

Strategi Peningkatan Kemandirian Energi melalui Pemanfaatan Panel Surya untuk Hidroponik dan Akuaponik di SDI As Salam dan SMPIT As Salam Kota Malang

Strategy to Increase Energy Independence through the Use of Solar Panels for Hydroponics and Aquaponics at SDI As Salam and SMPIT As Salam, Malang

Putu Hadi Setyarini^{1*}, Sisca Fajriani², Tri Nurwati³, Mochammad Roviq⁴, Dian Inayati⁵

Universitas Brawijaya, Kota Malang, Indonesia

**Penulis Korespondensi*

¹putu_hadi@ub.ac.id, ²sisca.fp@ub.ac.id, ³trinurti@ub.ac.id, ⁴mochammadroviq@ub.ac.id,
⁵dianina@ub.ac.id

Riwayat Artikel: Dikirim; Diterima; Diterbitkan

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat di SDI As Salam dan SMPIT As Salam bertujuan meningkatkan kemandirian energi melalui pemanfaatan panel surya yang terintegrasi pada sistem hidroponik dan akuaponik. Panel surya digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN, yang menjadi kendala dalam operasional pompa air pada sistem budidaya hidroponik dan akuaponik. Pendekatan participatory Rural Appraisal diterapkan dengan melakukan bimbingan teknis dan sosialisasi instalasi panel surya dan pendampingan budidaya. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penggunaan panel surya dapat mengurangi biaya listrik, mendukung pembelajaran siswa tentang energi terbarukan, serta meningkatkan keberlanjutan urban farming di sekolah. Integrasi panel surya dengan sistem hidroponik dan akuaponik memberikan solusi praktis dan ramah lingkungan dalam mengatasi tantangan ketersediaan energi untuk budidaya di lahan terbatas.

Kata Kunci : panel surya, hidroponik, akuaponik, energi terbarukan, urban farming

Abstract

The community service activity at SDI As Salam and SMPIT As Salam aimed to enhance energy independence through the integration of solar panels in hydroponic and aquaponic systems. Solar panels were utilized as an alternative energy source to reduce dependency on PLN electricity, which posed major challenges for water pump operations in hydroponic and aquaponic farming systems. The Participatory Rural Appraisal approach was implemented through technical training, solar panel installation workshops, and farming assistance. The results demonstrated that using solar panels reduced electricity costs, supported students' learning about renewable energy, and improved the sustainability of urban farming in schools. The integration of solar panels with hydroponic and aquaponic systems provided a practical and eco-friendly solution to energy challenges for farming on limited land.

Keywords: solar panels, hydroponics, aquaponics, renewable energy, urban farming

PENDAHULUAN

SDI As Salam dan SMPIT As Salam sebagai salah satu sekolah dasar dan sekolah menengah berbasis Pendidikan Islami di Indonesia dengan visi menjadi lembaga pendidikan Islami, unggul, dan terpercaya,

melahirkan generasi muda muslim yang berakhlakul karimah dan berprestasi akademik, siap menghadapi tantangan masa depannya sangat mendukung program pemerintah untuk mewujudkan SDGs Indonesia. SDI As Salam dan SMPIT As

Salam berkomitmen untuk membangun perilaku peserta didik dalam melestarikan dan memperlakukan lingkungan secara bijak dan berkelanjutan sejak dini.

Pendidikan lingkungan yang dilakukan di Pendidikan formal tingkat dasar, menengah dan atas didasari pada Memorandum Bersama antara Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dengan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 0142/U/1996 dan No Kep: 89/MENLH/5/1996 tentang Pembinaan dan Pengembangan Pendidikan Lingkungan Hidup, tanggal 21 Mei 1996. Kegiatan pengabdian masyarakat bertujuan untuk memanfaatkan panel surya sebagai sumber listrik alternatif dalam budidaya tanaman secara hidroponik dan akuaponik di SDI As Salam dan SMPIT As Salam. Beberapa kegiatan yang akan dilaksanakan di SDI As Salam dan SMPIT As Salam untuk memberikan pembelajaran dan praktek pelestarian lingkungan mempertimbangkan potensi dan arah pengembangan institusi adalah dengan penerapan *green school* melalui budidaya hidroponik dan akuaponik yang mendukung kegiatan *urban farming*.

