

## **Rancang Bangun Sistem Pemantauan Baterai PLTS Berbasis IoT pada Lahan Pertanian**

### **Design and Development of an IoT-Based PLTS Battery Monitoring System on Agricultural Land**

**Zulkhairi<sup>1</sup>, Adelia Octora Pristisahida<sup>2</sup>, Rodhiyah Mardhiyyah<sup>3</sup>, Bledug Kusuma Prasaja<sup>4</sup>,  
Akhmad Fakhurrozi<sup>5</sup>, Totok Sarwi Amiyanto<sup>6</sup>, Achmad Agim Machfud<sup>7</sup>**

<sup>1,2,4,5,6</sup>Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi,  
Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta

<sup>1,2,4,5,6</sup>Jl. Ringroad Barat, Dowangan, Banyuraden, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55293

<sup>3,7</sup>Program Studi S1 Teknik Komputer, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

<sup>3,7</sup>Mlati Krajan, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55285

email: <sup>1</sup>zulkhairi.jr@unu-jogja.ac.id, <sup>2</sup>adelia@unu-jogja.ac.id, <sup>3</sup>rodhiyah.mardhiyyah@uty.ac.id,

<sup>4</sup>bledug@unu-jogja.ac.id, <sup>5</sup>akhmad.fakhurrozi.elk22@student.unu-jogja.ac.id,

<sup>6</sup>totok.sarwi.elk22@student.unu-jogja.ac.id, <sup>7</sup>achmadagim4@gmail.com

---

#### **Informasi Artikel**

Dikirim, 3 Desember 2024  
Diterima, 3 November 2025  
Diterbitkan, 5 Desember 2025

---

#### **Kata Kunci :**

Pertanian, Baterai, Driptape,  
PLTS, Spreadsheets

---

#### **Keyword :**

Agriculture, Battery, Driptape,  
PLTS, Spreadsheets.

---

#### **ABSTRAK**

Teknologi penyiraman otomatis pada lahan pertanian memerlukan sumber energi yang dapat dijangkau. Jauhnya sumber listrik dan luas lahan menjadi salah satu kendala dalam penerapan teknologi penyiraman otomatis. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu solusi sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan, keberlanjutan, dan keandalan sistem ini sangat bergantung pada performa baterai yang rentan terhadap kondisi *Deep Discharge* sehingga perlu untuk melakukan pengawasan pada penggunaannya. Penelitian ini melakukan rancang bangun sistem pemantauan kemampuan baterai dan mencegah terjadinya *Depth of Discharge* (DoD) berlebihan. Pemantauan dilakukan dengan merekam data listrik (tegangan, arus, daya) secara otomatis ke dalam spreadsheet dan mengendalikan sistem dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Berdasarkan pengujian sistem monitoring berhasil memantau tegangan baterai. Baterai yang digunakan dapat bekerja pada siang hari dengan tegangan lebih dari 11V. Pada malam hari baterai mengalami penurunan tegangan hingga 9V namun sistem dapat memutuskan aliran penggunaan listrik saat tegangan kurang dari 11V untuk menghindari terjadinya DoD. Cara ini dapat digunakan untuk penggunaan PLTS secara luas agar kualitas baterai dapat terjaga

---

#### **ABSTRACT**

Automatic watering technology on agricultural land requires an accessible energy source. The distance of electricity sources and land area is one of the obstacles in the application of automatic watering technology. Solar Power Plant (PLTS) is one of the solutions as an energy source that can be utilized. Utilization, sustainability, and reliability of this system are highly dependent on battery performance which is vulnerable to Deep Discharge conditions so it is necessary to monitor its use. This research designs a system to monitor battery capability and prevent high depth of discharge. Monitoring is done by recording electrical data (voltage, current, power) automatically into a spreadsheet and controlling the system remotely through the Blynk application. Based on the test, the monitoring system successfully monitors the battery voltage. The battery used can work during the day with a voltage of more than 11V. At night the battery voltage drops to 9V but the system can cut off the flow of electricity usage when the voltage is less than 11 to avoid DoD. This method can be used for widespread use of PLTS so that battery quality can be maintained.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia menjadi sebuah negara yang memiliki potensi besar pengembangan energi alternatif, pada energi surya atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mencapai 400 GW dan pada tahun 2020 penerapan PLTS mencapai 172 MW [1], [2]. Hal ini memungkinkan memberikan listrik ke wilayah-wilayah yang tidak terjangkau oleh listrik PLN [3]. Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan rata-rata intensitas radiasi harian mencapai 4,8 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan memanfaatkan cahaya matahari yang dapat dikonversi langsung menjadi energi listrik, potensi energi surya yang melimpah ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif [4]. Hal tersebut menjadi peluang besar dalam mendukung kebutuhan energi di bidang pertanian, termasuk pada sistem pertanian dengan metode irigasi tetes (*drip irrigation*). Metode irigasi tetes ini merupakan metode penyiraman yang hemat air sehingga cocok digunakan pada daerah krisis air karena memiliki cara kerja air menetes pelan-pelan ke akar tanaman melalui pipa [5]. Penggunaannya membutuhkan sumber energi untuk mengoperasikan pompa air. PLTS merupakan salah satu solusi sumber energi terbarukan yang memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik [6].

