

Peningkatan Daya Saing dan Kemandirian Energi di Perkebunan Hidroponik Bertani Agrofarm Melalui Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid 410 Wp

¹⁾Eriko Arvin Karuniawan*, ²⁾Pangestuningtyas Diah Larasati, ³⁾Aggie Brenda Vernandez, ⁴⁾Adeguna Ridlo Pramurti, ⁵⁾Arisha Putri Pradita

^{1,2,3,4)}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

⁵⁾Adminstrasi Bisnis, Politeknik Negeri Semarang

Email Corresponding: eriko@polines.ac.id

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Kata Kunci: Energi surya PLTS off-grid Hidroponik Pompa nutrisi Efisiensi energi Agrofarm	Kebutuhan energi listrik yang tinggi pada sistem pertanian modern, khususnya hidroponik, menjadi tantangan dalam meningkatkan efisiensi biaya dan keberlanjutan operasional. Penelitian ini membahas penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) off-grid berkapasitas 410 Wp sebagai solusi peningkatan kemandirian energi di instalasi hidroponik Bertani Agrofarm yang memiliki konsumsi listrik sekitar Rp 2.000.000 per bulan. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan energi, pemetaan beban listrik utama seperti pompa nutrisi dan aerasi, serta evaluasi performa panel surya off-grid dalam menyuplai listrik secara mandiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel 410 Wp mampu menghasilkan energi sebesar 1,2–1,5 kWh per hari atau 37–46 kWh per bulan, sehingga dapat menyuplai 1–2 pompa berdaya rendah dan memberikan kontribusi energi sekitar 3–5% terhadap kebutuhan total listrik instalasi hidroponik. Meskipun kontribusinya masih terbatas, penerapan PLTS off-grid terbukti meningkatkan efisiensi energi, mengurangi ketergantungan terhadap pasokan PLN, serta menjaga kontinuitas operasional selama terjadinya pemadaman listrik. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi energi surya merupakan langkah strategis menuju pertanian modern yang mandiri, efisien, dan berkelanjutan. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk mengeksplorasi optimasi kapasitas panel, ukuran baterai, serta potensi implementasi pada skala kebun yang lebih besar.
Keywords: Solar Energy Off-grid PV Hydroponic Energy Efficiency Agrofarm	The high electricity demand in modern agricultural systems, particularly hydroponics, poses significant challenges in improving cost efficiency and operational sustainability. This study investigates the implementation of a 410 Wp off-grid photovoltaic (PV) system as an energy-independence solution for the hydroponic installation at Bertani Agrofarm, which consumes approximately IDR 2,000,000 worth of electricity per month. The methodology includes energy demand analysis, electrical load mapping of key components such as nutrient pumps and aeration systems, and performance evaluation of the off-grid PV system in supplying power independently. The results show that a 410 Wp solar panel can generate 1.2–1.5 kWh of energy per day, or 37–46 kWh per month, allowing it to support 1–2 low-power pumps and contribute approximately 3–5% of the total energy requirements of the hydroponic farm. Although the energy contribution is relatively limited, the implementation of the off-grid PV system improves energy efficiency, reduces dependence on the utility grid, and ensures operational continuity during power outages. These findings indicate that integrating solar energy is a strategic step toward modern, efficient, and sustainable agriculture. Further research is recommended to explore panel capacity optimization, battery sizing, and potential deployment on larger-scale hydroponic systems.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Pertanian modern mengalami perkembangan pesat dengan munculnya berbagai teknologi budidaya yang lebih efisien dan adaptif terhadap keterbatasan lahan. Salah satu metode yang berkembang pesat adalah sistem hidroponik, yaitu teknik bercocok tanam tanpa tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi terkontrol (Jr, 2016). Sistem ini membutuhkan suplai energi listrik yang kontinu untuk mengoperasikan komponen-komponen penting, seperti pompa sirkulasi nutrisi, pompa aerasi, sistem kontrol, dan beberapa perangkat lingkungan lainnya. (Hidayah dkk., 2020).

