

## Implementasi Teknologi Aquaponik Berbasis Solar Panel sebagai Media Edukasi Energi Terbarukan bagi Siswa SMAK Bogor

Lukman Nulhakim<sup>1,\*</sup>, Fogot Endro Wibowo<sup>2</sup>, Rudiulianto<sup>2</sup>, Dian Samoedra Wati<sup>3</sup> dan Ivan Kusuma<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Kimia Universitas Jayabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Mesin Universitas Jayabaya, Indonesia

<sup>3</sup> Teknik Elektro Universitas Jayabaya, Indonesia

\*) Corresponding author: [Lukman.nh.st@gmail.com](mailto:Lukman.nh.st@gmail.com)

(Submit pada : 12 Desember 2025 | Terbit pada : 31 Desember 2025)

### Abstract

*This community service activity aims to enhance SMAK Bogor students' understanding of renewable energy technology through the development and utilization of a solar panel-based aquaponic system. The method employed is Participatory Action Research (PAR), which actively involves students in the processes of planning, training, hands-on practice, and evaluation. The activity was conducted in two sessions: the delivery of renewable energy materials and the demonstration of solar panel applications in aquaponic systems, with a total of 150 student participants. Evaluation was carried out using pretests and post tests completed by 69 respondents. The results indicate a significant increase in students' understanding of aquaponic concepts, the working principles of solar panels, and the energy flow within solar-powered pump systems, with all students achieving full comprehension by the end of the activity. Participant satisfaction was also very high, with more than 90% expressing satisfaction or high satisfaction with the program's implementation. Overall, this community service activity effectively strengthened students' renewable energy literacy and their ability to apply appropriate technology for sustainable agricultural systems.*

### Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pemahaman siswa SMAK Bogor mengenai penerapan teknologi energi baru terbarukan melalui pembuatan dan pemanfaatan sistem aquaponik berbasis solar panel. Metode yang digunakan adalah *Participatory Action Research* (PAR), yang melibatkan siswa secara aktif dalam proses perencanaan, pelatihan, praktik, dan evaluasi. Kegiatan dilaksanakan dalam dua sesi, yaitu penyampaian materi energi terbarukan dan demonstrasi aplikasi panel surya pada sistem aquaponik, dengan total peserta 150 siswa. Evaluasi dilakukan melalui pretest dan post test yang diikuti oleh 69 responden. Hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman konsep aquaponik, prinsip kerja panel surya, dan alur energi pada sistem pompa berbasis tenaga matahari, di mana seluruh siswa mencapai pemahaman penuh pada akhir kegiatan. Tingkat kepuasan peserta juga sangat tinggi, dengan lebih dari 90% menyatakan puas hingga sangat puas terhadap pelaksanaan kegiatan. Secara keseluruhan, kegiatan PkM ini efektif dalam memperkuat literasi energi terbarukan dan kemampuan siswa dalam memanfaatkan teknologi tepat guna untuk sistem pertanian berkelanjutan.

**Keywords:** *Aquaponic, Community service, Energy, Solar panel, SMAKBO.*

## PENDAHULUAN

Transisi energi menuju pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan agenda strategis nasional yang mendorong berbagai sektor pendidikan untuk berperan aktif dalam pengembangan teknologi tepat guna berbasis energi bersih. Di tengah tantangan keberlanjutan energi dan pangan, lembaga pendidikan vokasi seperti SMAK Bogor memiliki peluang besar untuk mengimplementasikan pembelajaran aplikatif yang mendukung kemandirian masyarakat. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi alternatif telah terbukti efektif untuk menyediakan pasokan listrik di wilayah perdesaan maupun lingkungan dengan keterbatasan infrastruktur energi [1].

Di sisi lain, isu ketahanan pangan serta keterbatasan ruang pada wilayah urban dan semi-urban menjadi landasan bagi berkembangnya teknologi produksi pangan skala rumah tangga, seperti sistem aquaponik. Aquaponik merupakan metode terintegrasi yang mengombinasikan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem resirkulasi sehingga mampu menghemat lahan, air, dan energi [2]. Integrasi panel surya sebagai sumber energi pompa dalam sistem aquaponik menjadikan teknologi ini lebih mandiri, efisien, dan berkelanjutan. Sistem terbarukan seperti ini sangat relevan untuk meningkatkan ketahanan pangan keluarga dan mendukung ekonomi mikro masyarakat [3], [4].

