

PENERAPAN SISTEM AQUAPONIK BERBASIS ENERGI BARU TERBARUKAN SEBAGAI SARANA PEMBELAJARAN IPA DAN PRODUK KEWIRAUSAHAAN SEKOLAH

Syahrul Sariman¹, A. Tenri Fitriyah², Agustinus Jarak Patandean³, Ahmad Swandi⁴,
Fina Melani Putri⁵

¹) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

²) Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Bosowa

³) Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra, Universitas Bosowa

²) Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra, Universitas Bosowa

⁴) Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Sastra, Universitas Bosowa

⁵) Magister Pendidikan Dasar, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

email: syahrul_sariman@yahoo.co.id¹, tenri.fitriyah@universitasbosowa.ac.id², aj.patandean@unm.ac.id³,

andiiirwandi@universitasbosowa.ac.id⁴, ahmad.swandi@universitasbosowa.ac.id⁵,

finamelaniputri8533@gmail.com⁶

Abstrak

Penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan sebagai sarana pembelajaran IPA dan produk kewirausahaan sekolah merupakan upaya untuk mengintegrasikan konsep keberlanjutan dalam pendidikan dan pengembangan kewirausahaan di tingkat sekolah. PKM ini bertujuan untuk memperkenalkan dan menerapkan sistem aquaponik yang memanfaatkan energi baru terbarukan, seperti energi matahari dan energi angin, dalam lingkungan sekolah untuk mendukung proses pembelajaran ilmu pengetahuan alam (IPA) dan membangkitkan minat kewirausahaan di kalangan siswa. Hasil dari implementasi sistem aquaponik menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep ekologi, hidroponik, dan akuakultur. Selain itu, penerapan energi terbarukan dalam sistem ini berhasil mengurangi konsumsi energi dari sumber non-terbarukan dan menambah nilai praktis dalam proses pembelajaran. PKM ini juga memberikan peluang bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan kewirausahaan melalui pengelolaan dan pemasaran produk yang dihasilkan oleh sistem aquaponik. Secara keseluruhan, penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan tidak hanya memberikan manfaat dalam pembelajaran IPA tetapi juga menciptakan peluang kewirausahaan yang bermanfaat bagi siswa. PKM ini terbukti menghasilkan sistem aquaponik berbasis tenaga surya dengan kapasitas 630 net pot yang menjadi pusat pembelajaran IPA (kebun IPA) di SMAN 1 Pinrang. Selain itu, terjadi peningkatan pemahaman guru dan siswa berkaitan dengan budidaya aquaponik berbasis tenaga surya.

Kata kunci: Energi Baru Terbarukan, Sistem Aquaponik, Sarana Pembelajaran IPA

Abstract

Penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan sebagai sarana pembelajaran IPA dan produk kewirausahaan sekolah merupakan upaya untuk mengintegrasikan konsep keinginan dalam pendidikan dan pengembangan kewirausahaan di tingkat sekolah. PKM ini bertujuan untuk memperkenalkan dan menerapkan sistem aquaponik yang memanfaatkan energi baru terbarukan, seperti energi matahari dan energi angin, dalam lingkungan sekolah untuk mendukung proses pembelajaran ilmu pengetahuan alam (IPA) dan membangkitkan minat kewirausahaan di kalangan siswa. Hasil dari implementasi sistem aquaponik menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep ekologi, hidroponik, dan akuakultur. Selain itu, penerapan energi terbarukan dalam sistem ini berhasil mengurangi konsumsi energi dari sumber non-terbarukan dan menambah nilai praktis dalam proses pembelajaran. PKM ini juga memberikan peluang bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan melalui pengelolaan dan pemasaran produk yang dihasilkan oleh sistem aquaponik. Secara keseluruhan penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan tidak hanya memberikan manfaat dalam pembelajaran IPA tetapi juga menciptakan peluang kewirausahaan yang bermanfaat bagi siswa. PKM ini terbukti menghasilkan sistem aquaponik berbasis tenaga surya dengan kapasitas 630 net pot yang menjadi pusat pembelajaran IPA (kebun IPA) di SMAN 1 Pinrang. Selain itu, terjadi peningkatan pemahaman guru dan siswa terkait dengan budidaya aquaponik berbasis energi surya.