Teknologi IoT di lingkungan pertanian telah banyak digunakan untuk melakukan penyiraman pada lahan pertanian secara otomatis dengan mengandalkan pembacaan sensor yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu, otomatisasi penyiraman [7], [8], [9]. Sistem yang dibangun selain dapat digunakan untuk memantau kondisi pertanian secara realtime juga dapat mengaktifkan aktuator baik secara otomatis ataupun dikendalikan melalui aplikasi. Penelitian [7] pemantauan yang dilakukan secara *live streaming* dengan memanfaatkan kamera dengan memanfaatkan PLTS mini dengan baterai lithium sebagai sumber dayanya. Pada penelitian pemantauan yang dilakukan terbatas pada penggunaan energi. Penelitian tentang pemanfaatan PLTS di pertanian telah dilakukan oleh [10], [11]. Pemafaatan [10] yang dibangun menggunakan metode *Off Grid* sehingga memungkinkan sumber energi beralih secara otomatis antara sumber daya utama (PLTS) dan PLN sesuai dengan kapasitas baterai yang digunakan. Penelitian tersebut berhasil mengurangi biaya konsumsi listrik. Namun pada kedua penelitian tersebut tidak dilakukan pengawasan pada kondisi PLTS sehingga pengawasannya masih dilakukan dengan cara datang langsung ke lokasi.

Penelitian yang membahas pengawasan kinerja PLTS telah dilakukan untuk memonitor tenggangan dan arus dari jarak jauh. Pada penelitian [12], [13] pengawasan dilakukan menggunakan aplikasi Blynk. Aplikasi tersebut hanya mampu menampilkan kondisi pembacaan dalam waktu nyata namun tidak dapat melakukan perekaman riwayat data secara berkelanjutan. Hal ini mengakibatkan sulit untuk diketahui kondisi-kondisi anomali yang mungkin terjadi.

Penelitian tersebut berfokus pada pemantauan konsumsi listrik, bukan pada sumber penggunaannya sedangkan pada penggunaan PLTS penting untuk memastikan kondisi sumber energi memiliki kemampuan yang baik dalam memenuhi kebutuhan beban. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan pengawasan pada sumber energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengawasi kondisi sumber energi pada PLTS khususnya baterai agar dapat mendeteksi dini adanya gangguan. Penelitian ini juga melakukan pemutusan konsumsi energi untuk menghindari terjadinya *Deep of Discharge* (DoD) berlebihan. DoD merupakan kondisi persentase kapasitas baterai yang telah digunakan terhadap kapasitas totalnya. Semakin dalam DoD yang diterapkan pada baterai dapat memperpendek usia penggunaan baterai [14]. DoD yang baik tidak lebih dari 75% [15]. Sistem ini juga dilengkapi dengan perekaman riwayat menggunakan Spreadsheet untuk memudahkan analisis lebih lanjut.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap meliputi rumusan masalah, analisis kebutuhan, analisis kerja sistem, perancangan, dan pengujian seperti pada Gambar 1. Secara garis besar, penelitian ini menggunakan metode rancang bangun sistem monitoring sistem. Pada perancangan tersebut dilakukan berbagai eksperimen untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Adapun langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Sebagai langkah awal, permasalahan dirumuskan terlebih dahulu untuk membantu memahami dan menentukan permasalahan yang harus diselesaikan.
- b. Dari permasalahan yang telah diurai selanjutnya ditentukan berbagai kebutuhan untuk menyelesaikan permasalahan. Kebutuhan yang dianalisis meliputi kebutuhan energi yang dibutuhkan agar sistem dapat digunakan untuk penyiraman tanaman menggunakan metode driptape dan dapat dilakukan pengawasan terhadap kebutuhan energi tanpa mengandalkan sumber energi listrik dari PLN. Selain itu kebutuhan *hardware* dan *software* serta fungsionalitas sistem, khususnya dalam hal pengawasan energi juga dilakukan.
- c. Tahap analisis kinerja sistem dilakukan dengan menentukan cara kerja serangkaian alat agar sistem dapat bekerja dengan baik dan dapat dilakukan pengawasan dari jarak jauh.
- d. Perancangan sistem dilakukan dengan beberapa tahap:
  - Pengukuran terhadap kebutuhan beban yang digunakan agar diketahui besaran energi yang dibutuhkan.
  - Desain alat baik alur kerja sistem, konektivitas antar perangkat, dan juga desain *interface*.

- Perakitan serangkaian komponen panel surya, baterai, mikrokontroler, sensor-sensor, dan beban yang digunakan.
  - Perangkat PLTS yang terdiri dari papan panel surya, baterai, SCC, dan inverter diintegrasikan dengan perangkat IoT seperti mikrokontroler, sensor-sensor, dan aktuator yang terhubung dengan aplikasi melalui koneksi internet agar kinerja perangkat dapat dipantau secara langsung.
- Dengan sistem ini, pengumpulan data dapat dilakukan melalui pembacaan sensor PZEM terhadap arus dan tegangan baterai. Sensor arus dan tegangan membaca aliran pada beban. Nilai yang terbaca ditampilkan pada halaman aplikasi Blynk dan Spreadsheet. Data yang terbaca dianalisis dengan memantau kinerja penggunaan baterai khususnya pada variabel tegangan.
- e. Tahap pengujian bertujuan untuk menemukan galat pada sistem. Pengujian dilakukan dengan menguji akurasi sensor PZEM, kinerja perangkat keras, dan perangkat lunak. Pada pengujian akurasi sensor dilakukan pembacaan nilai yang tampil pada aplikasi dan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur multimeter. Kinerja perangkat lunak diuji dengan melihat kesesuaian hasil pembacaan nilai yang terbaca oleh sensor pada aplikasi. Kinerja perangkat keras dilakukan dengan mengukur performa baterai pada siang dan malam hari. Selain itu juga memastikan baterai dapat memutus aliran listrik secara otomatis saat tegangan baterai mencapai batas terendah yang telah ditentukan. Pada pengujian ini diharapkan akurasi sensor PZEM mencapai 90%, sistem dapat memutus aliran listrik dari baterai ke beban pada saat tegangan kurang dari 11V. Data yang terbaca oleh sensor akan direkam dan ditampilkan pada Spreadsheet setiap 3 menit.



