

Perancangan PLTS pada Smart Greenhouse di Lahan Pertanian Wijaya Farm, Lembang, Bandung

Design of Off-grid Solar Power System for Smart Greenhouse at Wijaya Farm Agricultural Land, Lembang, Bandung

Arthur Simorangkir

Levin Halim *

Bagus Arthaya

Center of Control and Systems Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Technology, Parahyangan Catholic University

email: halimlevin@unpar.ac.id

Kata Kunci

PLTS
Sistem Off Grid
Energi Terbarukan
Rumah Kaca Pintar
Pertanian Berkelanjutan

Keywords:

Solar Power Plant
Off-grid System
Renewable Energy
Renewable Energy
Smart Greenhouse
Sustainable Agriculture

Received: March 2025

Accepted: June 2025

Published: Juli 2025

Abstrak

Permasalahan keterbatasan akses listrik di sektor pertanian akan berdampak langsung pada tidak optimalnya operasional rumah kaca pintar, termasuk sistem irigasi, pencahayaan tambahan, dan pemantauan lingkungan berbasis sensor. Ketiadaan sumber energi yang andal menyebabkan petani kesulitan dalam menjaga kestabilan lingkungan tanam, terutama di wilayah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid sebagai solusi energi mandiri yang efisien, ramah lingkungan, dan dapat diakses oleh petani di lokasi tersebut. Metode yang digunakan meliputi survei langsung untuk memperoleh data kebutuhan beban listrik, pengukuran kondisi lokasi untuk menentukan orientasi dan potensi penyerapan matahari, serta perhitungan teknis sistem berdasarkan data lapangan. Hasil dari kegiatan ini adalah rancangan sistem PLTS dengan konfigurasi panel surya 2320 Wp, inverter 3 kW, dan baterai 48V 150Ah, yang diproyeksikan mampu memenuhi kebutuhan energi harian sebesar 2880 Wh dan mampu mempertahankan operasional rumah kaca selama dua hari tanpa sinar matahari. Kegiatan ini juga memberikan manfaat peningkatan literasi petani terhadap teknologi energi surya dan mendorong inisiatif untuk menerapkan sistem PLTS off-grid yang serupa secara mandiri. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa perancangan sistem PLTS off-grid berbasis kebutuhan aktual sangat potensial untuk direplikasi sebagai solusi energi di sektor pertanian secara berkelanjutan.

Abstract

The problem of limited access to electricity in the agricultural sector will have a direct impact on the suboptimal operation of smart greenhouses, including irrigation systems, additional lighting, and sensor-based environmental monitoring. The absence of a reliable energy source makes it difficult for farmers to maintain the stability of the planting environment, especially in remote areas that are not covered by the PLN electricity network. This community service activity aims to design an off-grid Solar Power Plant (PLTS) system as an independent energy solution that is efficient, environmentally friendly, and accessible to farmers in the location. The methods used include direct surveys to obtain data on electricity load requirements, measuring location conditions to determine orientation and potential for solar radiation, and technical calculations of the system based on field data. The result of this activity is a PLTS system design with a 2320 Wp solar panel configuration, 3 kW inverter, and 48V 150Ah battery, which is projected to be able to meet the daily energy needs of 2880 Wh and can maintain greenhouse operations for two days without sunlight. This activity also provides benefits in increasing farmer literacy regarding solar energy technology and encouraging initiatives to implement similar off-grid PLTS systems independently. This community service activity shows that the design of an off-grid PLTS system based on actual needs has great potential to be replicated as a sustainable energy solution in the agricultural sector.



© 2025 Arthur Simorangkir, Levin Halim, Bagus Arthaya. Published by Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i7.9561>

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman dan teknologi, penggunaan energi dan kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat (Erdiwansyah *et al.*, 2021; Pembudi *et al.*, 2023; Silalahi *et al.*, 2021). Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa yang memiliki potensi energi matahari yang besar (Budiyanto & Lubis, 2020; Cahyadi *et al.*, 2023; Islami *et al.*, 2021). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pengaplikasian dari penggunaan energi terbarukan yang berpotensi diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m²/hari (Reyseliani & Purwanto, 2021; Silalahi *et al.*, 2023). Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan dari sinar matahari (G. Li *et al.*, 2022; Suyanto *et al.*, 2023). Penggunaan solar panel sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi sebuah gerakan untuk mengurangi penggunaan listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar minyak berasal dari fosil (Liu *et al.*, 2024; Nooman AlMallahi *et al.*, 2024). Hal ini disebabkan solar panel hanya memerlukan sinar matahari sebagai sumber utama penghasil listrik.