Keywords: Energi Baru Terbarukan, Sistem Aquaponi, Sarana Pembelajaran IPA

PENDAHULUAN

Pendidikan kewirausahaan pada siswa sekolah memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan masyarakat dan kemajuan ekonomi suatu negara (Rachmadyanti & Wicaksono, 2017). Kewirausahaan, sebagai kemampuan untuk mengidentifikasi, menciptakan, dan mengelola peluang bisnis, merupakan faktor yang mendorong pertumbuhan ekonomi dan memberikan lapangan kerja bagi masyarakat (Kurotimi et al., 2017). Oleh karena itu, penting bagi siswa-siswa sekolah untuk mendapatkan pendidikan kewirausahaan yang baik guna mempersiapkan mereka dalam menghadapi dunia kerja dan mengembangkan potensi diri. Salah satu alasan mengapa pendidikan kewirausahaan penting adalah karena dapat menciptakan lapangan kerja bagi para lulusan sekolah ((Hoang & Luu, 2022; M et al., 2012; Muthumeena & Yogeswaran, 2022). Dalam era globalisasi dan persaingan global yang semakin ketat, pekerjaan dan lapangan kerja tidak lagi terbatas pada penerimaan di kantor formal atau perusahaan besar.

Masih rendahnya manajemen kewirausahaan siswa di sekolah disebabkan oleh kurangnya pembelajaran kewirausahaan yang komprehensif, minimnya fasilitas dan dukungan, kurangnya pelatihan bagi guru, serta kurangnya keterlibatan dunia usaha dan lingkungan. Untuk meningkatkan manajemen kewirausahaan siswa, sekolah perlu memperkuat kurikulum kewirausahaan, menyediakan kesempatan bagi siswa untuk berwirausaha secara langsung, serta menjalin kemitraan dengan dunia usaha agar siswa bisa mendapatkan pengalaman nyata dalam manajemen usaha.

Saat ini, berbagai macam cara dapat dilakukan untuk menumbukan jiwa kewirausahaan siswa melalui integrasi pendidikan kewirausahaan kedalam pembelajaran maupun melalui kegiatan ekstra kurikuler. Beberapa sekolah telah mengintegrasikan pembelajaran kewirausahaan melalui mata pelajaran seperti pada pembelajaran IPA (Agustina, 2017; Winarti, 2014) dimana siswa belajar tentang fermentasi dengan membuat produk olahan makanan seperti tempe dan tape yang selanjutnya menjadi produk kewirausahaan siswa. Sedangkan aktivitas kewirausahaan juga dapat dilakukan melalui organisasi kesiswaan. Kedua strategi ini dapat dilakukan sekolah sehingga selain siswa belajar substansi mata pelajaran, mereka juga belajar tentang wirausaha melalui pembelajaran proyek yang diberikan guru. Namun, strategi seperti itu masih sangat jarang ditemukan di sekolah.

Saat ini, tidak semua sekolah telah berhasil melakukan strategi ini, salah satunya adalah SMAN 1 Pinrang. Sekolah ini berada di ibu kota kabupaten Pinrang yang terletak sekitar 180 km dari kota Makassar. Sekolah ini memiliki jumlah guru dan siswa yang cukup signifikan dimana 1271 siswa dan 77 guru dengan luas sekolah sekitar 2 Ha. Dengan jumlah guru, siswa serta prestasi yang dimiliki, sekolah ini selalu menjadi percontohan dan rujukan di Kabupaten Pinrang.