Pada praktiknya, konsumsi listrik instalasi hidroponik dapat menjadi cukup besar, terutama pada skala usaha kecil hingga menengah. Bertani Agrofarm sebagai salah satu pelaku usaha hidroponik di Kota Semarang memiliki kebutuhan listrik yang mencapai sekitar Rp 2.000.000 per bulan. Ketergantungan penuh terhadap pasokan listrik PLN tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga berisiko mengganggu kontinuitas produksi ketika terjadi pemadaman listrik. Gangguan ini dapat berdampak langsung pada kesehatan tanaman hidroponik yang sangat bergantung pada sirkulasi nutrisi yang konstan (Monika dkk., 2023).

Salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi dan kemandirian energi adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memiliki potensi energi matahari yang melimpah dengan rata-rata intensitas radiasi 4–5 kWh/m² per hari. Panel surya berkapasitas 410 Wp secara teoritis mampu menghasilkan energi sebesar 1,2–1,5 kWh per hari, sehingga dapat menyuplai sebagian kebutuhan energi pompa hidroponik apabila dirancang dalam sistem off-grid dengan dukungan baterai (*Buku Panduan Pengoperasian Dan Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid*, t.t.).

Penggunaan PLTS off-grid di lingkungan agrofarm tidak hanya bertujuan untuk mengurangi biaya energi, tetapi juga menjamin keberlangsungan operasional pompa selama terjadi pemadaman listrik serta mendukung penerapan pertanian ramah lingkungan (Adiansyah dkk., 2025). Namun, kontribusi aktual sistem PLTS terhadap kebutuhan energi plant hidroponik masih perlu dianalisis secara teknis untuk mengetahui seberapa besar kapasitas panel dapat membantu dalam mendukung beban listrik terutama pompa (Wasono dkk., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kontribusi panel surya 410 Wp dalam menyuplai kebutuhan energi sistem pompa hidroponik pada Bertani Agrofarm serta menilai potensi penghematan energi yang dapat diperoleh.

II. MASALAH

Perkembangan teknologi pertanian modern mendorong munculnya berbagai metode budidaya yang lebih efisien, salah satunya sistem hidroponik. Sistem ini memungkinkan tanaman tumbuh tanpa media tanah, melainkan menggunakan larutan nutrisi yang harus disirkulasikan secara terus-menerus melalui pompa listrik (*Hydroponic Food Production*, t.t.). Keberlangsungan aliran nutrisi tersebut sangat bergantung pada ketersediaan suplai energi listrik yang stabil. Pada usaha hidroponik skala menengah seperti Bertani Agrofarm di Semarang, kebutuhan listrik menjadi cukup besar karena pompa nutrisi, pompa aerasi, kontrol lingkungan, serta perangkat pendukung beroperasi hampir sepanjang hari. Kondisi ini menyebabkan biaya listrik bulanan mencapai sekitar Rp 2.000.000, jumlah yang cukup signifikan bagi usaha kecil dan menengah.

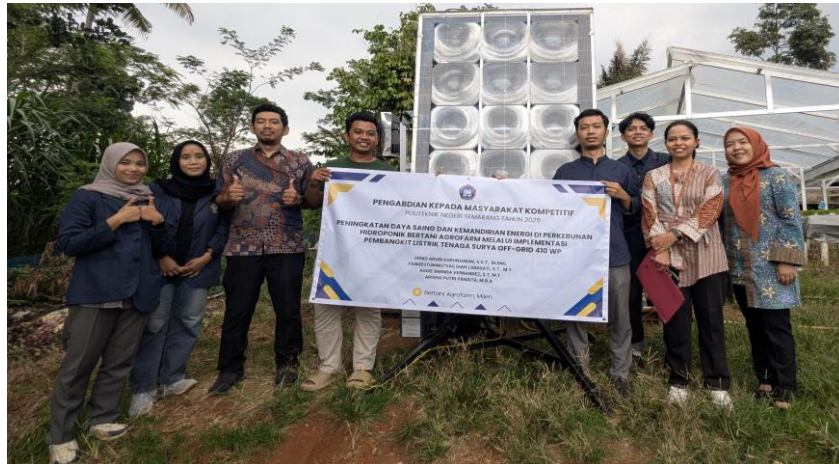
Selain tingginya biaya operasional, ketergantungan penuh pada pasokan listrik dari PLN juga menimbulkan risiko. Pemadaman listrik, baik yang terjadwal maupun tidak terduga, dapat menghambat sirkulasi nutrisi dan oksigen yang sangat dibutuhkan tanaman. Ketika pompa berhenti dalam jangka waktu tertentu, tanaman hidroponik menjadi rentan mengalami stres, kekurangan oksigen, bahkan kematian. Dengan demikian, keberlanjutan produksi hidroponik sangat dipengaruhi oleh kestabilan suplai energi listrik (Firza, 2023).