Hidroponik merupakan suatu teknik budidaya tanaman menggunakan unsur hara mineral yang dilarutkan pada media bebas tanah dengan jenis yang beragam (Saldinger *et al.*, 2023). Penerapan hidroponik di lingkungan sekolah juga sebagai implementasi pertanian pada lahan terbatas di lingkungan sekolah (Fatmawati *et al.*, 2023). Akuaponik adalah sistem hidroponik yang digabungkan dengan akuakultur dimana tanaman dibudidayakan di atas atau di area yang berdekatan dengan kolam ikan. Sistem ini memanfaatkan simbiosis antara tanaman dengan ikan dimana suplai nutrisi tanaman berasal dari kotoran dan sisa pakan ikan (Hadi *et al.*, 2021). Penerapan sistem budidaya akuaponik termasuk salah satu program berkelanjutan di lingkungan sekolah yang mendukung program intervensi pangan sehat siswa sekolah (Kluczkoski *et al.*, 2024)

dan juga mampu meningkatkan keterampilan remaja (Izzulhaq *et al.*, 2022). Penerapan sistem budidaya tanaman menggunakan sistem hidroponik dan akuaponik dapat meningkatkan keselarasan pengetahuan yang diperoleh siswa ketika di pembelajaran di kelas dan praktek di lapang melalui program sekolah yaitu Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (Siammukaromah dan Hujjatusnaini, 2024) Kendala yang dihadapi sekolah dalam pelaksanaan budidaya melalui metode hidroponik dan akuaponik terutama dari aspek ekonomis atau pembiayaan operasional adalah teknis penerapan sistem budidaya yang kurang efisien. Kegiatan operasional hidroponik dan akuaponik masih menggunakan Listrik yang bersumber dari Perusahaan listrik Negara (PLN) namun belum diperoleh keuntungan finansial dari budidaya yang dilakukan karena kegiatan budidaya belum pada skala usaha. Pengeluaran biaya rutin budidaya diantaranya adalah biaya pemakaian energi listrik untuk operasional pompa air untuk sirkulasi air dan nutrisi selama 24 jam per hari sepanjang siklus produksi tanaman.

Sistem hidroponik yang digunakan adalah sistem DFT (*drip flow technique*) yang membutuhkan aliran air secara kontinu untuk menyuplai air dan unsur hara. Air yang telah mengalir nantinya akan kembali menuju tangki penampungan dan akan dialirkan kembali ke tanaman dengan bantuan pompa (Diki *et al.*, 2020). Sistem DFT dipilih karena lebih cocok diterapkan di lingkungan sekolah dengan area penanaman yang terbatas (Iswahyono *et al.*, 2022). Semakin besar ukuran tanaman sejalan dengan tahapan pertumbuhan maka kebutuhan air dan unsur hara semakin meningkat, oleh karenanya tidak memungkinkan pompa dinonaktifkan sehingga jika mengalami pemadaman listrik dapat menyebabkan aliran air berhenti dan dalam waktu tertentu tanaman akan mengalami kekurangan air dan tanaman menjadi layu.

Permasalahan mitra yaitu (1) Beban biaya listrik (PLN) yang bertambah untuk operasional mesin pompa air karena harus dioperasikan selama 24 jam sehari, sejak dilakukan pemasangan instalasi hidroponik dan akuaponik. (2) Belum tersedia sumber listrik alternatif selain PLN yang mampu menyediakan atau menyimpan daya listrik jika PLN melakukan pemadaman. Pemadaman pompa air tidak bisa dilakukan pada siang hari atau kurun waktu yang lama yang dapat menyebabkan kematian tanaman pada kegiatan budidaya hidroponik dan akuaponik. (3) Belum memiliki pembangkit listrik terbarukan untuk mengkonversi sinar matahari yang berlimpah di lingkungan sekolah

Letak geografis mitra yang berada di daerah tropis dan lahan datar sangat menguntungkan karena mendapatkan sinar matahari mulai pagi hingga sore hari. Penerapan sumber Listrik yang berasal dari tangkapan sinar matahari pada panel surya sebagai sumber energi listrik alterbatif sangat dibutuhkan karena dapat mengatasi permasalahan konsumsi Listrik berlebih pada system hidropnik dan akuapponik (Sanubary *et al.*, 2021). Khususnya berkenaan dengan keberlanjutan hidroponik dan akuaponik yang mengkonsumsi daya listrik yang rendah maka kelebihan listrik yang diperoleh dari panel surya dapat disimpan pada baterai yang akan digunakan pada saat malam hari saat tidak tersedia sinar matahari. Sehingga dengan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya diharapkan instalasi hidroponik dan akuaponik mampu beroperasi menghasilkan produksi tanpa tergantung pada Listrik PLN.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan dengan menggunakan metode pendekatan *Participatory Rural Appraisal* dengan keterlibatan penuh seluruh komponen sekolah dengan Tim DM UB, edukatif, dan *Participatory Technology Development* yang menitikberatkan pada peningkatan

partisipasi langsung antara guru dengan siswa dalam pemanfaatan IPTEK. Adapun mekanisme pelaksanaan kegiatan adalah sebagai berikut