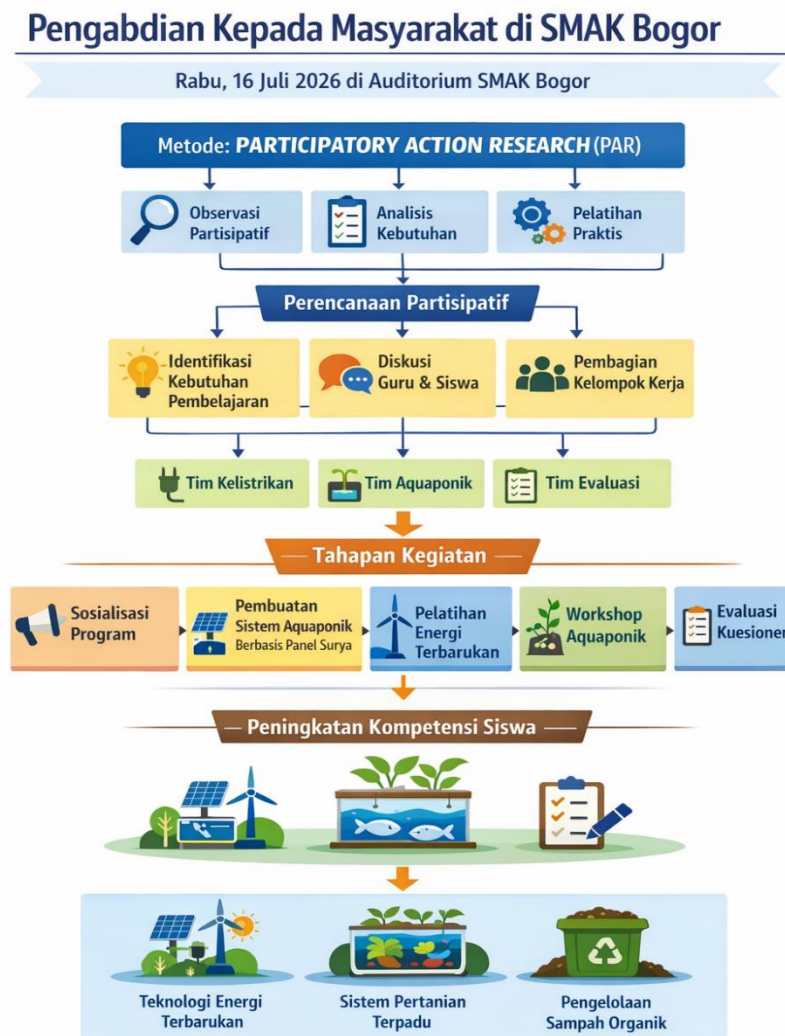
SMAK Bogor sebagai sekolah vokasi di bidang kimia analisis memiliki keunggulan kompetitif dalam hal penguasaan laboratorium, kemampuan eksperimen lingkungan, serta keterampilan teknik yang berkaitan dengan analisis kualitas air dan perancangan sistem berbasis EBT. Sarana laboratorium yang dimiliki sekolah memungkinkan siswa untuk melakukan analisis parameter penting pada sistem aquaponik, seperti pH, amonia, nitrat, dan kualitas air lainnya [5]. Selain itu, sumber daya guru dan siswa memiliki potensi besar untuk merancang dan mengoperasikan perangkat energi surya skala kecil. Namun, potensi ini belum sepenuhnya terintegrasi dalam kurikulum maupun kegiatan praktik lapangan.

Di sisi eksternal, masyarakat sekitar menghadapi berbagai tantangan seperti tingginya biaya listrik, minimnya pemanfaatan lahan pekarangan, serta rendahnya akses terhadap teknologi pertanian perkotaan yang praktis dan berkelanjutan [6]. Teknologi aquaponik berbasis tenaga surya berpotensi menjadi solusi tepat guna untuk menjawab kebutuhan tersebut sekaligus meningkatkan produktivitas rumah tangga. Model ini sangat ideal sebagai media edukasi bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan teknis sekaligus menumbuhkan kesadaran lingkungan. Meskipun memiliki potensi besar, SMAK Bogor menghadapi kendala dalam implementasi sistem aquaponik berbasis solar panel. Keterbatasan sarana seperti panel surya, pompa DC, dan unit budidaya ikan-tanaman menjadi hambatan utama, diikuti kurangnya pelatihan teknis bagi guru dan siswa terkait integrasi energi surya dan teknologi pertanian terpadu. Kesenjangan antara kemampuan laboratorium dan aplikasi teknologi lapangan menuntut adanya program pengabdian masyarakat yang sistematis untuk meningkatkan kapasitas siswa dan sekolah.