Namun, prestasi dan keunggulan serta potensi yang ada di SMAN 1 Pinrang belum didukung oleh bentuk pembelajaran yang berorientasi pada praktek di luar kelas dan pendidikan kewirausahaan. Salah satu sarana dan prasarana pembelajaran praktek yang dimiliki adalah Kebun IPA namun sangat tidak optimal dalam pemanfaatannya. Menurut kepala sekolah dan beberapa guru IPA, SMAN 1 Pinrang telah lama berencana membangun kebun IPA yang dapat menjadi sarana belajar dan praktek diluar kelas/ laboratorium siswa, namun kurangnya pemahaman dan keterampilan guru serta keterbatasan dana, pembangunan kebun IPA belum yang mereka bangun belum sesuai dengan harapan. Menurut salah satu guru IPA, salah satu bentuk kebun IPA yang dapat dibuat di sekolah adalah hidroponik yang diintegrasikan dengan budidaya ikan (aquaponik). Hal ini dianggap sesuai karna terdapat 3 mata pelajaran yang terintegrasi yaitu biologi tentang pemeliharaan tumbuhan dan hewan, fisika tentang fluida dinamis dan penyangaran, serta kimia tentang kandungan kimia dari air.

Sedangkan, menurut beberapa guru ekonomi, pendidikan kewirausahaan belum berjalan di SMAN 1 Pinrang. Meskipun potensi penjualan produk cukup besar baik kepada masyarakat dalam lingkup sekolah maupun masyarat diluar sekolah sebagai konsumen yang potensial, namun tidak adanya produk yang dikembangkan guru dan siswa menjadi pendidikan kewirausahaan belum berjalan. Pelaksanaan pendidikan kewirauhsaan hanya dilakukan melalui koperasi sekolah yang dikelola sebagian guru dan siswa yang hanya berfokus pada produk makanan/snack untuk guru dan siswa serta ATK. Hal ini juga hanya menyasar konsumen dalam lingkup sekolah.

Wakil Kepala Sekolah bidang kemahasiswaan SMAN 1 Pinrang menjelaskan bahwa SMAN 1 Pinrang dalam 1 tahun terakhir telah membuat hidroponik dengan jumlah lubang (net pot) sekitar 200. Namun terdapat beberapa permasalahan dalam pemanfaatannya antara lain (i) kesalahan dalam pembuatan rangka yang mengakibatkan air tidak mengalir lancar dalam pipa tersebut; (ii). Pemahaman guru/ pengelola dalam pemanfaatan hidroponik masih sangat minim yang membuat hasil panen sangat rendah; (iii) belum terintegrasi dengan pemelihara ikan dan belum dapat disebut kebun IPA karna

hanya menjadi tempat belajar biologi; (iv) jumlah net pot yang sangat kurang membuat hasil panen yang sedikit; (v) hasil panen yang rendah belum mendukung pelaksanaan pendidikan kewirausahaan siswa.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tim PKM Universitas Bosowa menganggap sangat diperlukan paket kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam rangka membangun kebun IPA dalam bentuk pembangunan aquaponik (budidaya tanaman sayur dan ikan secara terintegrasi) dengan memanfaatkan energi baru terbarukan. Hal ini penting sebab bukan hanya sebagai sarana pembelajaran diluar kelas tetapi juga dapat menjadi solusi atas permasalahan keterbatasan produk yang dihasilkan sekolah. Melalui kegiatan ini, focus pengabdian adalah dilakukan penerapan aquaponik berbasis energi baru terbarukan yang diharapkan mampu menjadi solusi atas 2 permasalahan yaitu (i) tidak tersedianya kebun IPA sebagai tempat praktek guru dan siswa, (ii) tidak adanya produk kewirausahaan yang dihasilkan oleh guru dan siswa. Penerapan teknologi ini dilakukan melalui skema transfer teknologi dan pelatihan/ pendampingan agar guru dan siswa mampu mengoperasikan dan melakukan perawatan terhadap 2teknologi pengabdian yang diberikan. Selain itu, terdapat 3 dosen yang terlibat langsung dalam kegiatan dan melakukan aktivitas diluar kampus. Hal ini tentu mendukung pencapaian Indikator Kinerja Utama yang ke- 3. Serta hasil kerja dosen berupa produk penelitian sistem aquaponik berbasis tenaga surya dapat digunakan masyarakat dalam hal ini guru dan siswa yang mendukung pencapaian IKU -5. Selain itu, pelibatan mahasiswa semester 6 dalam seluruh rangkaian kegiatan dengan target capaian kompetensi yang sesuai merupakan wujud implementasi program MBKM yaitu mahasiswa mendapatkan pengalaman belajar di luar kampus (IKU-2). Dan juga program sistensi mengajar dimana mahasiswa akan menjadi instruktur dalam transfer teknologi, pelatihan dan pendampingan kepada siswa dan guru bagaimana beraquaponik dan berwirausaha. Kegiatan ini juga memberikan kesempatan untuk mahasiswa mempelajari bukan hanya berkaitan dengan basic keilmuan di perguruan tinggi tetapi juga bidang lain yang suatu saat nantinya dapat mendukung pencapaian karir dimasa depan serta memberikan pengalaman pada mahasiswa untuk mengimplementasikan ilmu yang mereka terima di perguruan tinggi melalui implementasi teknologi aquaponik berbasis energi baru terbarukan. Bentuk MBKM yang juga dapat dilakukan adalah magang dan wirausaha di SMAN 1 Pinrang.