Brainstorming dan Focus Group Discussion

Tim DM UB beserta perangkat sekolah SDI AS Salam dan SMP IT As Salam melakukan diskusi tentang permasalahan, solusi strategis dan teknis pelaksanaan kegiatan sehingga tepat sasaran. Dalam FGD akan dirumuskan sinkronisasi kegiatan yang akan dilakukan di SDI As Salam dan SMPIT AS Salam sehingga akan bisa berkolaborasi untuk mencapai target tujuan untuk dalam pelaksanaan urban farming di lokasi mitra.

Fasilitasi Teknologi Produksi dan implementasi panel surya

Salah satu upaya untuk penerapan urban farming di sekolah adalah dengan fasilitasi peralatan hidroponik dan akuaponik di lingkungan sekolah SDI As Salam (Gambar 1) dan SMPIT As Salam. Selain itu juga dilengkapi dengan unit peralatan sistem pembangkit listrik tenaga surya pada instalasi hidroponik dan akuaponik di SDI As Salam dan SMPIT As Salam (Gambar 2) yang akan digunakan oleh siswa sebagai media pembelajaran kegiatan urban farming dan mendukung materi pembelajaran IPAS terkait perubahan energi.

Gambar 1:
Instalasi hidroponik DFT



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 2:
Akuaponik yang diterapkan di SDI As Salam



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3:
Pemasangan instalasi Listrik yang bersumber dari panel surya yang terintegrasi pada instalasi hidroponik



Sumber: Dokumentasi pribadi

Bimtek dan Pendampingan

Bimtek dan pendampingan dilakukan tentang teknologi hidroponik dan akuaponik sebagai salah satu kegiatan urban farming yang akan dilakukan di sekolah. Kegiatan bimtek dan pendampingan pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga surya pada instalasi hidroponik dilakukan di lingkungan sekolah dengan mengoptimalkan sumberdaya yang tersedia. Kegiatan dilakukan secara periodik melibatkan siswa dan perangkat sekolah sehingga akan bisa bersinergi dalam mencapai keberhasilan dalam mewujudkan urban farming di lingkungan sekolah. Pendampingan yang dilakukan juga meliputi kegiatan budidaya

tanaman dan ikan pada instalasi hidroponik dan akuaponik yang terintegrasi dengan panel surya, mulai dari penanaman hingga panen.

Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dan Evaluasi secara sistematis dan berkelanjutan untuk menjamin keberhasilan kegiatan dan pengembangan lebih lanjut untuk pembinaan secara intensif pada Mitra Binaan. Pelaksanaan *monitoring* dan evaluasi akan berkoordinasi dengan perangkat sekolah sehingga akan bisa diintegrasikan dengan capaian target pada program kerja terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan bimbingan teknik dan pendampingan budidaya hidroponik dan akuaponik dilaksanakan di SDI AS Salam dan SMP IT As Salam pada tanggal 13 Juli 2024. Kegiatan yang dihadiri oleh Kepala Sekolah SDI AS Salam dan SMP IT As Salam dan para guru yang terlibat (Gambar 3) bertujuan untuk mengenalkan sistem panel surya yang terintegrasi dengan instalasi hidroponik dan akuaponik pada lingkungan sekolah. Sehingga diharapkan nantinya dari perangkat sekolah dapat ikut mendampingi siswa dalam praktik selanjutnya. Pada pelaksanaan bimtek, berisikan pemaparan materi mengenai hidroponik, akuaponik, pemanfaatan panel surya dan perawatannya.