Hal tersebut juga berdampak pada teknologi di bidang pertanian. Secara umum, pengertian dari pertanian adalah suatu kegiatan manusia yang termasuk didalamnya yaitu bercocok tanam, peternakan, perikanan dan juga kehutanan (da Silveira *et al.*, 2021; Newton *et al.*, 2020). Sebagian besar kurang lebih dari 50 persen mata pencarian masyarakat di Indonesia adalah sebagai petani, sehingga sektor pertanian sangat penting untuk dikembangkan di Indonesia (Faoziyah *et al.*, 2024; Otsuka, 2021). Penerapan rumah kaca pada pertanian merupakan salah satu dari banyak contoh perkembangan teknologi dalam bidang pertanian (Espitia *et al.*, 2024; Maraveas & Bartzanas, 2021). Rumah kaca memiliki beberapa keunggulan, di antaranya: mudah dalam mengendalikan hama dan penyakit, dapat mengendalikan suhu dan kelembaban, serta dapat meningkatkan mutu produk pertanian yang dihasilkan. Meskipun demikian, rumah kaca memerlukan biaya yang relatif lebih tinggi dan intensitas energi (per unit produksi) yang lebih besar dibandingkan dengan cara konvensional. Karena energi merupakan salah satu faktor penting, maka pengendalian sistem energi merupakan salah satu faktor untuk dapat menekan biaya produksi (Y. Li *et al.*, 2022; Riverón-Miranda *et al.*, 2025) . Energi terbarukan ini dianggap sebagai salah satu cara yang baik untuk menyelaraskan teknologi.

Di lokasi Wijaya Farm, Lembang, operasional rumah kaca pintar menghadapi kendala utama berupa tidak tersedianya akses listrik dari jaringan PLN. Akibatnya, sistem irigasi otomatis, sensor monitoring tanah, dan perangkat pendukung lainnya tidak dapat berfungsi secara optimal. Petani setempat sebelumnya mencoba menggunakan genset berbahan bakar fosil untuk menyuplai listrik, namun biaya operasionalnya tinggi, tidak stabil, dan menghasilkan polusi suara serta emisi gas buang. Kondisi geografis yang terpencil dan kontur tanah yang tidak merata juga menjadi tantangan dalam pengadaan energi konvensional. Permasalahan ini secara langsung menghambat efisiensi dan produktivitas pertanian modern berbasis teknologi, sehingga dibutuhkan solusi energi alternatif yang berkelanjutan dan dapat diimplementasikan secara mandiri oleh petani.

Namun, implementasi teknologi energi terbarukan di sektor pertanian, khususnya di daerah pegunungan seperti Lembang, masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu permasalahan utama adalah keterbatasan akses listrik konvensional di beberapa area pertanian, termasuk di lokasi greenhouse Wijaya Farm, yang menyebabkan terganggunya operasional sistem irigasi dan monitoring otomatis. Selain itu, pengetahuan petani tentang pemanfaatan PLTS masih terbatas, sehingga perlu adanya percontohan sistem yang aplikatif. Beberapa studi dan pengabdian sebelumnya telah menyoroti potensi PLTS untuk pertanian (Budiyanto & Lubis, 2020; Espitia *et al.*, 2024), namun kebanyakan fokus pada simulasi teknis tanpa implementasi langsung di lokasi yang memiliki keterbatasan infrastruktur. Oleh karena itu, perlu adanya kegiatan yang tidak hanya merancang tetapi juga mengimplementasikan sistem PLTS secara langsung dengan melibatkan petani lokal.

Dalam kegiatan pengabdian ini dilakukan perancangan sistem PLTS off-grid untuk mendukung operasional rumah kaca pintar (*smart greenhouse*) di Wijaya Farm, Lembang. Gap yang ditemukan dari studi terdahulu adalah kurangnya pendekatan yang menggabungkan survei kebutuhan lapangan, simulasi teknis, serta implementasi PLTS secara langsung di lokasi pertanian dengan karakteristik off-grid. Beberapa studi hanya membahas aspek desain teknis atau potensi energi

tanpa melibatkan penerima manfaat secara langsung. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini mencoba mengisi gap tersebut dengan melakukan pendekatan end-to-end mulai dari identifikasi kebutuhan riil petani, perancangan sistem PLTS, hingga implementasi dan evaluasi dampaknya secara langsung di lapangan.

Kegiatan ini meliputi beberapa tahapan utama, yaitu survei lokasi untuk mengidentifikasi kebutuhan pencahayaan serta menentukan titik optimal pemasangan lampu, perancangan serta simulasi teknis menggunakan perangkat lunak simulasi pencahayaan untuk menentukan spesifikasi komponen serta tata letak titik penerangan secara optimal, penentuan alat dan bahan berupa identifikasi spesifikasi panel surya, baterai, lampu, inverter, dan rangka panel surya, serta persiapan pemasangan yang mencakup perencanaan pembersihan lahan, persiapan pemasangan rangka panel surya, dan perencanaan instalasi komponen. Hasil akhir dari kegiatan ini adalah sebuah rancangan teknis yang siap diimplementasikan dan menjadi panduan bagi petani di Wijaya Farm dalam pemanfaatan energi terbarukan secara optimal. Pengabdian ini diharapkan memberikan dampak positif berupa peningkatan pemahaman petani mengenai pemanfaatan PLTS dalam kegiatan pertanian modern serta mendorong ketertarikan warga sekitar untuk turut menerapkan teknologi energi terbarukan dalam aktivitas pertanian mereka, sehingga secara luas dapat mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem PLTS off-grid yang sesuai dengan kebutuhan energi rumah kaca pintar di Wijaya Farm, serta memberikan edukasi langsung kepada petani mengenai pemanfaatan teknologi energi terbarukan dalam mendukung pertanian yang efisien dan berkelanjutan.

