil akuaponik (contoh: ikan dan sayur organik).

Tabel 1. Solusi Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

| No. | Indikator Capaian | Sebelum | Sesudah | Pengukuran Capaian |
|-----|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1 | Pelatihan Sistem akuaponik Hybrid | Workshop teori dan praktik integrasi akuaponik dengan panel surya selama 3 hari | 30 siswa terlatih, modul pelatihan, video tutorial. | Pelatihan Sistem akuaponik Hybrid |
| 2 | Instalasi Prototipe akuaponik Surya | Pembangunan sistem akuaponik dengan panel surya 200Wp dan IoT monitoring suhu/kelembaban. | 1 unit prototype akuaponik-surya, laporan efisiensi energi. | Instalasi Prototipe akuaponik Surya |
| 3 | Pengembangan Kurikulum STEM | Penyusunan modul pembelajaran interaktif berbasis proyek (project-based learning) | Modul STEM akuaponik-surya, silabus terintegrasi ke mata pelajaran sekolah | Pengembangan Kurikulum STEM |
| 4 | Workshop Pemeliharaan & Kewirausahaan | Pelatihan perawatan sistem, manajemen budidaya, dan pemasaran produk akuaponik. | Rencana bisnis siswa, SOP pemeliharaan, produk ikan/sayur siap panen. | Workshop Pemeliharaan & Kewirausahaan |

METODE PENELITIAN

Metode Pelaksanaan

Metodologi ini menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR) dengan tahapan Perencanaan, Implementasi, Evaluasi, dan Diseminasi, melibatkan partisipasi aktif siswa dan guru SMK 1 Gunung Putri seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Metodologi

| Tahap | Kegiatan | Metode/Tools |
|--------------------|--|---|
| Analisis Kebutuhan | <ul style="list-style-type: none"> - Observasi fasilitas sekolah - Survei kebutuhan siswa/guru - Diskusi dengan stakeholder | <ul style="list-style-type: none"> - Kuesioner - FGD (Focus Group Discussion) - Studi literatur |
| Perancangan Sistem | <ul style="list-style-type: none"> - Desain sistem akuaponik hybrid - Pemilihan komponen panel surya - Penyusunan modul pelatihan | <ul style="list-style-type: none"> - Simulasi AutoCAD. - Analisis anggaran. - Koordinasi dengan ahli energi surya. |
| Implementasi | <ul style="list-style-type: none"> - Pelatihan teori & praktik - Instalasi prototipe - Workshop kewirausahaan | <ul style="list-style-type: none"> - Demonstrasi langsung - Project-based learning - Pendampingan intensif |
| Evaluasi | <ul style="list-style-type: none"> - Pengukuran kinerja sistem - Uji pengetahuan siswa (pre-test & post-test) - Monitoring pemeliharaan | <ul style="list-style-type: none"> - Kuisisioner kepuasan - Analisis data energi - Wawancara |
| Diseminasi | <ul style="list-style-type: none"> - Publikasi hasil di media sosial/sekolah - Pelatihan kader lingkungan - Kolaborasi dengan dinas terkait | <ul style="list-style-type: none"> - Konten edukasi Instagram - Seminar sekolah - MoU dengan Dinas Pertanian |

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Adapun waktu pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini yaitu pada hari Jumat tanggal 18 Juli 2025 yang bertempat di SMKN Negeri 1 Gunung Putri, Jl. Barokah No. 06, Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Bogor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luaran Pengabdian kepada Masyarakat

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dengan tema "Pelatihan sistem akuaponik berbasis tenaga sel surya pada Siswa SMKN 1 Gunung Putri" telah berhasil dilaksanakan. Luaran utama yang dihasilkan dari kegiatan ini adalah:

1. Peningkatan Kompetensi Peserta: Siswa SMKN 1 Gunung Putri yang menjadi peserta kini memiliki kemampuan dan keterampilan praktis untuk merakit, mengoperasikan, dan melakukan perawatan dasar pada sistem akuaponik yang ditenagai oleh sel surya.
2. Fasilitas Peraga Edukatif: Terbangunnya satu unit lengkap sistem akuaponik berbasis tenaga sel surya yang diserahkan kepada pihak SMKN 1 Gunung Putri. Fasilitas ini dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sebagai media pembelajaran praktik bagi siswa.