Gambar 4:
Kegiatan bimbingan teknis



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 5:
Sosialisasi pemanfaatan panel surya pada sistem hidroponik dan akuaponik pada perangkat sekolah



Sumber: Dokumentasi pribadi

Sel surya (Gambar 4) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengubah atau mengonversi energi matahari menjadi energi listrik (Safitri, Rihayat, & Riskina, 2019). Pemanfaatan panel surya pada budidaya tanaman secara hidroponik dan akuaponik digunakan untuk menyalakan pompa air. Sistem panel surya memiliki prinsip kerja, dimana apabila cahaya matahari mengenai sel surya, maka elektron-elektron yang terdapat pada sel surya akan bergerak dari kutub negatif ke kutub positif sehingga pada terminal keluaran dari panel surya dapat menghasilkan listrik.

Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya memiliki besaran yang berbeda-beda tergantung pada banyaknya jumlah sel surya dalam panel surya yang menghasilkan arus listrik DC (*Direct Current*) sehingga nantinya dapat disimpan dalam baterai. Sel surya terdiri dari bagian-bagian kecil yang disebut dengan sel.

Sel-sel dirangkai untuk menghasilkan daya yang lebih besar. Untuk meningkatkan daya yang dapat dihasilkan adalah dengan menggabungkan beberapa sel surya yang berdaya rendah. Gabungan beberapa sel surya dapat berjumlah puluhan bahkan ratusan bergantung dari seberapa besar daya atau energi listrik yang ingin dihasilkan (Widiantoro, 2018).

Gambar 6:
Penempatan sel surya pada lokasi bebas naungan agar dapat menangkap radiasi matahari dengan optimal sepanjang hari



Sumber: Dokumentasi pribadi

Kegiatan lanjutan setelah bimbingan teknis adalah penanaman bibit tanam yang telah disemai ke dalam instalasi hidroponik. Penyemaian dilakukan oleh guru dan siswa-siswi dari SDI As Salam dan SMPIT As Salam serta dengan TIM DM UB. Penanaman dilakukan pada umur tanaman 18 hari setelah semai (HSS). Sejalan dengan pernyataan Hidayat (2022), bahwa pindah tanam tanaman yang diperbanyak melalui benih dan persemaian lebih baik dilakukan pindah tanam pada 14-18 HSS, agar tanaman memiliki waktu untuk melakukan adaptasi terhadap lingkungan barunya. Pada sistem akuaponik dilakukan peremajaan tanaman dengan menambah media tanam, membuang tanaman yang mati dan mengganti tanaman yang telah mati dengan tanaman baru.

Monitoring dan pemeliharaan pada sistem hidroponik dan akuaponik yang terintegrasi dengan panel surya ini perlu dilakukan untuk memastikan instalasi dapat berjalan dengan baik dan mendukung pertumbuhan tanaman. Pada instalasi panel surya, kegiatan pemeliharaan yang dapat dilakukan yakni dengan melakukan pemeriksaan kebersihan meliputi apakah ada penumpukan debu atau jamur pada

instalasi panel surya, pemeriksaan dampak hewan seperti burung dan kelelawar, serta melakukan pemeriksaan mengenai optimal tidaknya penerimaan cahaya matahari pada panel surya, sehingga apabila terdapat benda yang menghalangi dapat dilakukan pembersihan agar tidak menghalangi sinar matahari dan menyebabkan bayangan. Selain itu, juga diperlukan pemeriksaan visual seperti pada instalasi panel apakah terdapat retakan atau lubang yang perlu untuk segera diperbaiki. Beberapa kondisi yang dapat dikategorikan kepada cacat visual diantaranya adalah adanya retakan dan pecahan, perubahan warna menjadi kecoklatan, penetrasi kelembapan, serta adanya korosi pada bingkai panel.

Gambar 7.
Sistem hidroponik yang menggunakan sumber Listrik PLN



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 8:
Sistem hidroponik yang terintegrasi panel surya sebagai sumber Listrik (Tengah)



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 9:

Budidaya tanaman sayur pada system hidroponik yang terintegrasi dengan panel surya di SMPI IT As-Salam



Sumber: Dokumentasi pribadi

Prinsip budidaya tanaman pada sistem hidroponik yang tidak terintegrasi panel surya (Gambar 5) dan sistem hidroponik yang terintegrasi dengan panel surya tidak terdapat perbedaan. Perawatan pada budidaya hidroponik dilakukan pada instalasi hidroponik, tanaman, nutrisi, dan iklim mikro tanaman. Pada instalasi hidroponik dilakukan perawatan untuk melihat kondisi dari alat-alat yang digunakan seperti pada pipa, tangki air, pompa, dan elemen lain untuk menjaga kebersihan dan sterilitas sistem hidroponik yang digunakan.