METODE

Pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui kerjasama antara Universitas Katolik Parahyangan dan Lahan pertanian Wijaya Farm Lembang. Metode yang digunakan meliputi Survei awal, perancangan serta simulasi, pengadaan bahan, pemasangan, pengaturan dan kalibrasi, dan dokumentasi serta evaluasi. Metode pengabdian ini tidak hanya berfokus pada survei lokasi, tetapi juga mencakup perancangan teknis sistem PLTS berbasis hasil survei, simulasi performa sistem dengan perangkat lunak teknis, instalasi dan pengujian sistem di lapangan, serta kegiatan sosialisasi dan pelatihan teknis kepada petani agar mampu mengoperasikan dan merawat sistem secara mandiri. Seluruh tahapan metode diarahkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi masyarakat, yaitu keterbatasan akses listrik di lahan pertanian terpencil dan rendahnya pemahaman terhadap pemanfaatan energi terbarukan.

1. Survei Lokasi:

Langkah pertama dalam kegiatan ini adalah melakukan survei awal untuk mengidentifikasi kebutuhan pencahayaan di lokasi pemasangan. Survei ini mencakup pengamatan kondisi lapangan, pengukuran jarak, dan diskusi dengan pihak terkait untuk menentukan titik-titik penerangan yang optimal. Survei dilakukan menggunakan metode observasi langsung, pengukuran kondisi fisik lapangan, dan wawancara semi-terstruktur dengan petani untuk mengidentifikasi kebutuhan energi. Alat yang digunakan dalam survei meliputi pengukur intensitas cahaya (*lux meter*), pengukur sudut orientasi, dan kompas digital untuk menentukan arah optimal peletakan panel surya.

2. Perancangan serta Simulasi:

Setelah survei awal, dilakukan perancangan teknis menggunakan perangkat lunak simulasi pencahayaan untuk menentukan spesifikasi komponen yang diperlukan dan penempatan titik penerangan. Perangkat lunak yang digunakan membantu menghitung kebutuhan daya dan jarak optimal antar tiang lampu. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk menentukan kapasitas panel surya dan baterai yang optimal berdasarkan data iradiasi, kebutuhan energi, dan konfigurasi sistem 48V. Simulasi ini juga mempertimbangkan azimuth dan sudut kemiringan panel agar sesuai dengan potensi sinar matahari di lokasi. Hasil simulasi dijadikan dasar untuk pemilihan komponen dan konfigurasi sistem PLTS.

3. Penentuan Alat dan Bahan:

Material dan komponen yang dibutuhkan untuk pemasangan PLTS ini diidentifikasi dan diadakan sesuai spesifikasi hasil perencanaan. Komponen utama termasuk panel surya, baterai, lampu, inverter, serta bahan rangka penempatan

panel surya. Setiap komponen dipilih berdasarkan hasil simulasi dan ketersediaan di pasaran lokal. Penyesuaian juga mempertimbangkan daya tahan terhadap cuaca lembab dan paparan matahari di wilayah pertanian terbuka.

4. Persiapan Pemasangan:

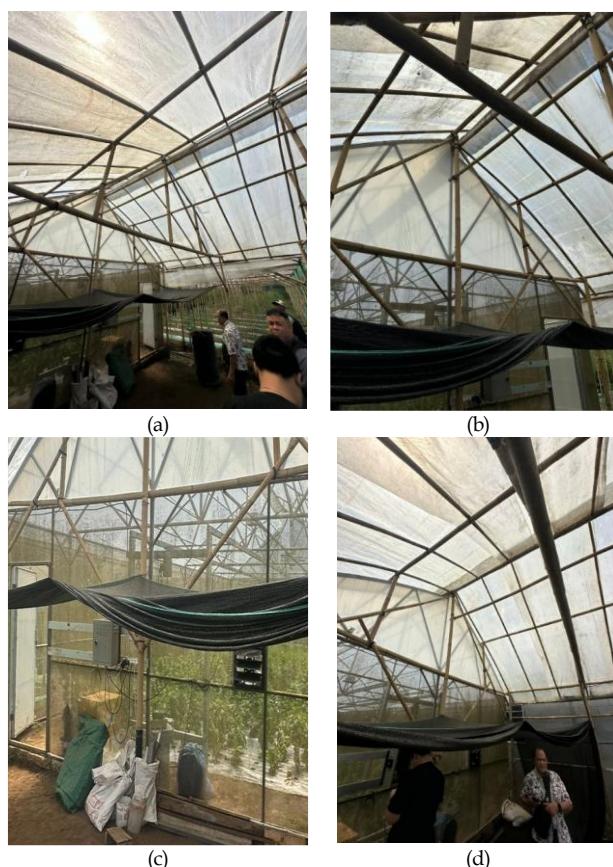
Proses pemasangan dilakukan dalam beberapa tahap:

- Persiapan Lahan: Meliputi pembersihan area dan penentuan letak komponen.
- Persiapan Pemasangan Rangka Panel surya: Penentuan rangka yang akan dipasang dimana akan ditanam pada tanah dengan tujuan untuk memastikan struktur kuat.
- Perencanaan Instalasi Komponen: Semua komponen akan dipasang dan akan dirakit sesuai dengan spesifikasi perancangan.