Gambar 1. Diagram Metode Penelitian

### 2.1. Rumusan Masalah

Penerapan teknologi tepat guna untuk memberikan listrik mandiri pada lahan pertanian yang tidak hanya menampilkan kondisi sumber energi pada PLTS dan memutus aliran secara otomatis namun juga mencatat histori data melalui Spreadsheet untuk memudahkan dalam analisis data. Data yang direkam meliputi daya pada baterai, kondisi tegangan dan arus baterai, tegangan dan arus yang masuk ke baterai dari PLTS maupun yang keluar ke beban, dan melakukan putus jalur pada baterai saat batas-batas tegangan baterai mencapai batas kritis dan menyambungkan kembali saat baterai berada pada batas tegangan normal.

### 2.2. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan energi untuk alat irigasi air otomatis. Selain itu dilakukan analisis juga terhadap kebutuhan baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Analisis perangkat keras untuk sistem irigasi air otomatis tidak hanya berupa baterai saja namun juga sistem minimum yang terintegrasi dengan sensor aktuator yang dikendalikan secara jarak jauh dan dapat memberikan informasi secara *online*. Sistem minimum tersebut disuplai dengan menerapkan sumber listrik mandiri berupa PLTS. Analisis perangkat lunak yang diperlukan berupa aplikasi yang mampu berkomunikasi untuk dapat menampilkan semua informasi perangkat keras pada alat irigasi otomatis tersebut dan informasi tersebut dapat terkumpul dalam sebuah data harian secara *real time* dari kejadian proses tiap harinya.

### 2.3. Analisis Kerja Sistem

Analisis kerja sistem dirancang untuk mendapatkan kerja sistem yang saling terkoneksi atau terintegrasi sesuai dengan data alat kemudian dikirimkan secara online ke aplikasi. Data tersebut meliputi pembacaan sensor-sensor, kerja aktuator, pengiriman data, dan kendali secara jarak jauh dengan aplikasi mobile *online*. Sensor pada alat irigasi ini terpasang pada baterai dan keluaran inverter.

Sensor arus dan sensor tegangan pada baterai terpasang untuk mengetahui kondisi baterai dan sensor arus AC pada keluaran inverter ke beban untuk mengetahui tegangan dan arus yang digunakan pada beban. Sensor-sensor tersebut digunakan sebagai inputan ke sistem dalam menjalankan aktuator solenoid valve dan relay diantaranya saat tegangan dan arus baterai mencapai titik rendah yaitu 11 V maka relay akan memutus aliran listrik ke beban seperti lampu, solenoid, dan modem *rechargeable*. Hal tersebut untuk menjaga keawetan baterai pada PLTS.

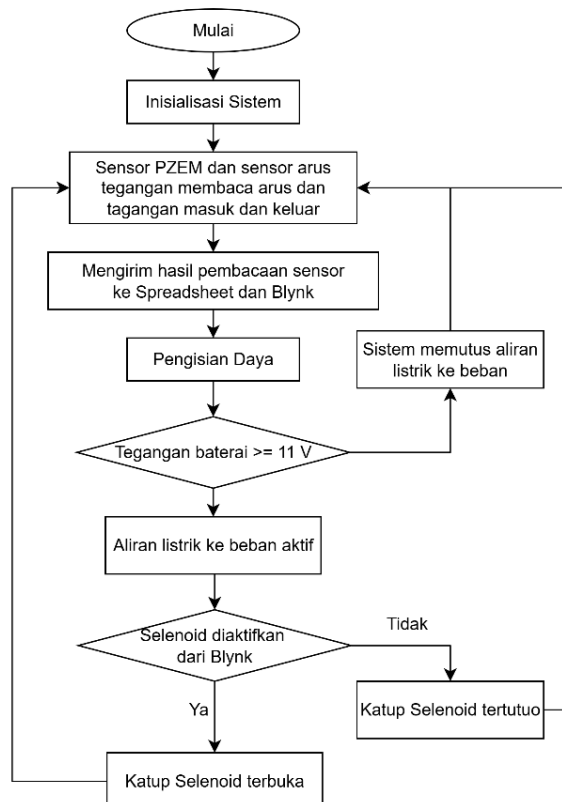
Adapun alur kerja sistem seperti pada Gambar 2 diawali dengan inialisasi sistem, di mana seluruh komponen elektronik dihidupkan dan dipersiapkan. Setelah inialisasi, sistem mulai membaca data dari beberapa sensor: sensor daya PZEM-004T untuk mengukur arus dan tegangan, serta sensor arus dan tegangan tambahan. Sensor-sensor ini mengukur daya yang masuk (dari sumber) dan daya yang keluar (ke beban). Hasil pembacaan dari sensor kemudian dikirimkan secara *real time* ke dua platform: spreadsheet (kemungkinan Google Sheets atau Excel) untuk pencatatan dan analisis data, serta ke aplikasi Blynk, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna (*user interface*). Pengiriman data ini terus berlangsung selama sistem beroperasi.

Selanjutnya, alur kerja berfokus pada kondisi baterai. Sistem melakukan pengecekan tegangan baterai. Jika tegangan baterai lebih rendah dari 11 V, sistem akan memutuskan aliran listrik ke beban untuk mencegah kerusakan baterai akibat *over discharge*. Jika tegangan baterai sama dengan atau lebih tinggi dari 11 V, aliran listrik ke beban tetap aktif.