METODE

Adapun skema pelaksanaan Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan PKM

Sebelum kegiatan inti dimulai terlebih dahulu dilakukan sosialisasi kepada mitra sasaran mengenai program yang akan dilaksanakan, tujuannya, teknis kegiatan dan capaian yang diharapkan. Sosialisasi dilakukan secara luring di SMAN 1 Pinrang. Adapun peserta sosialisasi adalah pimpinan sekolah, guru, siswa dan mahasiswa. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memberikan informasi yang utuh hal apa yang akan dilakukan selama kegiatan untuk mencapai tujuan PKM, selain itu juga melakukan penyamaan persepsi antara tim pelaksana, narasumber, tenaga ahli, instruktur dan peserta kegiatan.

Terdapat 2 jenis pelatihan yang akan dilakukan sesuai dengan permasalahan yang ada yaitu pelatihan tentang bagaimana Aquaponik berbasis tenaga surya untuk budidaya sayuran dan ikan lele serta pelatihan penyusunan rencana bisnis (bussiness plan). Adapun model pelatihan menggunakan model Goad (Al Arif et al., 2023) yang dibagi dalam 5 kegiatan yaitu analisis kebutuhan pelatihan, desain pendekatan pelatihan, pengembangan modul pelatihan, pelaksanaan dan evaluasi.

Sebelum dilakukan penerapan teknologi terlebih dahulu dilakukan pembuatan paket aquaponik, rangka kolam, rangka pembangkit listrik tenaga surya di Universitas Bosowa. Kemudian produk ini, dibawa ke SMAN 1 Pinrang untuk selanjutnya menjadi media/alat peraga pelatihan dan pendampingan kepada siswa dan guru. Pemasangan, instalasi, pengujian akan dilakukan secara bersama-sama antara tim, tenaga ahli, guru dan siswa.

Setelah pelatihan dilakukan secara onsite dilanjutkan dengan kegiatan pendampingan baik secara onsite maupun online. Tujuan pendampingan ini adalah untuk memastikan bahwa terjadi peningkatan/penguasaan pemahaman guru terhadap program yang telah dilakukan. Pendampingan ini juga bertujuan untuk memastikan 2 teknologi yang diterapkan dapat dioperasikan secara mandiri oleh pihak sekolah termasuk perawatan dan mitigasi perbaikan jika mengalami kerusakan.

Program ini dapat direplikasi oleh pihak disdikpora Prov. Sulawesi Selatan atau Dinas Pendidikan Cabang dalam 2 bentuk yaitu (i) replikasi program yang sama di sekolah lain dengan permasalahan dan karakteristik yang sama, (ii) atau pengembangan produk yang telah ada yang meliputi kapasitas ikan dan sayuran yang dihasilkan. Selain itu, program ini dapat menjadi contoh bagi pemda atau pemdes sekitar untuk mereplikasi dan memberikan edukasi kepada masyarakat luas berkaitan dengan budidaya secara aquaponik.