Selama pemasangan, akan dilakukan kalibrasi awal sistem untuk memastikan semua komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Pemeriksaan kelistrikan menggunakan multimeter dan clamp meter untuk menguji tegangan, arus, dan kontinuitas sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan ini disusun berdasarkan urutan metode yang telah dilaksanakan secara aktual di lapangan, mulai dari hasil survei kondisi lokasi, perancangan sistem PLTS off-grid, pemilihan dan pengadaan alat, hingga tahap persiapan dan proses pemasangan. Setiap data dan informasi yang disampaikan berasal dari hasil pelaksanaan nyata di lokasi pengabdian. Proses perancangan PLTS di Wijaya Farm Lembang, diawali dengan survei lokasi dan berdiskusi dengan pihak kelompok tani Wijaya Farm Lembang mengenai kebutuhan energi yang akan dipasok oleh PLTS. Kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil survei lokasi (a) titik peletakan panel surya (b) lokasi rangka panel surya(c) titik penyimpanan baterai dan inverter (d) titik panel surya dari arah selatan.

Setelah lokasi pemasangan ditentukan, data diambil melalui pengamatan langsung dan literasi. Hasil menentukan penempatan panel surya pada PLTS, serta mengamati objek sekitar lokasi pemasangan PLTS, yang bertujuan menghindari terhalangnya sinar matahari yang akan diterima oleh panel surya pada sistem PLTS.

Berdasarkan hasil survei, ditemukan bahwa lokasi greenhouse memiliki orientasi terbuka ke arah utara dengan sedikit naungan, namun kontur tanah tidak rata dan akses kendaraan terbatas. Kondisi ini berdampak pada penyesuaian desain rangka panel surya dan perlunya pembersihan serta penggalian pada titik pemasangan. Selain itu, hasil wawancara dengan petani menunjukkan kebutuhan utama adalah kestabilan suplai energi untuk pompa dan sensor, yang tidak dapat dipenuhi oleh genset karena keterbatasan biaya operasional. Temuan ini memperkuat urgensi solusi PLTS yang andal dan ekonomis.

Setelah semua data terkumpul, dilakukan simulasi untuk menentukan orientasi dan sudut kemiringan panel surya yang paling optimal pada lokasi Wijaya Farm Lembang. Data yang dikumpulkan mencakup intensitas cahaya, arah orientasi bangunan, sudut kemiringan permukaan atap eksisting, serta informasi kebutuhan beban harian dari hasil wawancara dengan petani. Seluruh data ini digunakan sebagai parameter input dalam perangkat lunak simulasi PVsyst untuk menghasilkan konfigurasi sistem PLTS yang optimal. Analisis data dari lokasi Wijaya Farm Lembang dibantu dengan aplikasi PVsyst yang menghasilkan orientasi 15° mengarah utara (Azimuth 0°).

Rumah kaca milik mitra pengabdian, Wijaya Farm, memiliki beban harian yang bervariasi tergantung pada kebutuhan operasional seperti pompa air otomatis, lampu tanam, dan sistem monitoring suhu serta kelembapan. Data variasi beban ini diperoleh melalui wawancara langsung dengan pemilik rumah kaca dan observasi aktivitas harian selama survei lapangan. Terdapat beberapa sensor memerlukan operasi terus-menerus selama 24 jam, sementara motor dan pompa hanya beroperasi dua kali sehari selama satu jam. Tabel 1 memberikan rincian lengkap tentang sensor, motor, dan pompa yang digunakan dalam sistem rumah kaca. Tabel tersebut mencantumkan setiap komponen, termasuk durasi penggunaan harian dalam jam dan jumlah total unit yang digunakan. Informasi rinci ini sangat penting untuk menilai kebutuhan energi keseluruhan rumah kaca secara akurat serta merancang sistem energi surya yang sesuai. Tabel 1 ini menunjukkan estimasi kebutuhan energi harian dari berbagai komponen sistem rumah kaca, seperti sensor, pompa, dan motor. Informasi ini menjadi dasar utama dalam menentukan kapasitas sistem PLTS yang akan dirancang, guna memastikan bahwa seluruh kebutuhan energi dapat terpenuhi secara konsisten tanpa bergantung pada sumber energi konvensional.

Tabel I. Beban Smart Greenhouse

Komponen	Jumlah	Penggunaan Harian (Jam)	Daya (W)	Total (Wh)
Sensor Kelembapan Udara	10	24	1	240
Sensor Temperatur	5	24	0.5	60
Mikroprosesor ESP32	5	24	1	120
Soil Sensor	10	24	1	240
Mikroprosesor Raspi 4	1	24	15	360
Power Supply	1	24	25	600
Exhaust Fan	2	2	60	240
Cooling Fan	2	2	45	180
Water Pump	1	2	200	400
Motor	1	2	200	400
Total				2840