Pada tahap terakhir, sistem mengecek kondisi katup solenoid. Jika katup solenoid diaktifkan melalui aplikasi Blynk, katup akan terbuka sehingga memungkinkan terjadinya penyiraman. Sebaliknya, jika tidak diaktifkan, katup solenoid akan tetap tertutup. Secara keseluruhan, sistem ini beroperasi untuk memantau dan mengendalikan penggunaan energi, sambil memastikan baterai tidak rusak dan menjalankan fungsi tambahan seperti penyiraman, semuanya dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk.

#### 2.4. Perancangan

Alat irigasi otomatis dirancang dengan sumber listrik mandiri menggunakan perangkat PLTS berupa inverter, baterai, panel surya, dan modul *solar charger control* (SCC). Perangkat PLTS terintegrasi ke mikrokontroler WeMos sebagai sistem minimum pembacaan sensor dan kendali aktuator dalam irigasi air otomatis dengan konsep *Internet of Things* (IoT). Pemanfaatan sumber listrik mandiri ini tidak hanya untuk mengaktifkan rangkaian panel surya dan sensor-sensor yang bekerja melakukan pembacaan data-data namun juga digunakan sebagai sumber energi pada modem WiFi (*Wireless Fidelity*) untuk komunikasi data sehingga memungkinkan untuk dilakukan pengawasan jarak jauh melalui koneksi internet. Sistem minimum juga dapat mengirimkan informasi ke aplikasi mobile blynk dan Spreadsheet seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur Proses Sistem

Perangkat yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan di lahan pertanian dengan sistem penyiraman drip tape adalah seperti pada Tabel 1. Perangkat-perangkat yang digunakan diantaranya solenoid valve, lampu DC, modem internet, inverter, stepdown DC, mikrokontroler, dan sensor-sensor arus dan tegangan.

Tabel 1. Kebutuhan Beban Harian

Perangkat	Daya (watt)	Waktu nyala (jam/hari)	Energi Harian (Wh) (Watt x jam)
Solenoid valve	2,2	2	4,4
Lampu DC	10	3	30
Modem internet	12	24	288
Inverter	35	9	315
Step Down DC	5	24	120
Mikrokontroler dan sensor	3	24	72
<b>Total</b>			<b>829,4</b>

Dengan besaran kebutuhan harian yang telah diuraikan maka kebutuhan panel surya dapat dihitung dan ditentukan menggunakan nilai efisiensi sebesar 25%. Hal ini bertujuan untuk mendukung pasokan energi yang lebih stabil. Pasokan energi dapat dipengaruhi oleh cuaca, kerugian daya, kualitas kabel dan komponen yang digunakan. Perhitungan kebutuhan energi yang harus diproduksi dihitung seperti perhitungan pada persamaan (1).

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan energi} &= \text{besaran energi harian} \times \text{besaran efisiensi} & (1) \\
 &= 829,4 \times 25\% \\
 &= 207,35 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

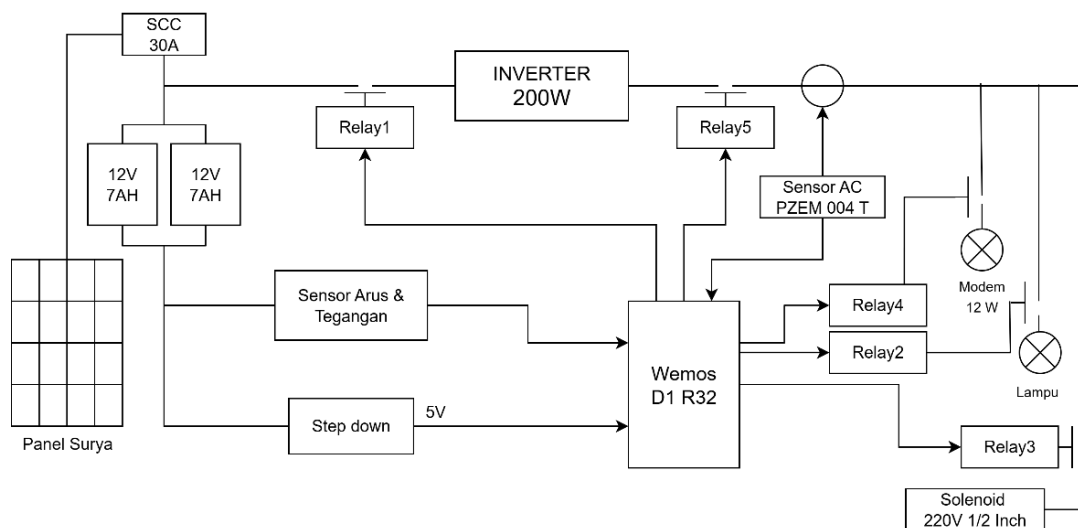
Penyinaran matahari di Indonesia yang efektif dan memiliki intensitas radiasi matahari mencapai yang cukup tinggi (optimal) berkisar 3.5 hingga 5 jam perhari. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca, kemiringan panel, letak geografis, debu dan kotoran yang menempel pada panel. Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut maka nilai penyinaran efektif yang digunakan untuk menghitung perencanaan PLTS ini sebesar 4 jam per hari, maka daya panel surya yang dibutuhkan minimum menggunakan perhitungan pada persamaan (2).

$$\frac{207,35 \text{ Wh}}{4 \text{ jam}} = 51,84 \text{ Wp} \quad (2)$$

Jumlah baterai yang diperlukan untuk menentukan perancangan ini ditentukan dengan melakukan perhitungan seperti pada persamaan (3):

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baterai} &= \frac{\text{jumlah kebutuhan daya harian}}{\text{daya baterai yang digunakan}} & (3) \\
 &= \frac{207,35 \text{ Wh}}{7 \text{ A} \times 12 \text{ v}} = 2,47
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, peneliti menggunakan 2 baterai untuk menguji kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan harian. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dilakukan perancangan sistem seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Alat.