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi matahari yang sangat besar dengan intensitas radiasi rata-rata 4–5 kWh/m² per hari (*Informasi Potensi Energi Surya Indonesia*, t.t.). Potensi ini membuka peluang pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif. Panel surya berkapasitas 410 Wp, apabila dioperasikan secara optimal, mampu menghasilkan sekitar 1,2–1,5 kWh energi per hari. Energi tersebut cukup untuk mengoperasikan beberapa pompa berdaya rendah, sehingga dapat membantu meringankan beban listrik utama usaha hidroponik (Nugroho, 2022).

Namun demikian, kontribusi energi dari satu panel surya masih relatif kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan total instalasi hidroponik. Hal ini menimbulkan pertanyaan sejauh mana efektivitas panel 410 Wp, terutama dalam membantu cangkup beban pompa nutrisi dan aerasi yang membutuhkan suplai listrik

berkelanjutan. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara spesifik menganalisis penerapan PLTS off-grid sebagai sistem pendukung operasional plant hidroponik di tingkat usaha kecil dan menengah.

Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian teknis untuk mengetahui kemampuan aktual panel surya 410 Wp dalam menyuplai energi pompa hidroponik, serta seberapa besar kontribusinya terhadap total kebutuhan energi Bertani Agrofarm. Analisis ini penting sebagai dasar pertimbangan untuk pengembangan sistem energi terbarukan yang efisien, berkelanjutan, dan mampu meningkatkan kemandirian energi pada sektor pertanian modern.



Gambar 1. Meyampaikan cara Pengabdian Kepada Masyarakat

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis performa dan kontribusi energi dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid berkapasitas 410 Wp terhadap kebutuhan listrik operasional hidroponik di Bertani Agrofarm. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data mengenai karakteristik panel surya, intensitas radiasi matahari, profil beban listrik pada instalasi hidroponik, serta spesifikasi komponen sistem off-grid yang digunakan. Data-data ini dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara teknis, serta studi literatur terkait radiasi matahari di wilayah Semarang, yang memiliki rata-rata intensitas sekitar 4,0 hingga 4,5 kWh/m² per hari.