Berdasarkan Tabel 1, rumah kaca diasumsikan memiliki beban harian sebesar 2840 Wh. Lokasi rumah kaca memiliki Global Horizontal Irradiance (GHI) sebesar 1632 kWh/m²/hari. Seperti yang ditunjukkan dalam bagian Metode, pertama-tama kita harus menghitung jumlah panel surya dan ukuran panel surya yang menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2)

$$WP = \frac{\text{Total Load (kWh)}}{GHI (kWh/m}^2/\text{day}) = \frac{2840 \text{ Wh}}{1632 \text{ W/m}^2} \approx 1740 \text{ Wp}$$

$$\text{Number of Solar Panels} = \frac{Wp}{Wp \text{ Solar Panel}} = \frac{1740 \text{ Wp}}{580 \text{ Wp}} \approx 3 \text{ unit} \quad (2)$$

Dalam Persamaan (2), Wp Panel Surya, yang merupakan daya puncak panel dalam kondisi uji standar, digunakan untuk menentukan keluaran maksimum dan kinerjanya. Pemilihan 580 Wp mewakili daya puncak panel surya yang tersedia di pasar lokal. Di sisi lain, spesifikasi baterai akan dihitung dengan mempertimbangkan beban harian panel surya sebesar 2640 Wh dan jumlah hari otonomi yang dipilih sebanyak 2 hari, dengan batas pengisian maksimum baterai (Depth of Discharge - DoD) sebesar 75% untuk menjaga kesehatan baterai. Dengan sistem baterai 48V, kapasitas yang dibutuhkan sebesar 147.9 Ah. Perhitungan ini menghasilkan kapasitas sekitar 147.9 Ah dan pemilihan satu baterai 48V dengan kapasitas 150 Ah, seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (3).

$$\text{Battery Capacity (Ah)} = \frac{\text{Total Load (Wh)} \times \text{AD}}{\text{DoD} \times \text{Battery Voltage (V)}} = \frac{2840 \times 2}{80\% \times 48} \approx 147.9 \text{ Ah}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan spesifikasi komponen yang diperlukan: Solar Panel 580Wp bermerk Longi Solar, Inverter Zamdon 3kW 48V, Baterai LifePo4 48V 150Ah, MCB 2P DC 40A yang dihubungkan dari Panel surya ke Inverter, MCB 2P DC 60A yang dihubungkan dari Baterai ke Inverter, MCB 2P AC 25A yang dihubungkan dari Inverter ke beban rumah kaca, terdapat juga penghubung kabel DC1x10 『mm』^2, dan Kabel AC NYY 2x1.5 『mm』^2.

Tabel II. Komponen Biaya PLTS Off-grid

Component	Quantity	Unit	Unit Price	Total
Solar Panel (580Wp)	4	unit	Rp1.650.000	Rp6.600.000
Zamdon LF 3kW 48V	1	unit	Rp6.000.000	Rp6.000.000
Kabel DC 1 x 10mm ²	20	meter	Rp25.000	Rp500.000
Kabel AC NYY 2 x 1.5mm ²	20	meter	Rp25.000	Rp500.000
Baterai 150Ah 48V	1	unit	Rp15.900.000	Rp15.900.000
Rangka Solar Panel	12	unit	Rp500.000	Rp6.000.000
MCB DC 2P 40A	1	unit	Rp60.000	Rp60.000
MCB AC 2P 25A	1	unit	Rp60.000	Rp60.000
MCB DC 2P 60A	1	unit	Rp60.000	Rp60.000
Alat Pemotong Kabel	1	set	Rp300.000	Rp300.000
Panel box	1	unit	Rp1.800.000	Rp1.800.000
		Total		Rp37.780.000

Tabel 2 merinci komponen utama yang dibutuhkan untuk membangun sistem PLTS off-grid beserta perkiraan biaya masing-masing. Data ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai estimasi biaya implementasi sistem, serta membantu petani dan pemangku kepentingan lainnya dalam merencanakan pengadaan peralatan sesuai anggaran yang tersedia.

Perhitungan untuk MCB DC dari panel surya ke inverter terdapat pada persamaan (4), lalu perhitungan untuk MCB DC dari baterai ke inverter terdapat pada persamaan (5), perhitungan untuk MCB AC dari inverter ke beban rumah kaca terdapat pada persamaan (6), terdapat juga perhitungan untuk kabel AC yang terdapat pada persamaan (7).

$$\text{MCB DC} = \text{Arus Solar Panel} \times 1.25 = 32.9 \text{ A} \quad (4)$$

MCB DC dari panel surya ke inverter memiliki perhitungan sebagai berikut: arus solar panel sebesar 26,34A yang dikalikan faktor keamanan sebesar 1.25 sehingga menghasilkan 32.9A dan diputuskan MCB terdekat yaitu 40A

$$\text{MCB DC} = \frac{\text{Besar daya Inverter}}{\text{Tegangan Baterai}} \times 1.25 = \frac{3000 \text{ W}}{48 \text{ V}} \times 1.25 \approx 78.125 \text{ A}$$

MCB DC dari inverter ke baterai memiliki perhitungan sebagai berikut: besar daya inverter dibagi dengan tegangan baterai lalu dikalikan faktor keamanan sebesar 1.25 sehingga menghasilkan 78.125A, dikarenakan pada inverter terdapat maksimal arus 60A maka dari itu diputuskan MCB 60A.