Melalui pendekatan *Project-Based Learning*, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang untuk melatih siswa dalam memahami dasar-dasar energi terbarukan, mempraktikkan penggunaan sistem aquaponik berbasis tenaga surya, serta mempelajari pemanfaatan sampah organik melalui pembuatan eco-enzyme [7]. Program ini diharapkan tidak hanya menghasilkan modul pembelajaran dan prototipe sistem aquaponik tenaga surya, tetapi juga meningkatkan kompetensi vokasi siswa dalam bidang energi bersih, pertanian terpadu, dan pengelolaan limbah organik. Dengan demikian, kegiatan ini menjadi langkah strategis dalam memperkuat peran SMAK Bogor sebagai pusat edukasi dan inovasi teknologi lingkungan yang bermanfaat bagi masyarakat.

## METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui proses pengorganisasian komunitas (community organizing) yang melibatkan siswa dan guru SMAK Bogor sebagai subjek utama dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi program, dengan waktu pelaksanaan pada Rabu, 16 Juli 2026 di lingkungan SMAK Bogor menggunakan auditorium sebagai lokasi utama kegiatan. Proses perencanaan aksi dilakukan secara partisipatif melalui identifikasi kebutuhan pembelajaran, diskusi bersama guru dan siswa, serta pembagian peran dalam kelompok kerja seperti tim kelistrikan, tim perakitan sistem aquaponik, dan tim evaluasi. Metode penelitian yang digunakan adalah *Participatory Action Research* (PAR), didukung observasi partisipatif, analisis kebutuhan, serta pelatihan berbasis praktik untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam teknologi energi terbarukan, sistem pertanian terpadu, dan pengelolaan sampah organik. Tahapan kegiatan meliputi sosialisasi program, pembuatan sistem aquaponik berbasis panel surya, pelatihan dasar-dasar energi baru terbarukan, workshop pengaplikasian aquaponik, serta evaluasi berbasis kuesioner untuk menilai efektivitas kegiatan dan tingkat keterlibatan peserta secara menyeluruh seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

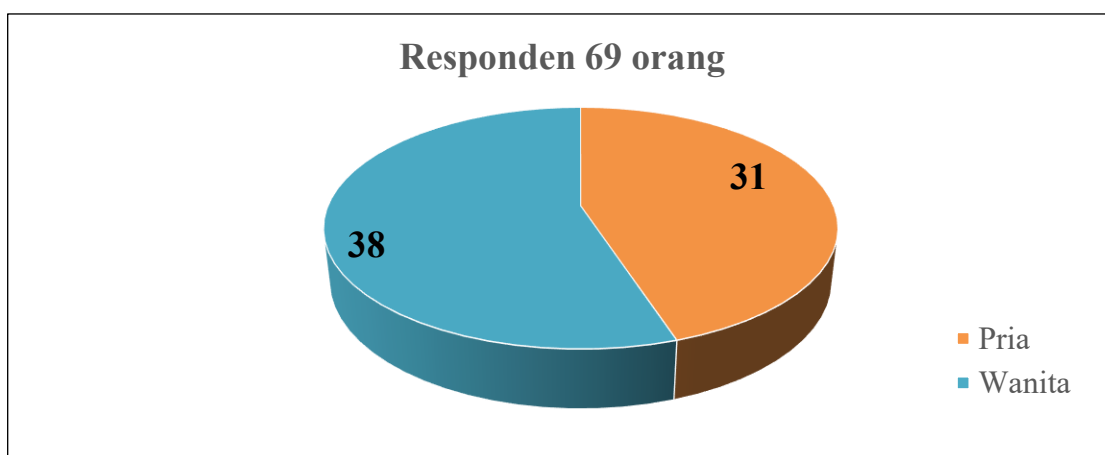


Gambar 1. Tahapan Penelitian pada kegiatan Pengabdian Masyarakat.