Materi Pengabdian kepada Masyarakat

Materi yang disampaikan dalam pelatihan ini mencakup tiga pilar utama:

1. Dasar-Dasar Energi Terbarukan: Penjelasan mengenai urgensi transisi energi, pengenalan berbagai jenis EBT, dan fokus pada potensi serta cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

2. Prinsip dan Sistem Akuaponik: Penjelasan mengenai definisi akuaponik, siklus nitrogen, komponen sistem (kolam ikan, media tanam, pipa), serta jenis ikan dan tanaman yang cocok.
3. Integrasi Sistem: Panduan praktis untuk merakit komponen PLTS (panel surya, *solar charge controller*, baterai, pompa DC) dan menghubungkannya untuk menyuplai daya ke sistem akuaponik.

Materi yang diberikan kepada peserta pengabdian kepada masyarakat dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:




Sumber Energi Terbarukan Di Indonesia

-  Angin
-  Panas bumi
-  Air
-  Biomass
-  Surya



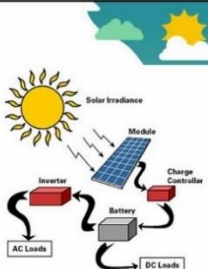
Energi Surya

- Potensi Energi : 112.000 GWp
- Indonesia punya potensi energi surya terbesar di dunia
- Penggunaan : 0.1%
- Daerah Potensial : seluruh Indonesia
- Saat ini, PLTS Terapung Cirata (Jawa Barat) adalah yg terbesar : 192 MWp




Cara Kerja PLTS

1. Sinar matahari menyebabkan terjadinya beda potensial antara 2 bahan semikonduktor pada panel surya
2. Modul panel surya dihubungkan seri-paralel untuk menghasilkan tegangan nominal yang diinginkan
3. Kontroler mengatur tegangan masuk dari modul panel surya dan menstabilkan tegangan ke baterai
4. Tegangan dari baterai bisa dimanfaatkan langsung atau bisa juga dikonversi menjadi tegangan AC untuk pemakaian yg lebih umum



| Kelebihan | VS | Kekurangan |
|--|----|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Energi bersih, tidak menghasilkan gas buang 2. Ramah lingkungan 3. Sumber berlimpah 4. Mudah pemasangan dan kapasitas menyesuaikan kebutuhan 5. Pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Hanya beroperasi saat ada matahari 2. Produksi intermitten 3. Perlu area untuk pemasangan panel surya 4. Setelah masa operasi panel surya habis, akan timbul masalah limbah berbahaya: <ul style="list-style-type: none"> • Selenium (Se) • Timbal (Pb) • Cadmium (Cd) • Tembaga indium gallium selenide (CIGS) |



03

AKUAPONIK

Apa itu Akuaponik?



Apa itu sistem akuaponik?

sistem pertanian terpadu yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dan budidaya tanaman tanpa tanah (hidroponik) dalam satu sistem





Gambar 1. Materi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Dokumentasi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Seluruh rangkaian kegiatan PkM, mulai dari sesi pemaparan teori di dalam kelas, praktik perakitan sistem di lapangan, hingga sesi serah terima, telah didokumentasikan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan ini didokumentasikan seperti pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 6.



Gambar 2. Narasumber Menyampaikan Materi



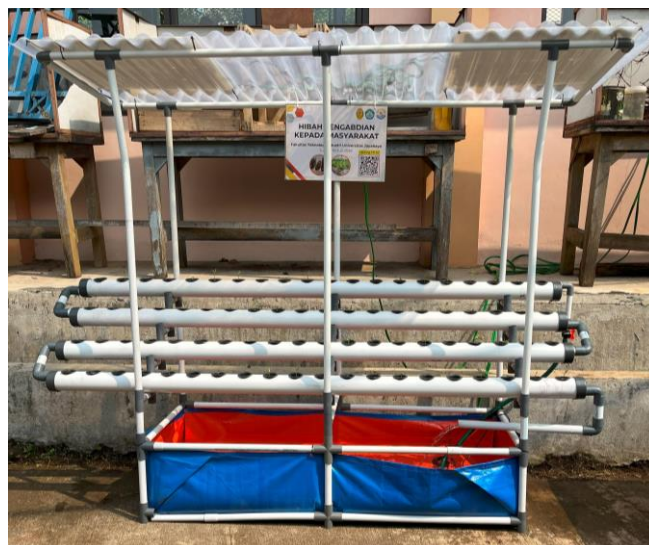
Gambar 3. Pelatihan Pengoprasian Alat Akuaponik dengan Sel Surya



Gambar 4. Serah Terima Hasil Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat



Gambar 5. Peserta Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat



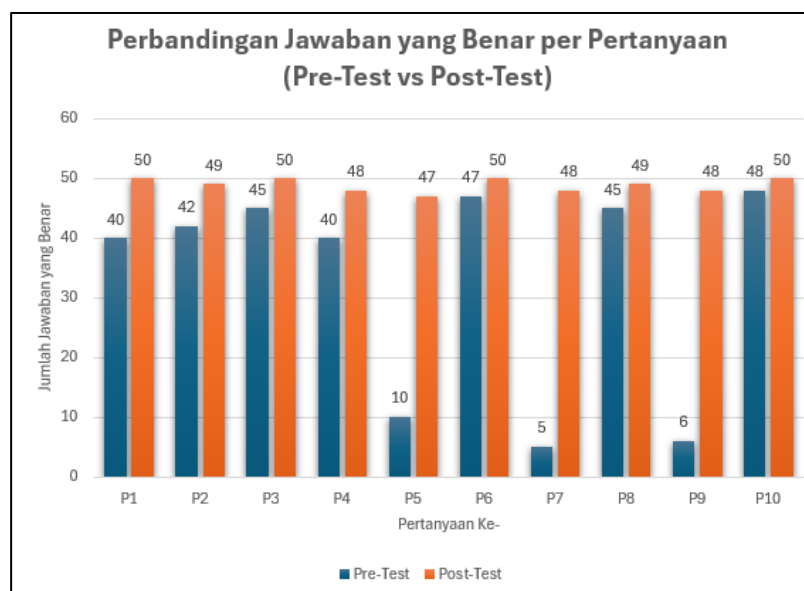
Gambar 6. Alat Akuaponik dan Sel Surya

Evaluasi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

1. Analisis Peningkatan Pengetahuan (Hasil Pre-Test dan Post-Test)

Pelaksanaan pelatihan sistem akuaponik berbasis tenaga sel surya memberikan dampak positif yang signifikan terhadap tingkat pengetahuan para peserta. Analisis kuantitatif berdasarkan hasil pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang jelas dan terukur, yang menjadi tolok ukur utama keberhasilan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Berikut adalah daftar 10 pertanyaan dari *pre-test* dan *post-test*, yaitu:

1. Apakah saudara mengetahui sistem budidaya berbasis akuaponik
2. Panel surya (solar panel) menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.
3. Energi listrik yang dihasilkan solar panel dialirkan ke pengontrol daya yang mengatur aliran listrik ke pompa.
4. Pompa berbasis solar panel memanfaatkan energi matahari yang terbarukan sehingga dapat mengurangi biaya operasional.
5. Dari semua sumber energi terbarukan, Indonesia memiliki potensi energi angin terbesar di dunia.
6. Akuaponik adalah sistem pertanian yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dengan budidaya tanaman tanpa tanah (hidroponik).
7. Bibit sayuran yang sudah berkecambah (sprout) harus langsung diletakkan di bawah sinar matahari yang terik.
8. Pompa DC 12V adalah komponen yang menggerakkan aliran air dari kolam ke tanaman.
9. Penempatan sistem akuaponik tidak perlu memperhatikan sinar matahari karena sudah menggunakan lampu.
10. Baterai atau Aki dalam sistem PLTS berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 7. Hasil Perbandingan Jawaban Benar Pre-Test dan Post-Test

Gambar 7 menyajikan analisis mendalam mengenai dampak pelatihan terhadap penguasaan setiap konsep yang diujikan. Grafik ini memvisualisasikan persentase responden yang menjawab benar untuk sepuluh butir soal substantif, membandingkan kondisi sebelum pelatihan (Pre-Test, direpresentasikan oleh batang biru) dengan kondisi setelah pelatihan (Post-Test, direpresentasikan

oleh batang hijau). Analisis ini memungkinkan identifikasi spesifik terhadap area pengetahuan yang berhasil ditingkatkan dan area yang masih memerlukan penguatan.

Hasil pre-test (batang biru) menunjukkan bahwa peserta telah memiliki pemahaman dasar yang baik mengenai beberapa konsep fundamental. Hal ini terlihat pada P2 (Fungsi Panel Surya), P4 (Manfaat Biaya Pompa), dan P6 (Definisi Akuaponik), di mana lebih dari 98% peserta telah menjawab dengan benar. Namun, grafik ini juga secara jelas mengidentifikasi adanya kesenjangan pengetahuan yang signifikan pada area yang lebih teknis dan spesifik.

Kelemahan paling menonjol terdapat pada P5 (Potensi Energi Terbarukan Indonesia), di mana hanya 13% peserta yang menjawab benar. Ini mengindikasikan adanya miskonsepsi umum di kalangan peserta mengenai potensi energi surya versus energi angin di Indonesia. Selain itu, pemahaman mengenai praktik terbaik dalam hortikultura pada P7 (Cara Menangani Bibit) juga masih rendah, dengan tingkat kebenaran hanya 49%. Temuan ini menggarisbawahi urgensi dan relevansi materi pelatihan untuk mengoreksi miskonsepsi dan mengisi kesenjangan pengetahuan teknis tersebut.