Setelah memperoleh data dasar, penelitian dilanjutkan dengan merancang konfigurasi sistem PLTS yang terdiri dari panel surya 410 Wp, charge controller tipe MPPT, baterai penyimpanan, dan rangkaian distribusi arus untuk mensuplai beban pompa. Panel surya ditempatkan pada sudut kemiringan sekitar 10 hingga 15 derajat sesuai kondisi geografis Semarang guna memaksimalkan penyerapan energi matahari. Sistem dirancang sepenuhnya off-grid sehingga energi yang dihasilkan panel tidak bergantung pada jaringan PLN dan dapat langsung digunakan atau disimpan dalam baterai untuk kebutuhan malam hari.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis kuantitatif terhadap energi yang dapat dihasilkan panel 410 Wp. Perhitungan dilakukan menggunakan formula standar energi harian yang mempertimbangkan daya puncak panel, durasi penyinaran efektif harian, serta efisiensi sistem yang umumnya berada pada kisaran 70 hingga 80 persen. Dengan demikian, energi yang dihasilkan panel diperkirakan berada pada kisaran 1,2 hingga 1,5 kWh per hari, atau setara 37 hingga 46 kWh per bulan (Marshall). Nilai energi ini kemudian dibandingkan dengan kebutuhan energi pompa nutrisi dan aerasi, yang masing-masing memiliki daya 20 hingga 60 watt dengan waktu operasi antara 12 hingga 24 jam per hari (Kalogirou, S. (2014) *Solar Energy Engineering Processes and Systems. 2nd Edition*).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa satu panel 410 Wp mampu menyuplai satu hingga dua pompa berdaya rendah secara penuh. Oleh karena itu, untuk mengetahui kontribusi energi panel terhadap sistem hidroponik secara keseluruhan, dilakukan analisis perbandingan antara energi panel dan total konsumsi listrik Agrofarm yang rata-rata mencapai sekitar 330 kWh per bulan. Berdasarkan hasil analisis, kontribusi energi panel terhadap total kebutuhan energi plant berkisar antara 3 hingga 5 persen. Meskipun kontribusinya tidak besar, energi ini cukup signifikan dalam mendukung keberlanjutan operasi pompa selama pemadaman listrik, sehingga menjaga kelangsungan sirkulasi nutrisi dan aerasi tanaman.

Tahap akhir penelitian adalah evaluasi kinerja sistem yang dilakukan dengan membandingkan perhitungan teoritis terhadap kondisi aktual operasional. Evaluasi difokuskan pada stabilitas suplai energi ke pompa, efektivitas penyimpanan energi dalam baterai, serta sejauh mana energi panel dapat mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk menentukan efisiensi penerapan PLTS off-grid pada plant hidroponik serta memberikan rekomendasi penambahan kapasitas panel atau peningkatan kapasitas baterai guna mencapai kemandirian energi yang lebih optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran awal terhadap sistem hidroponik menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik bulanan mencapai sekitar 2 juta rupiah, terutama disebabkan oleh penggunaan beberapa pompa nutrisi, pompa sirkulasi, aerator, serta perangkat pendukung lainnya yang beroperasi hampir sepanjang hari. Perhitungan daya rata-rata menunjukkan bahwa kebutuhan energi per hari berkisar pada 4–5 kWh, tergantung jumlah pompa yang beroperasi dan durasi penyinaran buatan jika digunakan. Tingginya ketergantungan pada listrik konvensional menjadi masalah utama karena membuat biaya operasional meningkat dan mengurangi keuntungan usaha hidroponik skala rumahan maupun komersial kecil.

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian panel surya berkapasitas 410 Wp yang beroperasi dalam konfigurasi off-grid, diperoleh estimasi produksi energi rata-rata sebesar 1,64 kWh per hari, dengan mempertimbangkan kinerja panel pada kondisi radiasi harian Semarang sekitar 4 jam puncak. Energi ini kemudian diarahkan untuk menyuplai sebagian beban pompa hidroponik melalui sistem penyimpanan baterai. Dari hasil pengukuran arus dan tegangan pada sistem baterai, terkonfirmasi bahwa produksi energi panel relatif stabil pada rentang 1,5–1,8 kWh per hari selama cuaca cerah, namun dapat turun hingga 0,6–0,9 kWh per hari saat cuaca mendung.



Gambar 2. Praktikum

Kontribusi energi dari panel surya terbukti mampu mengurangi ketergantungan pada listrik PLN sebesar 30–40% pada kondisi cuaca normal. Dalam beberapa hari dengan radiasi tinggi, pompa sirkulasi dan sebagian pompa nutrisi dapat beroperasi sepenuhnya dari energi yang tersimpan dalam baterai tanpa mengambil daya dari jaringan listrik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem off-grid cukup efektif untuk menopang beban-beban berdaya kecil hingga menengah yang bersifat kontinyu.