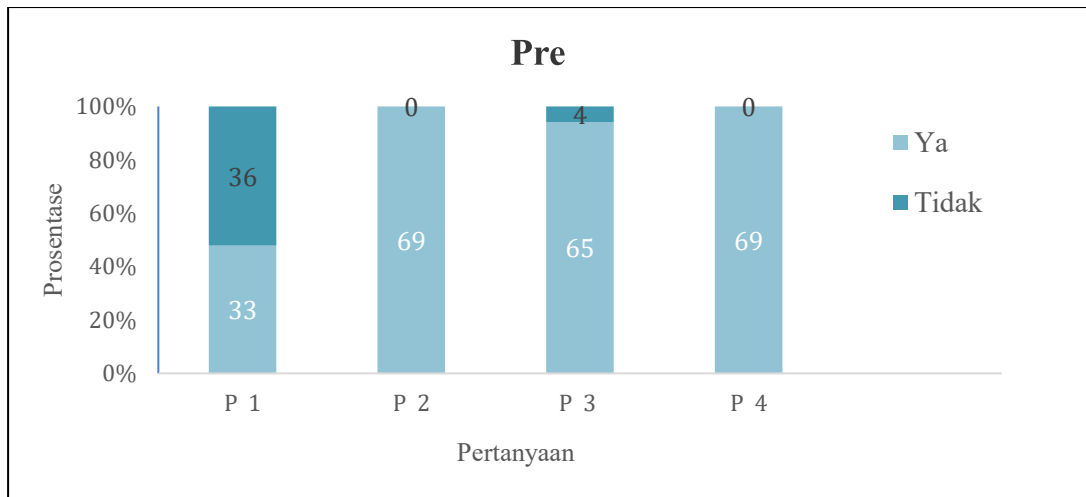
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai penerapan teknologi solar panel pada sistem budidaya berbasis aquaponik di SMAK Bogor dilakukan dalam dua sesi dengan total peserta 150 siswa. Pada sesi pertama, siswa memperoleh pemaparan mengenai konsep energi baru terbarukan. Materi ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa solar panel merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang paling mudah diimplementasikan pada skala kecil, termasuk untuk keperluan edukasi dan pertanian terpadu [8], [9]. Pada sesi kedua, siswa mempelajari aplikasi energi surya dalam sistem aquaponik. Pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman seperti ini terbukti efektif dalam meningkatkan *engagement* peserta, sebagaimana dilaporkan dalam penelitian tentang *experiential learning* dan pendidikan vokasi [10]. Evaluasi kegiatan dilakukan melalui pretest dan post test yang diberikan kepada 69 siswa untuk mengukur peningkatan pemahaman terkait materi energi terbarukan dan sistem aquaponik (Gambar 2). Metode evaluasi ini merujuk pada praktik *interactive learning assessment* yang umum digunakan dalam pelatihan sains dan teknologi [11]. Hasil pretest dan post test menunjukkan peningkatan signifikan pada beberapa indikator pemahaman. Pada pertanyaan pertama tentang pengetahuan awal mengenai sistem aquaponik, hanya 48% peserta menjawab benar pada pretest, tetapi angka ini meningkat menjadi 100% pada posttest. Hal ini sejalan dengan berbagai studi yang menunjukkan bahwa metode demonstrasi langsung dan diskusi terstruktur dapat meningkatkan pemahaman teknis dalam sistem pertanian terpadu [12]. Pada pertanyaan kedua tentang prinsip dasar kerja panel surya, 100% peserta menjawab benar baik pada pretest maupun post test, mencerminkan bahwa konsep ini telah menjadi pengetahuan umum di kalangan siswa, sebagaimana dilaporkan pada survei kesadaran energi terbarukan di kalangan pelajar [13].