Perawatan pada tanaman dapat dilakukan dengan pemantauan mengenai kondisi tanaman apabila ada tanaman yang mati, ataupun terserang hama dan penyakit. Apabila ditemukan tanda dan gejala pada tanaman, maka dapat dilakukan pemasangan trap ataupun tindakan pengendalian lainnya. Kegiatan pengendalian dilakukan sebagai bentuk pencegahan agar penyebaran tidak meluas. Selanjutnya pada perawatan nutrisi tanaman, menjadi salah satu kegiatan yang sangat penting pada budidaya hidroponik. Secara rutin, nutrisi tanaman pada tangki air harus dilakukan pengecekan kesesuaian jumlah ppm nutrisi dengan kebutuhan tanaman, serta pengecekan derajat keasaman (pH) dan kepekatan nutrisi (EC). pH dan EC merupakan dua faktor yang

perlu diperhatikan. Hal tersebut karena keduanya berpengaruh terhadap penyerapan nutrisi oleh tanaman. pH harus selalu konstan agar akar tanaman dapat menyerap nutrisi dengan optimal. Selain itu, kepekatan nutrisi juga perlu diatur agar nutrisi yang diberikan dapat sesuai dengan kebutuhan tanaman (Supriyanto *et al.*, 2023).

Gambar 10:

Kegiatan panen sayur yang dilakukan oleh guru dan siswa SDI As Salam (kiri) dan SMP IT As Salam



Sumber: Dokumentasi pribadi

Budidaya tanaman menggunakan sistem hidroponik yang telah terintegrasi dengan panel surya berhasil diterapkan pada lingkungan sekolah SDI As Salam dan SMP IT As Salam. Dua unit panel surya yang terpasang masing-masing di SDI As Salam pada sistem hidroponik dan akuaponik serta

dua unit panel surya yang terpasang pada dua instalasi hidroponik mampu mengatasi kebutuhan listrik sistem hidroponik dan akuaponik mulai tanam hingga panen sayur.

Gambar 11:

Beserta tim doktor mengabdikan pada instalasi hidroponik yang terintegrasi dengan panel surya



Sumber: Dokumentasi pribadi

Biaya pengeluaran listrik menggunakan beban PLN juga dapat dikurangi (Tabel 1) sehingga proses produksi sayur bisa lebih kontinyu dengan biaya yang lebih rendah. Waktu penanaman hingga panen pada sistem hidroponik yang terintegrasi dengan panel surya, sama dengan sistem hidroponik yang menggunakan sumber listrik PLN (Gambar 6).

Tabel 1:

Indikator keberhasilan kegiatan Doktor Mengabdikan

No	Indikator Kinerja	Sebelum Kegiatan	Setelah Kegiatan
1	Pengetahuan perangkat sekolah dan peserta didik terhadap penerapan panel surya	1. Belum memahami penerapan panel surya untuk keperluan budidaya hidroponik 2. Siswa belum melihat secara langsung penerapan energi panel surya sebagai energi terbarukan yang tertuang dalam materi pembelajaran IPAS (Ilmu pengetahuan alam dan social)	1. Perangkat sekolah sudah memahami operasional perangkat panel surya sebagai energi penggerak instalasi hidroponik dan akuaponik 2. Menjadi media pembelajaran langsung buat siswa dalam penerapan energi terbarukan berupa energi listrik yang bersumber dari panel surya
2	Penggunaan sumber energi listrik terbarukan pada sistem hidroponik dan akuaponik di lingkungan sekolah	Masih menggunakan sumber listrik PLN untuk instalasi hidroponik dan akuaponik	Sudah menerapkan penggunaan sumber energi panel surya yang terintegrasi pada instalasi hidroponik dan akuaponik

No	Indikator Kinerja	Sebelum Kegiatan	Setelah Kegiatan
3	Biaya tambahan operasional budidaya tanaman sistem hidroponik dan akuaponik	Terdapat biaya tambahan operasional berupa biaya listrik karena menggunakan sumber listrik dari PLN sebesar Rp 5.400 untuk penggunaan satu pompa air 10 watt selama 1 musim tanam (30 hari). Total biaya listrik untuk pemakaian 4 pompa pada 4 musim tanam dalam setahun adalah $4 \times 4 \times 5.400 = \text{Rp } 86.000$	Tidak terdapat biaya listrik untuk operasional instalasi hidroponik dan akuaponik pada setiap satu musim tanam karena sumber listrik menggunakan sumber energi yang berasal dari panel surya