Analisis performa sistem juga menunjukkan bahwa penggunaan panel tunggal 410 Wp memang belum mampu memenuhi seluruh kebutuhan listrik hidroponik, namun kontribusinya signifikan terhadap penurunan biaya operasional. Jika dikonversikan ke rupiah, penghematan energi mencapai sekitar 150–250 Wh per hari atau setara penghematan biaya listrik antara 60.000 hingga 90.000 rupiah per bulan. Selain itu, sistem ini mampu berfungsi sebagai sumber daya cadangan, sehingga operasi pompa tetap berjalan ketika terjadi pemadaman listrik, yang penting untuk menjaga suplai nutrisi tanaman agar tetap stabil dan mencegah kerusakan tanaman akibat kekeringan akar.

Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa panel surya bekerja optimal ketika dipasang dengan sudut kemiringan sekitar 10–15 derajat mengarah ke utara, menyesuaikan lokasi geografis Semarang. Variasi intensitas cahaya sepanjang hari menyebabkan fluktuasi output daya, namun penyimpanan baterai berhasil meminimalkan ketidakstabilan suplai ke pompa. Pengukuran suhu modul juga menunjukkan bahwa suhu tinggi di siang hari membuat efisiensi turun, meskipun tidak secara signifikan mengurangi total energi harian yang dihasilkan.

Berdasarkan keseluruhan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa panel surya 410 Wp dalam konfigurasi off-grid mampu memberikan kontribusi nyata terhadap kebutuhan energi sistem hidroponik. Meskipun belum dapat menggantikan pasokan listrik konvensional sepenuhnya, panel ini sudah efektif mengurangi beban operasional sekaligus meningkatkan keandalan sistem melalui suplai energi alternatif. Dengan penambahan satu atau dua panel lagi, sistem hidroponik berpotensi untuk beroperasi secara mandiri dari energi matahari dan memberikan efisiensi biaya yang lebih tinggi (Prayogi dkk., 2025).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian sistem panel surya 410 Wp yang diterapkan pada instalasi hidroponik, dapat disimpulkan bahwa penggunaan energi surya memberikan kontribusi nyata dalam mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional. Panel dengan kapasitas tersebut mampu menghasilkan rata-rata energi harian sebesar 1,5 hingga 1,8 kWh pada kondisi cuaca cerah di Semarang, sehingga mampu menyuplai sebagian beban pompa nutrisi, pompa sirkulasi, dan aerator yang merupakan komponen utama dalam keberlangsungan operasional sistem hidroponik. Kontribusi energi ini berdampak pada pengurangan konsumsi listrik PLN sebesar 30–40% pada hari dengan radiasi optimal, yang selanjutnya menekan biaya operasional bulanan.