Sistem yang dirancang memiliki fungsi pengukuran pada kelistrikan utama yaitu pencatatan data tegangan masuk ke baterai, tegangan masuk ke inverter, arus masuk ke inverter, arus ke berbagai beban. Secara operasional sistem ini juga mengukur parameter listrik AC seperti arus, tegangan, daya, dan energi yang disuplai oleh inverter ke beban AC. Mikrokontroler berupa Wemos D1R32 sebagai pusat kendali dapat mengendalikan pasokan daya AC, aliran air untuk penyiraman, mengelola komunikasi, mengaktifkan dan mematikan lampu.

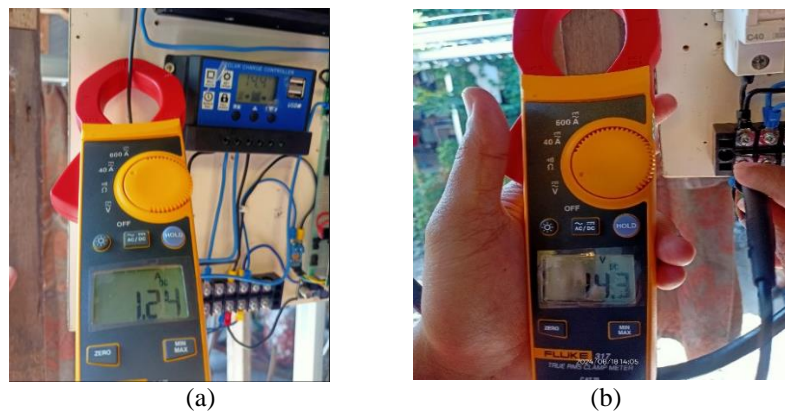
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan sistem diimplementasikan dengan merangkai perangkat yang digunakan pada sistem monitoring ini. Rangkaian tersebut menghubungkan panel surya yang menghasilkan energi listrik DC dan masuk ke SCC 30A. SCC berfungsi untuk mengatur pengisian ke baterai untuk mencegah terjadinya *over charge*. Input yang diterima oleh panel disalurkan SCC dan mengalirkannya ke baterai. Dua buah baterai sebesar 12V 7AH dirangkai secara paralel untuk menghasilkan kapasitas yang lebih besar yaitu 12V 14AH. Selanjutnya baterai menyimpan energi dimana ini menjadi sumber energi utama yang digunakan untuk mengaktifkan beban seperti inverter, mikrokontroler, sensor arus dan tegangan. Inverter bekerja mengubah tegangan DC menjadi AC dan digunakan untuk mengaktifkan beban seperti selenoid, lampu, dan modem. Sensor-sensor seperti sensor arus dan tegangan digunakan untuk membaca nilai yang mengalir dari baterai ke beban sedangkan sensor PZEM digunakan untuk membaca nilai arus dan tegangan dari inverter ke beban.

Untuk mengetahui keandalan perangkat sensor dan kinerja sistem, dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya uji akurasi sensor yang dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang terbaca oleh sensor yang ditampilkan melalui halaman Blynk dan dicatat pada Spreadsheet dengan hasil pengukuran pada multimeter. Sedangkan kinerja sistem diuji dengan mengaktifkan rangkaian untuk kebutuhan penyiraman dan penggunaan beban sesuai dengan kebutuhan beban harian yang telah ditentukan.

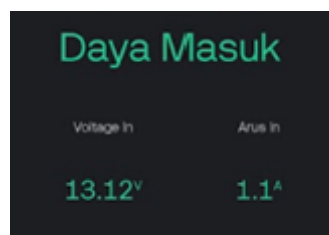
a. Pengujian tegangan dan arus dari panel surya ke SCC.

Pengukuran dilakukan pada tegangan dan arus listrik yang masuk dari PS (Panel Surya) ke baterai saat melakukan pengisian menggunakan modul SCC, modul sensor, dan alat ukur multimeter untuk mengetahui arus dan tegangan. Pengukuran menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan dan arus dari Panel Surya seperti Gambar 4 yaitu nilai tegangan sebesar 14,3 V dan arus sebesar 1,24 A.



Gambar 4. Pengukuran Multimeter Panel Surya (a) Arus (b) Tegangan

Secara bersamaan dilakukan pemantauan pada aplikasi Blynk yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada pengukuran tegangan terdapat selisih sebesar 1,18 V dan arus sebesar 0,14 A.



Gambar 5. Pemantauan Arus dan Tegangan Mauk pada Aplikasi Blynk

Hasil pengukuran juga dilakukan pada daya AC maupun DC. Adapun hasil pengukuran terhadap daya AC disajikan pada Tabel 2. Pengukuran juga dilakukan terhadap arus pada beban yang disajikan pada Tabel 3

Tabel 2. Hasil Pengukuran Terhadap Daya AC

Komponen	Arus		Tegangan	
	Sensor	Multimeter	Sensor	Multimeter
Inverter	0,03	0,03	13,1	13,1
Batre ke Inverter	1,07	1,06	14,78	14,5