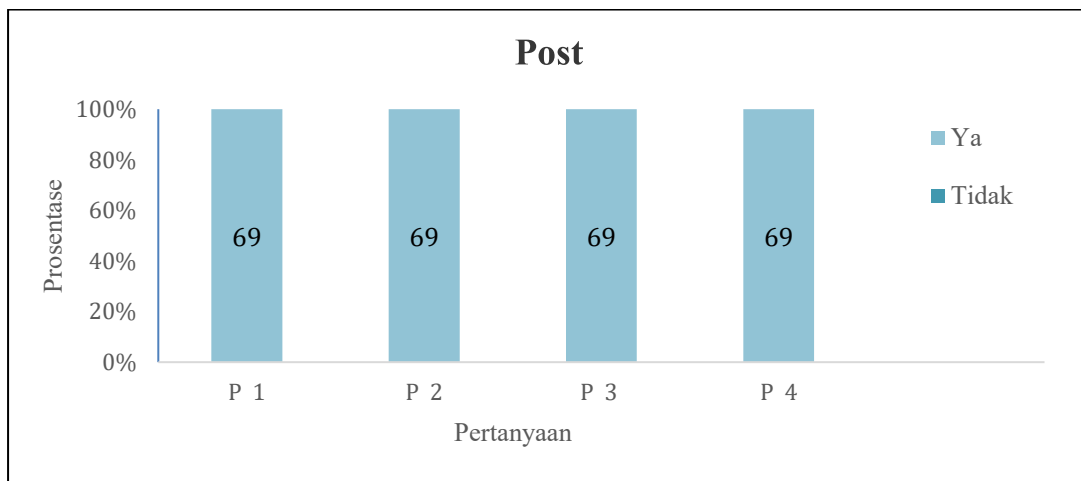
Pertanyaan mengenai pemanfaatan pompa berbasis tenaga surya menunjukkan peningkatan dari 96% pada pretest menjadi 100% pada post test. Hasil ini selaras dengan temuan penelitian mengenai efisiensi penggunaan pompa tenaga surya pada sistem irigasi dan akuakultur [14]. Pertanyaan keempat mengenai fungsi *charge controller* juga menunjukkan pemahaman konsisten sebesar 100% pada pretest dan post test. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa peserta memiliki pengetahuan dasar yang cukup terkait energi surya, dan kegiatan PkM berhasil memperkuat pemahaman tersebut melalui penjelasan dan demonstrasi langsung (Gambar 3 dan Gambar 4).