Meskipun demikian, satu unit panel 410 Wp masih belum mampu mencukupi seluruh kebutuhan listrik harian sistem hidroponik yang rata-rata membutuhkan 4–5 kWh per hari. Namun panel ini telah berperan penting sebagai sumber energi alternatif yang dapat menjaga kontinuitas suplai nutrisi pada tanaman, terutama ketika terjadi pemadaman listrik. Keberadaan sistem baterai sebagai penyimpanan energi juga membantu menstabilkan pasokan daya meskipun terdapat fluktuasi radiasi matahari. Secara keseluruhan, implementasi panel surya 410 Wp menunjukkan efektivitas yang baik dalam meningkatkan efisiensi energi dan keandalan operasional pada usaha hidroponik skala kecil hingga menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Semarang) atas dukungan dan pendanaan kegiatan ini melalui Skema Penelitian Terapan Kompetitif Dana DIPA Tahun 2025. Dukungan tersebut memungkinkan kegiatan pengabdian ini terlaksana dengan baik. Penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan dan penyusunan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyah, J. S., Agusdinata, D. B., & Putra, A. P. (2025). Environmental impacts of solar PV energy systems for small-island communities in Indonesia: A life cycle assessment approach. *Energy for Sustainable Development*, 85, 101651. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2025.101651>.
- Buku Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid. (t.t.). ESDM. Diambil 21 November 2025, dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/berita-unit/buku-panduan-pengoperasian-dan-pemeliharaan-pembangkit-listrik-tenaga-surya-plts-off-grid>.
- Firza, A. (2023). *Pengaruh Waktu Aliran Aerasi Pada Sistem Hidroponik DFT Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Seledri (Apium graveolens L)* [Other, Universitas Jambi]. <https://repository.unja.ac.id/47170/>
- Hidayah, A. L., Dwiratna, S., Prawiranegara, B. M. P., & Amaru, K. (2020). Kinerja dan Karakteristik Konsumsi Energi, Air, dan Nutrisi pada Sawi Pagoda (*Brassica narinosa*) Menggunakan Sistem Fertigasi Deep Flow Technique (DFT). *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems - Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 8(2), 125–134. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.02.02>.
- Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. (t.t.). ResearchGate. Diambil 21 November 2025, dari https://www.researchgate.net/publication/359153687_Hydroponic_Food_Production_A_Definitive_Guidebook_for_the_Advanced_Home_Gardener_and_the_Commercial_Hydroponic_Grower.
- Informasi Potensi Energi Surya Indonesia. (t.t.). Tableau Software. Diambil 21 November 2025, dari https://visklm.bmkg.go.id/views/InformasiPotensiEnergiSuryaIndonesia/Dashboard?%3Adisplay_overlay=yes&%3Alanguage=en&%3Aembed=y&%3Adisplay_spinner=no&%3Atoolbar=yes&%3Aembed_code_version=3&%3AloadOrderID=9&%3Adisplay_count=yes&%3AdeepLinkingDisabled=y&%3Adisplay_static_image=yes&%3Aanimate_transition=yes&%3Atabs=no.

- Jr, J. B. J. (2016). *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower* (2 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780849331671>.
- Kalogirou, S. (2014) *Solar Energy Engineering Processes and Systems. 2nd Edition, Academic Press Elsevier. - References—Scientific Research Publishing.* (t.t.). Diambil 21 November 2025, dari <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3958310>.
- Marshall, M. (t.t.). September 2019. *Solar Energy International (SEI): Solar Training for Clean Energy Careers*. Diambil 21 November 2025, dari <https://www.solarenergy.org/enewsletter/september-2019>.
- Monika, D., Muchlishah, M., Nadhiroh, N., Z, I., Mulyadi, W. H., & Mutiar. (2023). Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 WP Menggunakan Software PVsyst. *Electricres*, 5(1), 30–36. <https://doi.org/10.32722/ees.v5i1.5649>.
- Nugroho, E. B. H. (2022). *Analisis dan Perancangan Energi Terbarukan dengan Photovoltaic untuk Budidaya Tanaman Hidroponik pada Greenhouse Tropis*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/115265>.
- Prayogi, S., Nugroho, T. A., Pertiwi, N. I., Pramudito, W. A., Marzuki, M. I., Abdillah, M., Wibowo, W. K., Nugroho, H., Roffi, T. M., & Muhammad, M. (2025). Sinergi Energi Terbarukan dan Pertanian Modern: Penerapan PLTS untuk Meningkatkan Kinerja Usaha Hidroponik di Pagifarm Bogor. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 5(2), 994–1005. <https://doi.org/10.70609/i-com.v5i2.7395>.
- Wasono, A., Karuniawan, E. A., Hardito, A., Pramurti, A. R., Jamaah, A., Adiwismono, A., Triyani, E., Juwarta, J., Chambali, M., Setijasa, H., & Badruzzaman, Y. (2024). Penerapan Rancang Bangun PLTS Sistem Off-Grid Sebagai Kendali Penyiraman Otomatis Berbasis PLC Pada Perkebunan Widuri di Desa Wonokerto, Kecamatan Bancak, Kabupaten Semarang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(2), 1985–1989. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i2.3145>.