Tabel 3. Hasil Pengukuran Terhadap Beban

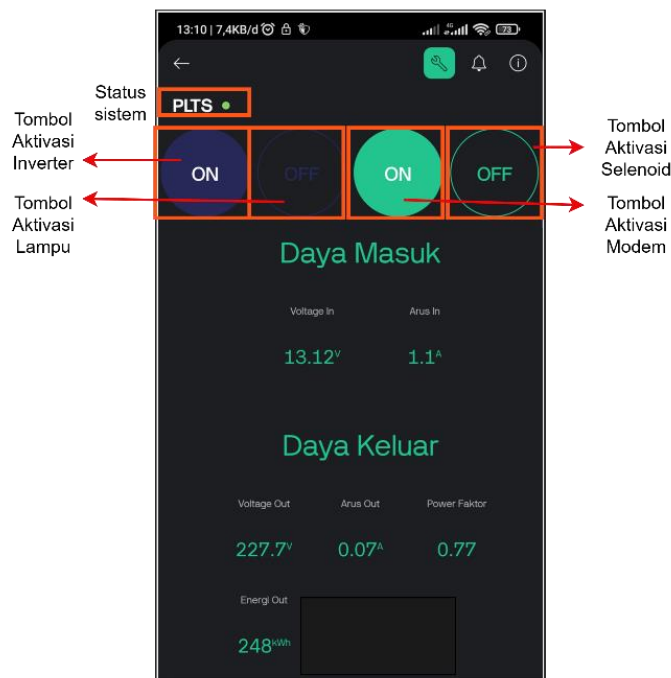
Komponen	PZEM-004T	Pengukuran Multimeter	Selisih	Error (Selisih/Pengukuran)
Lampu 24w	0,06	0,06	0	0
Lampu 24w + Selenoid	0,08	0,07	0,01	0,14
Selenoid	0,05	0,03	0,02	0,67
Lampu 9W dan selenoid	0,05	0,04	0,01	0,25
lampu 15w	0,03	0,04	0,01	0,25
lampu 15w dan selenoid	0,05	0,05	0	0
<b>Rata-rata</b>				<b>0,218</b>

Akurasi sensor PZEM dihitung dengan membandingkan selisih pembacaan nilai dengan nilai pengukuran pada multimeter. Perhitungan uji akurasi sensor dilakukan menggunakan persamaan (4).

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= (1 - \text{rata - rata error}) \times 100\% \\
 &= (1 - 0,218) \times 100\% \\
 &= (0,782) \times 100\% \\
 &= 78,2\%
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

b. Pengujian monitoring dan kendali pada Blynk.

Aplikasi Blynk digunakan untuk mengaktifkan dan mematikan inverter, lampu, selenoid, dan modem. Selain itu Blynk juga digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor terhadap tegangan dan arus pada baterai maupun pada beban. Pengukuran dari pembacaan sensor tegangan dan sensor arus dikirim sistem secara online untuk ditampilkan hasilnya melalui aplikasi blynk, seperti pada Gambar 6. Pada tampilan aplikasi menampilkan status perangkat yang ditandai dengan indikator berwarna hijau. Aplikasi Blynk dapat digunakan untuk mengendalikan aliran baterai ke inverter, aliran inverter ke beban, mengaktifkan dan mematikan pompa penyiraman, dan lampu. Selain itu aplikasi Blynk juga menampilkan informasi kondisi arus dan tegangan masuk baik AC maupun DC.



Gambar 6. Pembacaan Arus dan Tegangan di Blynk

Pengujian tombol pada aplikasi Blynk dilakukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing tombol terhadap respon aktuator yaitu Relay1, Relay2, Relay3, dan Relay4. Hasil pengujian fungsi tombol pada aplikasi Blynk dapat dilihat pada Tabel 4. Tombol kendali terhadap beban dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan yaitu mengaktifkan dan mematikan setiap perangkat yang digunakan.

Tabel 4. Pengujian Respon Aktuator

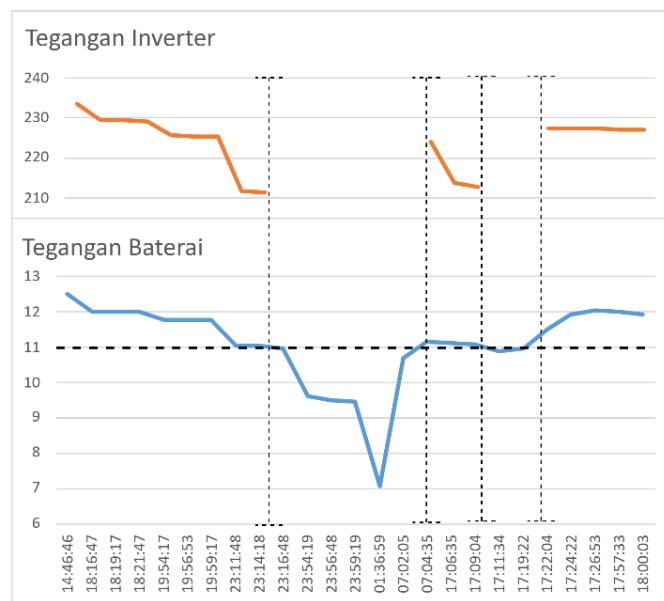
Komponen pada aplikasi	Perangkat	Respon
Tombol Aktivasi Inverter On	Relay 1 (Inverter)	Aktif
Tombol Aktivasi Inverter Off	Relay 1 (Inverter)	Tidak Aktif
Tombol Aktivasi Lampu On	Relay 2 (Lampu)	Aktif
Tombol Aktivasi Lampu Off	Relay 2 (Lampu)	Tidak Aktif
Tombol Aktivasi Selenoid On	Relay 3 (Selenoid)	Aktif
Tombol Aktivasi Selenoid Off	Relay 3 (Selenoid)	Tidak Aktif
Tombol Aktivasi Modem On	Relay 4 (Modem)	Aktif
Tombol Aktivasi Modem Off	Relay 4 (Modem)	Tidak Aktif

c. Pengujian batasan tegangan baterai.