KESIMPULAN

Pendekatan partisipatif yang melibatkan siswa, guru, dan tenaga pendidik berhasil mengintegrasikan teknologi panel surya untuk mengatasi kendala operasional berupa ketergantungan terhadap listrik PLN. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penggunaan panel surya tidak hanya mengurangi biaya listrik tetapi juga menjadi media pembelajaran langsung bagi siswa dalam memahami penerapan energi terbarukan. Selain itu, solusi ini mendukung praktik urban farming yang lebih ramah lingkungan dan efisien di lingkungan sekolah, sejalan dengan visi lembaga untuk membangun kesadaran lingkungan sejak dini. Kegiatan pengabdian Masyarakat telah menciptakan model pendidikan dan praktik yang relevan untuk membekali generasi muda dengan keterampilan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami haturkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Brawijaya atas didanainya Hibah Doktor Mengabdikan (No Kontrak:

00149.10/UN10.A0501/B/PM.01.01/2024)

DAFTAR PUSTAKA

Diki D, Fajari IL, Salsabila A, Tohir T. 2020. Rancang bangun sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) sebagai media terobosan penanaman tanaman menggunakan Wemos Mega+ WiFi R3 Atmega2560. In Prosiding

Industrial Research Workshop and National Seminar. 11(1): 90-94.

Fatmawati, B., Ariandani, N., Muliawan, W., Fajri, N., Sarwati, S., Marzuki, M., & Wazni, M. K. (2023). Budidaya tanaman hidroponik melalui pendampingan pemanfaatan limbah anorganik sebagai media tanam di sekolah. *ABSYARA Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 4(2), 269–278.

Hadi F.R., Kurniawati, R.P., dan Fikriadin, M. 2021. Pendampingan Budidaya Ikan dengan Aquaponik pada Pemuda Karang Taruna Desa Selopuro. *Jurnal Altifani: Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol. 1(4): 277-285.

Iswahyono, I., Djamila, N. S., Djamali, N. R. A., & Bahariawan, N. A. (2022). Pengenalan Paket Dasar Budidaya Hidroponik Untuk Jenjang Pendidikan Dasar Di Sdit ‘Harapan Umat’ Kabupaten Jember. *J-ABDI Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(5), 5073–5084.

Izzulhaq, N. M. N., Adawiyah, N. S. R., Fauziah, N. F. N., Husnafisaadah, N. U., H, N. E. E., Khafifudin, N. K., Rofiqoh, N. U., Q, N. a. S., Lofalian, N. A., Aza, N. a. A., & Kh, N. U. T. (2022). Pemberdayaan Produktivitas Remaja Melalui Aquaponik Sebagai Wujud Kreatifitas Masyarakat Di Dusun Dawuhan Desa Kayugiyang Wonosobo. *Nusantara Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 60–65.

Kluczkowski, A., Ehgartner, U., Pugh, E., Hockenhu, I., Heaps-Page, R., Williams, A., Thomas, J. M. H.,

- Doherty, B., Bryant, M., & Denby, K. (2024). Aquaponics in schools: Hands-on learning about healthy eating and a healthy planet. *Nutrition Bulletin*, 49(3), 327–344.
- Safitri, N., Rihayat, T., & Riskina, S. 2019. Teknologi Photovoltaic. Banda Aceh: Yayasan Puga Aceh Riset.
- Sanubary, I., Santoso P.P.A., dan Mahmudah, D. 2021 Pembuatan instalasi panel surya pada system hidroponik di Desa Dalam Kaum. *Jurnal Ilmiah Populer*. Vo 4(1): 31-35
- Saldinger S, Rodov V, Kenigsbuch D. Bartal A, 2023. Hydroponic agriculture and microbial safety of vegetables: promises, challenges, and solutions. *Horticulturae*, 9(1): 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>
- Siammukaromah, JBN & Hujjatusnaini. N (2024). Implementasi Sistem Aquaponik sebagai Media Pembelajaran pada Modul P5PPRA di Madrasah Aliyah Hidayatul Insan. *Manfaat : Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia*, 1(4), 31–37.
- Supriyanto E, Hasan A, Prahara T, Baramantyo HA. 2023. Sistem berbasis iot untuk pemantauan derajat keasaman dan konsentrasi larutan nutrisi tanaman melon hidroponik tipe drip fertigasi. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. 5(1): 171-177.