Setelah mengikuti pemaparan materi dan pelatihan pada kegiatan ini, terjadi peningkatan penguasaan materi yang sangat signifikan di hampir seluruh butir soal, seperti yang ditunjukkan oleh batang hijau. Keberhasilan terbesar dari pelatihan ini adalah kemampuannya untuk mengoreksi miskonsepsi yang ada. Pada soal P5, pemahaman peserta melonjak drastis dari 13% menjadi 88%. Peningkatan dramatis juga terlihat pada P9 (Kebutuhan Sinar Matahari), di mana persentase jawaban benar meningkat dari 58% menjadi 92%.

Peningkatan ini membuktikan bahwa metode penyampaian materi efektif dalam mentransfer pengetahuan yang akurat dan relevan. Untuk konsep-konsep yang pada awalnya sudah cukup dipahami, pelatihan berhasil memperkuatnya hingga mencapai tingkat penguasaan yang hampir sempurna, seperti terlihat pada P8 (Fungsi Pompa DC) dan P10 (Fungsi Baterai/Aki) yang keduanya mencapai 98% jawaban benar.

Secara keseluruhan, analisis komparatif per butir soal ini memberikan bukti empiris yang kuat mengenai keberhasilan program pelatihan. Grafik tersebut tidak hanya mengonfirmasi peningkatan pengetahuan secara umum, tetapi juga memetakan secara detail area-area miskonsepsi yang berhasil diperbaiki. Peningkatan paling signifikan pada topik-topik yang paling sedikit dipahami sebelumnya (P5, P7, P9) menunjukkan bahwa pelatihan telah secara efektif menjawab kebutuhan belajar peserta. Meskipun pemahaman pada P7 meningkat, topik ini tetap menjadi area dengan tingkat penguasaan terendah pasca-pelatihan (58%), menyiratkan bahwa materi yang bersifat sangat praktis ini mungkin memerlukan sesi demonstrasi atau pengulangan dimasa mendatang untuk mencapai penguasaan yang lebih optimal.

2. Analisis Kepuasan Peserta (Hasil Kuesioner)

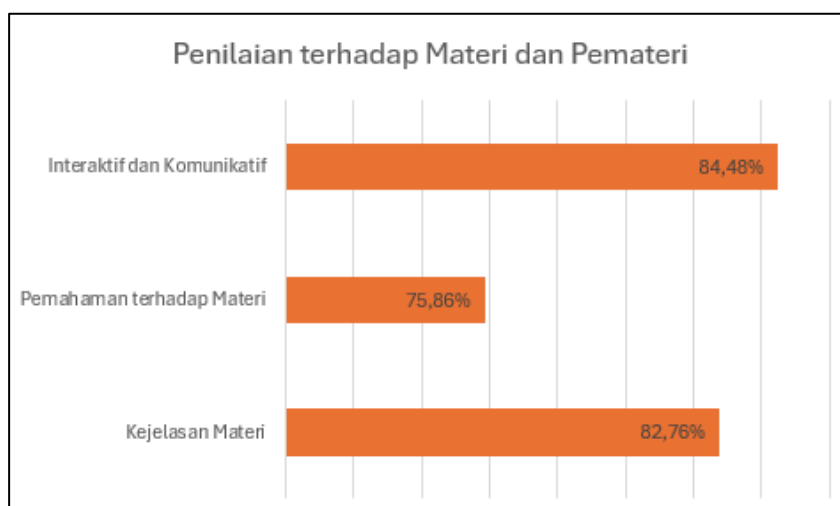
Evaluasi kegiatan dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepuasan kepada para peserta melalui *Google Form* di akhir acara. Kuesioner ini berhasil diisi oleh total 58 responden, yang terdiri dari 57 siswa dan 1 guru dari SMKN 1 Gunung Putri. Analisis dari kuesioner tersebut adalah sebagai berikut.

Manfaat kegiatan para peserta diminta untuk menilai seberapa besar manfaat yang mereka peroleh dari kegiatan ini dalam skala 1 sampai 4. Gambar 8 menunjukkan bahwa kegiatan ini dinilai sangat bermanfaat, dimana 81,03% (47 responden) memberikan nilai 4 (sangat bermanfaat) dan 18,97% (11 responden) memberikan nilai 3 (bermanfaat). Ini menandakan bahwa materi dan praktik yang diberikan sesuai dengan kebutuhan dan harapan peserta.