$$\text{MCB AC} = \frac{\text{Besar daya Inverter}}{\text{Tegangan AC}} \times 1.25 = \frac{3000 \text{ W}}{220 \text{ V}} \times 1.25 \approx 17.04 \text{ A}$$

MCB AC dari inverter ke beban memiliki perhitungan sebagai berikut: besar daya inverter dibagi dengan tegangan beban lalu dikalikan faktor keamanan sebesar 1.25 sehingga menghasilkan 17.04A dan diputuskan MCB terdekat yaitu 25A.

$$\text{Kabel AC} = \frac{\text{Besar daya Inverter}}{\text{Tegangan AC}} \times 1.25 = \frac{3000 \text{ W}}{220 \text{ V}} \times 1.25 \approx 17.04 \text{ A}$$

Kabel AC dari inverter ke beban memiliki perhitungan sebagai berikut: besar daya inverter dibagi dengan tegangan beban lalu dikalikan faktor keamanan sebesar 1.25 sehingga menghasilkan 17.04A dari datasheet kabel AC didapatkan Kabel NYY 1×1.5mm.

Pada lokasi rumah kaca telah terdapat rangka atap yang berbahan bambu dan plastik sebagai penutup atapnya, rangka tersebut dirubah menjadi rangka baru yang terbuat dari besi hollow galvanis dengan ukuran 5x10 dengan tebal 1.4 mm, rangka dibuat dengan ketinggian 4 meter dan memiliki sudut kemiringan yang sesuai dengan hasil simulasi, yaitu 15° mengarah utara, Tahap pertama yang dilakukan pada perancangan rangka ialah melakukan pengecoran pada bagian bawah rangka, pengecoran dilakukan untuk memastikan rangka tidak bergeser ataupun roboh saat diberikan beban oleh panel surya.

Berdasarkan hasil simulasi dan perancangan, sistem PLTS yang dirancang diproyeksikan mampu menyuplai kebutuhan energi rumah kaca sebesar 2.880 Wh per hari secara stabil. Pemilihan sistem tegangan 48V memberikan efisiensi lebih tinggi dalam distribusi energi, serta kompatibel dengan kebutuhan beban pompa dan sensor. Selain itu, konfigurasi baterai 300 Ah dengan sistem off-grid memungkinkan rumah kaca tetap beroperasi meskipun tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN, menjadikan sistem ini layak diterapkan pada lokasi pertanian terpencil.

Sistem PLTS dirancang dengan mempertimbangkan kondisi aktual lapangan, seperti kontur tanah yang tidak rata dan keterbatasan akses lokasi pemasangan. Seluruh komponen telah ditentukan berdasarkan hasil survei dan simulasi, termasuk konfigurasi panel surya 2320 Wp, baterai 48V 150Ah, dan inverter 3 kW. Meskipun kegiatan ini belum mencakup instalasi akhir, sistem telah dipersiapkan secara menyeluruh agar dapat langsung diimplementasikan oleh petani dengan pendampingan teknis minimal. Rancangan ini diharapkan mampu menyediakan pasokan energi 2.880 Wh per hari dan menjadi solusi berkelanjutan bagi pertanian terpencil.

Sistem PLTS yang telah dirancang dan dikaji pada kegiatan ini menghasilkan spesifikasi sistem yang sesuai dengan kebutuhan rumah kaca berbasis beban aktual, serta mempertimbangkan kondisi lokasi seperti orientasi bangunan dan intensitas cahaya. Manfaat langsung dari rancangan ini adalah tersedianya solusi energi alternatif yang dapat diadopsi oleh petani di wilayah terpencil tanpa ketergantungan pada jaringan PLN. Rancangan sistem yang mencakup konfigurasi panel surya 2320 Wp, baterai 48V 150Ah, dan inverter 3kW telah divalidasi melalui simulasi untuk menjamin kontinuitas suplai energi 2.880 Wh per hari. Dengan informasi teknis dan tabel komponen yang telah tersedia, petani dapat melanjutkan ke tahap instalasi secara mandiri dengan pendampingan teknis minimal, sehingga mempercepat adopsi teknologi dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Pemasangan PLTS ini akan memberikan dampak sosial yang signifikan salah satunya yaitu dapat menyediakan energi didaerah terpencil, terlebih lokasi rumah kaca ini tidak memiliki pasokan listrik yang memadai dari PLN, selain dari itu petani mendapatkan pembelajaran tentang energi terbarukan terutama dalam hal Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Hal ini terlihat dari hasil diskusi dengan petani yang menyampaikan bahwa sebelum adanya sistem PLTS, operasional rumah kaca hanya dilakukan secara manual dan tidak dapat berfungsi optimal pada pagi atau malam hari. Setelah sistem PLTS dirancang dan sosialisasi dilakukan, petani mulai memahami cara kerja sistem dan menyatakan kesiapan untuk menerapkan secara mandiri dengan pendampingan lanjutan. Selain itu, keberadaan rancangan PLTS ini memotivasi petani lain di sekitar lokasi untuk ikut mempertimbangkan penggunaan energi terbarukan di lahan mereka.