Tabel 1. Kontribusi Mitra dalam PKM

Tahapan	Kontribusi Mitra
Sosialisasi	Menyebarkan informasi ke guru dan siswa; melakukan seleksi guru dan yang terlibat langsung dalam kegiatan; membentuk kepanitiaan dan pengelola kebun IPA
Pelatihan	Menyiapkan aula dan kebutuhan sound system, memobilisasi guru dan sekolah
Penerapan teknologi	Membantu membuat rumah hidroponik; menyediakan lahan
Pendampingan dan evaluasi program	Mengevaluasi hasil panen tanaman sayur dan ikan lele; mengevaluasi peningkatan pemahaman guru dan siswa tentang aquaponik dan pendidikan kewirausahaan
Keberlanjutan program	Melakukan replikasi program di lahan/kebun lainnya atau melakukan penambahan volume

Oleh karena itu, agar semua kegiatan tersebut dapat berjalan dengan lancar dan tercapai indikator capaian dan luaran, maka dibutuhkan tim dengan kompetensi yang sesuai dengan program yang dilakukan. Ketua tim dengan kualifikasi S3 bidang teknik sipil memiliki pengalaman riset tentang pengolahan dan filtrasi air limbah (Sariman, Irwandi, et al., 2023; Sariman, Swandi, et al., 2023) yang dibutuhkan dalam pembuatan aquaponik, pemanfaatan energi baru terbarukan (Akrim et al., 2024), pengembangan dan desain infrastruktur. Anggota 1 memiliki latar belakang agrobisnis dan agroteknologi yang telah memiliki banyak pengalaman dalam pembelajaran dan riset tentang tata niaga hasil pertanian, manajemen produksi, analisis pendapatan pertanian (Baharuddin et al., 2022), pengembangan sayuran organik (Fitriyah et al., 2024), potensi pemanfaatan agroindustri dan saat ini bersama ketua tim melaksanakan penelitian mandiri tentang pengembangan aquaponik berbasis tenaga surya. Anggota 2 adalah seorang guru besar bidang pendidikan fisika yang berfokus pada pengembangan model pembelajaran inovatif, (Hamsiah et al., 2017). Oleh karena itu, dengan keahlian dan pengalaman tim maka program PKM ini dapat terlaksana dengan baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah keadaan kebun hidroponik SMAN 1 Pinrang yang terbengkal akibat keterbatasan dana dan pengetahuan guru dalam melakukan budidaya sayuran secara hidroponik. SMAN 1 Pinrang telah memiliki greenhouse dan netpot dengan kapasitas 200 lubang. Tim kemudian melakukan optimalisasi dengan membangun sistem baru berupa sistem aquaponik berbasis tenaga surya. Kegiatan

diawali dengan membuat kolam terpal terlebih dahulu berukuran 4 x 2 meter, selanjutnya dibuat sistem perpipaan dengan kapasitas netpot 300 dan selanjutnya instalasi tenaga surya sebagai sumber listrik untuk pompa dan aerator.

Selanjutnya dilakukan kegiatan pelatihan, pendampingan dan transfer teknologi. Pelatihan diberikan berkaitan dengan tata cara budidaya lele dan kangkung secara aquaponik. Pendampingan dilakukan dengan bersama-sama antara guru dan siswa melakukan penanaman dan pemeliharaan, sedangkan transfer teknologi dilakukan dengan memberikan bimbingan secara langsung bagaimana instalasi PLTS dan mitigasi perawatannya. Hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan berhasil meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep-konsep budidaya aquaponik berbasis tenaga surya. Tabel dibawah ini menunjukkan bagaimana hasil tes awal dan akhir Siswa tidak hanya belajar tentang siklus ekosistem antara tanaman dan ikan, tetapi juga memperoleh wawasan tentang penerapan teknologi energi terbarukan dalam mendukung keberlanjutan sistem aquaponik. Data evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan siswa terkait dengan prinsip-prinsip IPA.



Gambar 4. Perbandingan Hasil Tes Awal dan Akhir Siswa dan Guru Berkaitan dengan Sistem Aquaponik

Selain itu, kegiatan ini memberikan pengalaman praktis yang berharga dalam pengelolaan dan pemasaran produk aquaponik. Siswa terlibat langsung dalam proses produksi, dari pemeliharaan sistem hingga pemasaran hasil panen, yang mengajarkan mereka keterampilan kewirausahaan yang esensial. Program pelatihan yang dilaksanakan juga membekali siswa dengan strategi manajerial dan pemasaran yang berguna, serta meningkatkan kemampuan mereka untuk merancang dan menjalankan proyek bisnis berbasis keberlanjutan.