**Gambar 2.** Profil Peserta Berdasarkan Gender

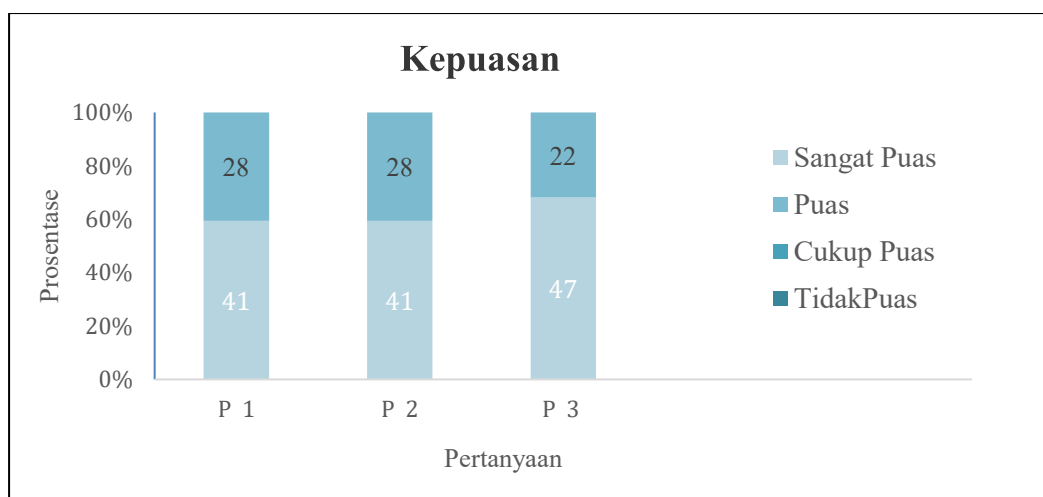


**Gambar 3.** Hasil *Pretest* Pemahaman Tentang Teknologi Solar Panel pada Budidaya Berbasis Aquaponik



**Gambar 4.** Hasil *Post Tes* Pemahaman Tentang Teknologi Solar Panel pada Budidaya Berbasis Aquaponik

Tingkat kepuasan peserta terhadap kegiatan PkM juga dievaluasi. Sebanyak 40% peserta menyatakan puas dan 60% sangat puas terhadap metode penyampaian narasumber. Penilaian terhadap pelaksanaan kegiatan juga serupa, dengan 40% puas dan 60% sangat puas. Pada aspek kebermanfaatan kegiatan, 68% peserta menyatakan puas dan 32% sangat puas (Gambar 5). Hasil ini mencerminkan efektivitas pendekatan *community-based learning*, yang menurut Eyler dan Giles dapat meningkatkan motivasi dan persepsi kebermanfaatan pembelajaran secara signifikan [15]. Secara keseluruhan, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan siswa, tetapi juga memberikan pengalaman praktik yang relevan dengan perkembangan teknologi energi terbarukan dan sistem pertanian berkelanjutan.



**Gambar 5.** Hasil Kepuasan Responden Tentang Pelaksanaan PKM

## KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian mengenai penerapan teknologi solar panel pada sistem aquaponik di SMAK Bogor berjalan dengan baik dan efektif meningkatkan pemahaman siswa. Hasil pretest dan post test menunjukkan peningkatan pengetahuan yang signifikan, terutama terkait konsep aquaponik, prinsip kerja panel surya, dan peran *charge controller* serta pompa bertenaga matahari. Siswa menunjukkan antusiasme tinggi selama pelatihan, dan tingkat kepuasan terhadap kegiatan mencapai lebih dari 90% pada seluruh aspek yang dinilai. Secara keseluruhan, kegiatan ini berhasil memperkuat literasi energi terbarukan dan pemanfaatannya dalam sistem pertanian berkelanjutan serta memberikan pengalaman belajar praktis yang bermanfaat bagi siswa SMAK Bogor.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya atas dukungan pendanaan melalui **Hibah Internal FTI-UJ Nomor: 71.020/SK/DEK./FTI-UJ/V/2025**, sehingga kegiatan pengabdian kepada Masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMAK Bogor beserta seluruh guru dan siswa yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. Jakarta: Kementerian ESDM, 2023.
- [2] E. Sutrisno and A. Wibowo, "Pemberdayaan masyarakat melalui teknologi energi terbarukan: Studi kasus program biogas di pedesaan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, vol. 4, no. 2, pp. 115–123, 2021.
- [3] Y. Purwanto, *Energi Baru dan Terbarukan: Konsep, Teknologi, dan Kebijakan*. Yogyakarta: Deepublish, 2019.
- [4] M. Nurtanto, H. Sofyan, A. Samsudin, and R. Rachmadtullah, "Penguatan kompetensi siswa SMK melalui proyek energi terbarukan," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 26, no. 1, pp. 45–55, 2020.
- [5] Daryanto and S. Karim, *Model Pendidikan Vokasi Berbasis Kewirausahaan dan Kebutuhan Dunia Kerja*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [6] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, *Kebijakan Merdeka Belajar dan Penguatan Sekolah Vokasi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, 2020.

- [7] International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021*. Abu Dhabi: IRENA, 2021.
- [8] S. Rehman and L. M. Al-Hadhrami, “Solar photovoltaic energy for sustainable development,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 19, pp. 447–458, 2013.
- [9] A. Kumar, K. Kumar, N. Kaushik, S. Sharma, and S. Mishra, “Renewable energy in India: Current status and future potentials,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 8, pp. 2434–2442, 2010.
- [10] D. A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984.
- [11] R. R. Hake, “Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data,” *American Journal of Physics*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998.
- [12] C. Somerville, M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus, and A. Lovatelli, *Small-Scale Aquaponic Food Production: Integrated Fish and Plant Farming*. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2014.
- [13] H. Alghamdi, “Awareness of renewable energy among high school students,” *International Journal of Environmental Science and Education*, vol. 14, no. 1, pp. 75–88, 2019.
- [14] S. Mandal, S. K. Pal, and A. Samanta, “Solar-powered pumping system for sustainable irrigation: A review,” *Renewable Energy*, vol. 147, pp. 2179–2190, 2020.
- [15] J. Eyler and D. E. Giles Jr., *Where’s the Learning in Service-Learning?* San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1999.