Respon dari petani selaku yang dilibatkan dalam pengabdian kepada masyarakat ini akan sangat terbantu dengan adanya teknologi ini. Petani menyampaikan bahwa rumah kaca kini dapat difungsikan secara otomatis tanpa ketergantungan pada jaringan listrik PLN, termasuk sistem irigasi dan monitoring yang sebelumnya tidak aktif. Dengan adanya PLTS ini, petani merasa lebih percaya diri untuk memperluas operasional rumah kaca ke lokasi lain tanpa khawatir pasokan listrik. Selain itu, teknologi ini memungkinkan pemantauan kelembapan dan suhu secara real-time, yang berdampak pada peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan air. Petani juga menyebutkan bahwa mereka dapat mengatur waktu penyiraman secara lebih teratur dan presisi, yang membantu meningkatkan kualitas hasil panen.

Kegiatan ini menghasilkan rancangan sistem PLTS lengkap yang siap dipasang dan menjadi model awal pemanfaatan energi terbarukan di sektor pertanian terpencil. Selain menambah pemahaman teknis petani melalui diskusi dan

demonstrasi rancangan, kegiatan ini juga mendorong kesiapan kelompok tani untuk mengimplementasikan sistem secara mandiri maupun melalui program lanjutan. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini memberi dampak awal dalam bentuk peningkatan kapasitas lokal menuju pertanian berkelanjutan berbasis energi terbarukan.

Berdasarkan keseluruhan perancangan dan analisis hasil, kegiatan ini menunjukkan bahwa sistem PLTS yang dirancang tidak hanya mencukupi secara teknis, tetapi juga efisien dalam biaya, sederhana dalam pemeliharaan, dan siap direplikasi untuk lokasi lain dengan karakteristik serupa. Rancangan ini menjawab langsung kebutuhan petani dan memberikan solusi berkelanjutan berbasis energi terbarukan.

Karakteristik	Desain PLTS	Dampak Petani
Pasokan Energi	2880 Wh/hari	Operasi otomatis
Komponen Sistem	Panel surya 2320 Wp, inverter 3kW, baterai 48V 150Ah	Peningkatan pemahaman
Ketergantungan Jaringan	Sistem off-grid	Peningkatan kepercayaan
Pertimbangan Lokasi	Mempertimbangkan kontur tanah yang tidak rata	Menginspirasi adopsi
Dampak Sosial	Menyediakan energi untuk daerah terpencil	Peningkatan efisiensi
Dampak Ekonomi	Biaya efektif dan pemeliharaan yang sederhana	Potensi peningkatan produktivitas
Replikasi	Desain yang dapat direplikasi	Model untuk energi terbarukan

Gambar 2. Hubungan antara Karakteristik Desain PLTS dan Dampaknya terhadap Petani.

Gambar 2 menunjukkan keterkaitan antara aspek teknis sistem PLTS yang dirancang dengan dampak langsung yang dirasakan oleh petani di lapangan, mencakup aspek energi, ekonomi, sosial, dan potensi replikasi.

Sebagai hasil dari kegiatan perancangan ini, sistem PLTS yang dirancang mampu menyediakan energi sebesar 2880 Wh per hari, dengan konfigurasi sistem 2320 Wp panel surya, inverter 3kW, dan baterai 48V 150Ah. Berdasarkan simulasi performa energi menggunakan PVsyst, sistem ini diperkirakan mampu mendukung operasional rumah kaca secara mandiri selama 2 hari tanpa sinar matahari. Data kebutuhan energi dan variasi beban yang diperoleh melalui survei dan wawancara menjadi dasar perancangan sistem agar sesuai dengan pola konsumsi energi aktual di rumah kaca mitra. Selain itu, kegiatan ini berdampak pada peningkatan literasi energi terbarukan di kalangan petani, yang dibuktikan melalui hasil diskusi bahwa seluruh petani memahami cara kerja sistem dan berkomitmen melanjutkan implementasi dengan bimbingan lanjutan.

Dengan adanya rancangan sistem PLTS ini, rumah kaca di Wijaya Farm kini memiliki solusi energi mandiri yang memungkinkan operasional irigasi otomatis, monitoring kelembapan dan suhu secara real-time, serta pencahayaan

tambahan tanpa bergantung pada genset atau jaringan PLN. Hasil nyata dari kegiatan ini adalah meningkatnya kapasitas petani dalam memahami teknologi PLTS, meningkatnya efisiensi penggunaan air melalui sistem penyiraman otomatis, serta potensi peningkatan produktivitas hasil pertanian karena lingkungan rumah kaca yang lebih stabil. Selain itu, rancangan ini telah menginspirasi petani di sekitar lokasi untuk mulai mempertimbangkan adopsi sistem energi surya serupa.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini berhasil merancang sistem PLTS off-grid yang sesuai dengan kebutuhan energi smart greenhouse di lokasi pertanian terpencil Wijaya Farm, Lembang. Perancangan dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan petani dalam proses identifikasi kebutuhan dan validasi rancangan. Sistem yang dihasilkan mampu menjadi solusi energi alternatif yang siap diterapkan secara mandiri oleh petani, serta memberikan manfaat edukatif melalui peningkatan pemahaman teknologi energi terbarukan. Selain menghasilkan dokumen rancangan teknis yang lengkap, kegiatan ini juga mendorong kesiapan masyarakat dalam mengadopsi teknologi serupa di lahan pertanian lain, sehingga mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan berbasis energi mandiri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan pada LPPM Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendanai pelaksanaan kegiatan pengabdian dan pihak kelompok tani di Wijaya Farm Lembang yang telah menjadi mitra kegiatan pengabdian. Selain itu, disampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu sehingga kegiatan pengabdian ini dapat berjalan dengan baik.