Secara keseluruhan, proyek ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan ilmiah dan keterampilan kewirausahaan siswa, tetapi juga memotivasi mereka untuk mengeksplorasi peluang di bidang pertanian dan bisnis yang ramah lingkungan. Implementasi sistem aquaponik yang didukung oleh energi baru terbarukan memberikan contoh nyata tentang bagaimana teknologi dapat diterapkan untuk menciptakan solusi berkelanjutan, serta membentuk sikap proaktif siswa terhadap isu-isu lingkungan dan kewirausahaan.



Gambar 5. Keadaan Kebun IPA UPT SMAN 1 Pinrang setelah kegiatan PKM

Penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan di sekolah memberikan manfaat besar sebagai sarana pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan pengembangan produk kewirausahaan. Dalam konteks pembelajaran IPA, sistem aquaponik memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep-konsep penting seperti siklus nitrogen, hubungan simbiotik antara tanaman dan

ikan, serta teknologi energi terbarukan seperti tenaga surya atau angin. Pembelajaran berbasis praktik ini membuat siswa lebih mudah memahami teori, karena mereka dapat melihat langsung bagaimana siklus ekosistem bekerja. Selain itu, siswa juga dapat mempelajari prinsip-prinsip keberlanjutan dan konservasi sumber daya alam secara konkret.

Selain meningkatkan pemahaman dalam bidang IPA, sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan juga berfungsi sebagai wahana pengembangan kewirausahaan di sekolah. Siswa dapat memanfaatkan hasil panen dari sistem ini, baik berupa sayuran maupun ikan, sebagai produk yang dapat dipasarkan. Melalui kegiatan ini, siswa belajar tentang aspek ekonomi, manajemen, dan pemasaran produk, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia kewirausahaan. Program ini mendorong siswa untuk berpikir kreatif dan inovatif, serta memahami bagaimana menerapkan teknologi ramah lingkungan dalam bisnis.

Penerapan teknologi energi terbarukan dalam sistem aquaponik juga memberikan pemahaman lebih lanjut tentang pentingnya keberlanjutan dalam dunia modern. Siswa diperkenalkan pada teknologi yang tidak hanya efisien, tetapi juga ramah lingkungan, seperti panel surya untuk menggerakkan pompa air. Ini menanamkan kesadaran pada generasi muda tentang pentingnya energi bersih dan terbarukan. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memberikan dampak positif pada pendidikan akademik dan keterampilan kewirausahaan, tetapi juga menanamkan nilai-nilai penting mengenai pelestarian lingkungan dan penggunaan teknologi yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan di SMAN 1 Pinrang telah berhasil mencapai tujuan utama sebagai sarana pembelajaran IPA dan pengembangan kewirausahaan. Melalui integrasi teknologi aquaponik dalam kurikulum, siswa memperoleh pemahaman praktis tentang ekosistem, siklus nutrisi, dan penggunaan energi terbarukan. Selain itu, keterlibatan siswa dalam kegiatan kewirausahaan, seperti perencanaan dan pemasaran produk, telah mengembangkan keterampilan bisnis yang berharga. Proyek ini juga menunjukkan keberhasilan dalam memanfaatkan teknologi ramah lingkungan untuk mendukung pendidikan dan memberikan manfaat ekonomi kepada sekolah.

Dalam meningkatkan dampak dan keberlanjutan program pengabdian kepada masyarakat, disarankan agar dilakukan evaluasi rutin dan perbaikan berkelanjutan pada sistem aquaponik untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Pengembangan lebih lanjut dari modul pembelajaran dan program kewirausahaan harus dilakukan dengan melibatkan masukan dari siswa dan tenaga pengajar. Selain itu, memperluas kolaborasi dengan pihak luar seperti organisasi lokal dan lembaga pendidikan lain dapat meningkatkan pengetahuan dan pengalaman yang dibagikan, serta membuka peluang baru untuk ekspansi dan adopsi model serupa di komunitas lain.