Gambar 8. Penilaian Peserta terhadap Manfaat Kegiatan

Penilaian Terhadap Materi dan Pemateri Penilaian dilakukan (Pengenalan Sistem Akuaponik Berbasis Tenaga Sel Surya). Pemateri mendapatkan respon yang luar biasa positif seperti yang sudah ditunjukkan pada Gambar 9. Untuk aspek Kejelasan Materi, 82,76% responden menilai "Sangat Puas". Untuk aspek Pemahaman terhadap Materi, 75,86% menilai "Sangat Puas". Sementara itu, aspek Interaktif dan Komunikatif dinilai "Sangat Puas" oleh 84,48% responden.



Gambar 9. Penilaian terhadap Materi dan Pemateri

Penilaian Terhadap Sarana dan Prasarana Peserta juga ditunjukkan pada Gambar 10 memberikan penilaian terhadap fasilitas pendukung kegiatan, yang mencakup kecukupan materi, aksesibilitas lokasi, serta kualitas sarana dan prasarana. Hasilnya, 84,48% (49 responden) memberikan nilai tertinggi (skor 4), yang menunjukkan bahwa penyelenggaraan kegiatan dari segi fasilitas dan materi pendukung dinilai sangat memuaskan.

Secara keseluruhan, data evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil mencapai tujuannya dengan sangat baik. Para peserta tidak hanya mendapatkan ilmu dan keahlian baru, tetapi juga merasa sangat puas dengan cara penyampaian materi yang jelas, interaktif, serta didukung oleh fasilitas yang memadai, ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Penilaian terhadap Sarana dan Prasarana

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan dan evaluasi kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: Kegiatan pelatihan berhasil secara signifikan meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa SMKN 1 Gunung Putri mengenai sistem akuaponik berbasis tenaga sel surya. Hal ini dibuktikan secara kuantitatif melalui analisis hasil pre-test dan post-test, di mana terjadi lonjakan pemahaman yang drastis pada topik-topik yang sebelumnya kurang dikuasai, seperti pada materi Potensi Energi Terbarukan (P5) dan Kebutuhan Sinar Matahari (P9).

Pelaksanaan kegiatan mendapatkan respon yang sangat positif dari peserta. Hasil kuesioner kepuasan menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap manfaat kegiatan (81,03% menilai sangat bermanfaat), kejelasan materi, serta interaktivitas pemateri. Ini mengindikasikan bahwa metode pelatihan yang menggabungkan teori dan praktik langsung dinilai efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta.

Luaran utama dari kegiatan ini telah tercapai, yaitu terbentuknya kompetensi praktis pada siswa dan terbangunnya satu unit prototipe akuaponik bertenaga surya di lingkungan sekolah. Fasilitas ini kini dapat berfungsi sebagai media peraga edukatif yang berkelanjutan untuk menunjang proses pembelajaran berbasis proyek di SMKN 1 Gunung Putri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat "Pelatihan Sistem Akuaponik Berbasis Tenaga Sel Surya pada Siswa SMK Negeri 1 Gunung Putri" ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS), "Statistik Sektor Pertanian Indonesia," BPS, Jakarta, Indonesia, 2023.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), "Laporan Kinerja Kementerian ESDM: Pemanfaatan Energi Terbarukan," Kementerian ESDM, Jakarta, Indonesia, 2023.
- [3] Food and Agriculture Organization (FAO), "Urban Agriculture and Youth Engagement," FAO, Rome, Italy, 2021.

- [4] A. Hadinata, B. Santoso, and C. Wijaya, "Solar Energy Potential in West Java: A Case Study of Bogor," *Renewable Energy Journal*, vol. 45, no. 3, pp. 112–120, 2021.
- [5] J. E. Rakocy, M. P. Masser, and T. M. Losordo, "Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture," *Aquaculture Magazine*, vol. 14, no. 2, pp. 34–40, 2006.
- [6] UNESCO, "STEM Education for Sustainable Development," UNESCO, Paris, France, 2020.
- [7] United Nations Development Programme (UNDP), "Sustainable Development Goals Report: Youth and Green Skills," UNDP, New York, NY, USA, 2022.
- [8] PT. PLN (Persero), "Laporan Kenaikan Tarif Listrik Sektor Pendidikan 2023," PLN, Jakarta, Indonesia, 2023.
- [9] D. Suryani, E. Prasetyo, and F. Rahmawati, "Implementasi Teknologi Hijau dalam Pendidikan: Studi Kasus di Sekolah Menengah Indonesia," *Jurnal Pendidikan Indonesia*, vol. 12, no. 4, pp. 45–60, 2022.
- [10] BMKG, "Data Curah Hujan Kota Bogor 2023," Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Jakarta, Indonesia, 2023.