REFERENSI

- Budiyanto, M. A., & Lubis, M. H. (2020). Physical reviews of solar radiation models for estimating global solar radiation in Indonesia. *Energy Reports*, **6**, 1206–1211. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.053>
- Cahyadi, C. I., Suwarno, S., Dewi, A. A., Kona, M., Arif, M., & Akbar, M. C. (2023). Solar Prediction Strategy for Managing Virtual Power Stations. *International Journal of Energy Economics and Policy*, **13**(4), 503–512. <https://doi.org/10.32479/ijep.14124>
- da Silveira, F., Lermen, F. H., & Amaral, F. G. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*, **189**, 106405. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>
- Erdiwansyah, E., Mahidin, M., Husin, H., Nasaruddin, N., Khairil, K., Zaki, M., & Jalaluddin, J. (2021). Investigation of availability, demand, targets, and development of renewable energy in 2017–2050: a case study in Indonesia. *International Journal of Coal Science & Technology*, **8**(4), 483–499. <https://doi.org/10.1007/s40789-020-00391-4>
- Espitia, J. J., Velázquez, F. A., Rodriguez, J., Gomez, L., Baeza, E., Aguilar-Rodríguez, C. E., Flores-Velazquez, J., & Villagran, E. (2024). Solar Energy Applications in Protected Agriculture: A Technical and Bibliometric Review of Greenhouse Systems and Solar Technologies. *Agronomy*, **14**(12), 2791. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122791>
- Faoziyah, U., Rosyaridho, M. F., & Panggabean, R. (2024). Unearthing Agricultural Land Use Dynamics in Indonesia: Between Food Security and Policy Interventions. *Land*, **13**(12), 2030. <https://doi.org/10.3390/land13122030>

- Islami, M. S., Urmee, T., & Kumara, I. N. S. (2021). Developing a framework to increase solar photovoltaic microgrid penetration in the tropical region: A case study in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **47**, 101311. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101311>
- Li, G., Li, M., Taylor, R., Hao, Y., Besagni, G., & Markides, C. N. (2022). Solar energy utilisation: Current status and roll-out potential. *Applied Thermal Engineering*, **209**, 118285. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118285>
- Li, Y., Cui, P.-H., Wang, J.-Q., & Chang, Q. (2022). Energy-Saving Control in Multistage Production Systems Using a State-Based Method. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, **19**(4), 3324–3337. <https://doi.org/10.1109/TASE.2021.3118226>
- Liu, L., Zhai, R., Xu, Y., Hu, Y., Liu, S., & Yang, L. (2024). Comprehensive sustainability assessment and multi-objective optimization of a novel renewable energy driven multi-energy supply system. *Applied Thermal Engineering*, **236**, 121461. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121461>
- Maraveas, C., & Bartzanas, T. (2021). Application of Internet of Things (IoT) for Optimized Greenhouse Environments. *AgriEngineering*, **3**(4), 954–970. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3040060>
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **4**. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.577723>
- Nooman AlMallahi, M., AlSwailmeen, Y., Ali Abdelkareem, M., Ghani Olabi, A., & Elgendi, M. (2024). A path to sustainable development goals: A case study on the thirteen largest photovoltaic power plants. *Energy Conversion and Management: X*, **22**, 100553. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100553>
- Otsuka, K. (2021). Strategy for Transforming Indonesian Agriculture. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, **57**(3), 321–341. <https://doi.org/10.1080/00074918.2021.2002387>
- Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., Salsabila, M. S., Suharno, & Sukatiman. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability*, **15**(3), 2342. <https://doi.org/10.3390/su15032342>
- Reyseliani, N., & Purwanto, W. W. (2021). Pathway towards 100% renewable energy in Indonesia power system by 2050. *Renewable Energy*, **176**, 305–321. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.118>
- Riverón-Miranda, I., Gómez-González, J. F., & Méndez-Pérez, J. A. (2025). An intelligent energy management for an on-grid hybrid energy system cost reduction. *Journal of Energy Storage*, **110**, 115053. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.115053>
- Silalahi, D. F., Blakers, A., & Cheng, C. (2023). 100% Renewable Electricity in Indonesia. *Energies*, **17**(1), 3. <https://doi.org/10.3390/en17010003>
- Silalahi, D. F., Blakers, A., Stocks, M., Lu, B., Cheng, C., & Hayes, L. (2021). Indonesia's Vast Solar Energy Potential. *Energies*, **14**(17), 5424. <https://doi.org/10.3390/en14175424>
- Suyanto, M., Eko Pambudi, P., & Wildan Chotami, F. (2023). Sistem Pembangkit Listrik Panel Surya Atap Model On-Grid Dengan Kapasitas 62,4 kWp. *Jurnal Teknologi*, **16**(2), 153–161. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i2.4527>