SARAN

Sebagai langkah selanjutnya dari penerapan sistem aquaponik berbasis energi baru terbarukan di sekolah, disarankan untuk mengembangkan program pelatihan berkelanjutan yang melibatkan siswa, guru, dan komunitas lokal untuk memperdalam pemahaman dan keterampilan dalam pengelolaan sistem tersebut. Selain itu, integrasi dengan mata pelajaran lain, seperti matematika untuk perhitungan biaya produksi dan keuntungan, atau geografi untuk analisis sumber daya alam, dapat memperluas cakupan pembelajaran. Untuk mendukung kewirausahaan, sekolah juga dapat membentuk unit bisnis berbasis aquaponik yang dikelola oleh siswa dengan bimbingan guru, sehingga hasil panen dapat dipasarkan secara lokal atau melalui platform digital. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran, tetapi juga memberi pengalaman langsung dalam manajemen bisnis dan inovasi teknologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak atas dukungan dalam pelaksanaan kegiatan khususnya kepada LPPM Universitas Bosowa Makassar, dan SMAN 1 Pinrang sebagai mitra dalam kegiatan Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat. Ucapan terima kasih juga kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas pendanaan yang diberikan melalui hibah pengabdian kepada masyarakat tahun anggaran 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D. A. (2017). Model Pembelajaran Untuk Mengenalkan Kewirausahaan. *Bangun Rekaprima*, 03(2), 43–56.
- Akrim, D., Swandi, A., Buraerah, M. F., Irwandi, A., & Sariman, S. (2024). Design of Prototype of Solar Power Based Waste Water Treatment Plant. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(6), 3072-3079.
- 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. *JKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia)*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.36596/jpkmi.v4i1.598>
- Baharuddin, Tang, A., Christine, A., Fitriyah, A. T., & Utami, R. R. (2022). Farmer income analysis: Cocoa farming with side grafting technique (Case study in Mappesangka village, South Sulawesi, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1114(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1114/1/012005>
- Fitriyah, A. T., Suryani, I., & Asni, A. (2024). Penyuluhan dan Pendampingan Pemanfaatan Lahan Pekarangan Untuk Tanaman Sayuran Organik 2024 Nanggroe : *Jurnal Pengabdian Cendikia*. 2(10), 145–148.
- Hamsiah, A., Suriani, S., & S, L. (2017). Peningkatan Pendapatan Petani Tambak Bandeng Melalui Program Pemberdayaan Masyarakat Desa Kekean Kabupaten Pangkep. *Jurnal Ecosystem*, 17(2), 981–988.
- Hoang, G. T., & Luu, T. T. (2022). The Curvilinear Effect of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Intentions. *Academy of Management Proceedings*, 2022(1). <https://doi.org/10.5465/ambpp.2022.14899abstract>
- Kurotimi, M. F., Franklin, A., Aladei, G., & Helen, O. (2017). Entrepreneurship Education as a 21 st 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.
- 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. <https://doi.org/10.5897/ajbmx12.001>
- 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. <https://doi.org/10.53422/jdms.2022.91402>
- Rachmadyanti, P., & Wicaksono, V. D. (2017). Pendidikan Kewirausahaan Bagi Anak Usia Sekolah Dasar. *Seminar Nasional Inovasi Pendidikan*, 200. <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/snip/article/download/8960/6521>
- Sariman, S., Irwandi, A., Rizal, A., & Swandi, A. (2023). Pembuatan Sistem Pompa Submersibel dan Konversi Air Berbasis Tenaga Surya di SDN 41 Pulau Sabangko. 2(2), 125–133. <https://doi.org/10.47178/tongkonan.v2i2.2310>
- Sariman, S., Swandi, A., Ratnawati, R., Buraerah, M. F., & Dipalaya, T. (2023). Desain Prototipe Filter Air Bersih Berbasis Tenaga Surya. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(2), 414–422. <https://doi.org/10.35965/eco.v23i2.2877>
- Winarti, P. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Kewirausahaan untuk Meningkatkan Softskill Siswa. *Saintifika*, 16(2), 1–9.