Pengujian batasan tegangan baterai dilakukan untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan stabil. Pengujian ini berhasil memverifikasi bahwa sistem dapat berfungsi dengan normal ketika tegangan baterai mencapai 11V. Pada kondisi ini sistem dapat mengaliri listrik terhadap beban aktif. Pada kondisi baterai kurang dari 11V sistem menonaktifkan semua beban. Mekanisme ini merupakan bentuk perlindungan untuk mencegah baterai mengalami *over discharge*. Grafik pembacaan tegangan baterai dan inverter yang bertugas mengalirkan listrik terhadap beban dapat dilihat pada Gambar 7. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara tegangan baterai (garis biru) dan tegangan inverter (garis oranye) dalam rentang waktu dua hari. Hari pertama dimulai pada jam 14:46:46 dan berakhir di hari kedua pada jam 18:00:03.

Pada periode awal (hari pertama jam 14:46:46 sampai jam 23:14:18), tegangan baterai berada di atas batas 11V yang ditunjukkan dengan garis putus-putus hitam. Selama waktu ini, sistem beroperasi normal dan tegangan inverter stabil di kisaran 220-230V untuk mengaliri listrik ke beban aktif. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik saat kondisi daya baterai optimal.

Sekitar pukul 23:14 hingga 07:04:35, tegangan baterai mulai turun di bawah 11V. Pada kondisi ini sistem memutuskan aliran listrik ke beban. Hal ini ditunjukkan oleh tidak munculnya grafik tegangan inverter (garis oranye). Respons ini membuktikan bahwa mekanisme perlindungan tegangan rendah bekerja dengan efektif, mencegah baterai mengalami *over discharge*.



Gambar 7. Grafik Pembacaan Tegangan Baterai dan Inverter

d. Pengujian penggunaan baterai.

Pengujian penggunaan baterai dilakukan untuk menentukan keandalan dan durasi suplai daya. Pengujian ini dilakukan khususnya pada periode tanpa adanya radiasi cahaya matahari. Data yang tercatat pada Spreadsheet menunjukkan pengujian yang dilakukan selama dua hari yaitu hari ke-1 dimulai pada jam 11:08:05 dan berakhir pada hari ke-2 jam 18:00:03 Pada awal pengujian, hari ke-1 di jam 11:08:05 hingga jam 14:43:00 tanpa beban, baterai berada pada kondisi 12V hingga 12,96V. Hal ini dilakukan untuk memaksimalkan pengisian baterai. Pada jam 14:46:46 beban mulai diaktifkan untuk mengetahui kemampuan baterai dalam menyuplai energi. Pada kondisi ini selanjutnya kondisi baterai terus menurun seiring dengan penggunaannya terhadap beban dan berkurangnya radiasi cahaya matahari namun baterai masih memiliki tegangan di atas 11V. Penurunan tegangan menjadi 11.77V pada pukul 19:56:53. Pada jam 23:14:18, tegangan tercatat 11.03V. Meskipun masih di atas ambang batas, hal ini mengindikasikan bahwa baterai sudah mendekati batas bawah kapasitasnya. Penurunan masih terus terjadi hingga mencapai 10,98V pada pukul 23:16:48. Pada kondisi ini (tegangan baterai kurang dari 11V) sistem memutuskan aliran listrik ke lampu, selenoid, dan modem namun mikrokontroler masih berada dalam kondisi stand by. Tegangan baterai terus menurun drastis ke angka mencapai 7.08 V pada jam 01:36:59 keesokan harinya (hari ke-2). Penurunan tegangan hingga mencapai 7V, menunjukkan terjadinya *deep discharge* dengan kondisi yang sangat parah. Kondisi ini dapat mempengaruhi kesehatan baterai dan dapat memperpendek umur pakai baterai. Pengisian baterai dimulai pada esok harinya (hari ke-2) hingga pada jam 07:04:05 dengan tegangan baterai yang tercatat sebesar 11,16V dan kembali dapat bekerja secara optimal (di atas 11V) hingga jam 17:09:04. Selanjutnya, baterai mengalami penurunan akibat penggunaannya terhadap beban namun masih melakukan pengisian terhadap baterai karena masih mendapat pencahayaan dari sinar matahari hingga sekitar jam 17.57 dengan tegangan sebesar 12V. Rekaman pembacaan data dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekaman Pembacaan Sensor

Waktu	Tegangan Baterai	Arus Baterai	Tegangan AC Inverter	Arus pada beban	Daya pada Beban	Energi Beban Keluar	Frekuensi	Power Faktor
<b>Tanggal 10 Juli 2024</b>								
11:08:05	12,77V	1,03A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf
11:10:35	12,81V	1,04A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf
...								
11:20:35	12,83V	1,04A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf
...								
14:43:28	12,96V	1,05A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf
14:46:46	12,49V	1,01A	233,50 V	0,09 A	0,70 W	0,07 kWh	49,20 Hz	0,03pf
...								
18:16:47	12,01V	0,97A	229,40 V	0,08 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
18:19:17	12,00V	0,97A	229,30 V	0,08 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
18:21:47	11,99V	0,97A	229,20 V	0,08 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
...								
19:54:17	11,79V	0,95A	225,60 V	0,08 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
19:56:53	11,77V	0,95A	225,50 V	0,08 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
19:59:17	11,78V	0,95A	225,40 V	0,08 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,03pf
...								
23:11:48	11,04V	0,89A	211,90 V	0,07 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
23:14:18	11,03V	0,89A	211,30 V	0,07 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
23:16:48	10,98V	0,89A	210,70 V	0,07 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
...								
23:54:19	9,61V	0,78A	185,30 V	0,06 A	0,50 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
23:56:48	9,49V	0,77A	93,20 V	0,06 A	0,40 W	0,07 kWh	50,40 Hz	0,08pf
23:59:19	9,48V	0,77A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf

Waktu	Tegangan Baterai	Arus Baterai	Tegangan AC Inverter	Arus pada beban	Daya pada Beban	Energi Beban Keluar	Frekuensi	Power Faktor
Tanggal 11 Juli 2024								
...								
01:36:59	7,08V	0,57A	nan V	nan A	nan W	nan kWh	nan Hz	nanpf
...								
07:02:05	10,69V	0,86A	224,10 V	0,08 A	0,80 W	0,07 kWh	49,40 Hz	0,05pf
07:04:35	12,16V	0,98A	224,10 V	0,08 A	0,80 W	0,07 kWh	49,40 Hz	0,05pf
...								
17:06:35	11,12V	0,90A	213,80 V	0,07 A	0,70 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
17:09:04	11,09V	0,90A	212,90 V	0,07 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
17:11:34	10,99V	0,89A	211,90 V	0,07 A	0,60 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,04pf
...								
17:29:04	9,52V	0,77A	93,80 V	0,06 A	0,40 W	0,07 kWh	49,60 Hz	0,08pf
17:24:22	11,92V	0,96A	227,40 V	0,08 A	0,80 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,05pf
17:26:53	12,06V	0,97A	227,40 V	0,08 A	0,80 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,05pf
...								
17:57:33	12,00V	0,97A	227,10 V	0,09 A	1,10 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,05pf
18:00:03	11,93V	0,96A	227,10 V	0,09 A	1,10 W	0,07 kWh	49,30 Hz	0,05pf

Berdasarkan pengujian yang dilakukan selama 30 jam menunjukkan sistem dapat memutus aliran listrik ke beban pada saat tegangan baterai kurang dari 11V. Dari sisi waktu, baterai hanya dapat bekerja secara optimal pada siang hari yaitu di rentang waktu antara jam 07.00 hingga 17.00. Sedangkan saat panel surya tidak mendapat cahaya, baterai hanya mampu bertahan sekitar 5 jam.

Pengujian tersebut sekaligus untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan baik dalam batasan tegangan baterai yang telah ditentukan, baik saat baterai dalam kondisi tegangan normal maupun saat tegangan berada di bawah batas minimum. Pada saat tegangan baterai mencapai 11V, sistem dapat digunakan untuk mengaliri listrik terhadap beban yang digunakan. Sedangkan saat tegangan baterai kurang dari 11V, sistem secara otomatis memutus aliran listrik terhadap beban sehingga beban menjadi tidak aktif. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme perlindungan tegangan rendah bekerja dengan benar.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem monitoring energi yang dibangun berhasil memantau kondisi tegangan pada baterai sebagai sumber energi PLTS yang digunakan pada sistem penyiraman tanaman. Daya baterai dapat dilihat melalui aplikasi Blynk maupun spreadsheet. Berdasarkan kebutuhan energi harian sebesar 829,4 Wh dan sistem yang dibangun menggunakan 2 buah baterai 12V 7A didapatkan bahwa sistem dapat bekerja dengan stabil pada saat panel surya masih menrima cahaya matahari namun tidak efisien digunakan pada malam hari. Sistem juga dapat memberikan respon secara otomatis pada saat baterai mencapai batas titik kritis yaitu 11V dengan cara mematikan aliran listrik ke beban jika tegangan baterai kurang dari 11V. Respon ini penting untuk mencegah *Depth of Discharge* (DoD) berlebihan. Keterbatasan dari studi ini adalah kapasitas baterai yang saat ini terbatas sehingga tidak cukup untuk menyimpan energi yang memadai guna mendukung operasional 24 jam. Penelitian ini terjadi kondisi *Deep Discharge* terjadi pada malam hari. Namun penggunaan baterai tersebut dapat digunakan pada lahan pertanian yang menerapkan penyiraman hanya pada siang hari.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi 2024 yang telah memberikan dukungan dana untuk penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Taif, M. Y. H. Abbas, and M. Jamil, "Penggunaan Sensor ACS712 dan Sensor Tegangan untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM shield," May 2019. [Online]. Available: [www.TheEngineeringProjects.com](http://www.TheEngineeringProjects.com)
- [2] A. F. Dalimunthe, Rahmani, and S. Anisah, "Perancangan Solar Charge Controller (SCC) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 600 Wp untuk Rumah Tinggal".

- [3] G. P. C. Handani, B. S. Gumilang, and A. Zuroida, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, Oct. 2022.
- [4] E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16–30, Mar. 2019.
- [5] M. Anugrah, "Irigasi Tetes (Drip Tape) Solusi Hemat Air di Musim Kemarau."
- [6] M. Aksa, Radhiah, and N. Safitri, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian Sebagai Alternatif Sumber Energi," *Jurnal Tekro*, vol. 8, no. 2, Sep. 2024.
- [7] R. N. Rohmah and R. Rahmaddi, "Sistem Keamanan dan Pengairan Ladang Pertanian Berbasis IoT," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 21, no. 02, 2021.
- [8] R. Saydi, "Monitoring Curah Hujan dan Kelengasan Tanah Lahan Pertanian Menggunakan Sensor Berbasis Internet of Think (IoT) sebagai Dasar Pertanian Presisi," *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, vol. 6, no. 1, pp. 25–31, Apr. 2021.
- [9] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, D. Ryan Hidayat, and Sulistiyono, "Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis Internet of Things," *Jurnal PROSISKO*, vol. 9, no. 1, Mar. 2022.
- [10] A. Wasono *et al.*, "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 (JPkMN)*, vol. 5, no. 2, pp. 1985–1989, 2024, doi: 10.55338/jpkmn.v5i2.3145.
- [11] S. N. Utama, W. Hariyanto, and N. D. Priandani, "Renewable Energy Transformation Using Solar Panels in The Red Tilapia Intensive System community," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, vol. 9, no. 4, Nov. 2024.
- [12] I. R. Zidane, Abdurrahman, and N. Alfarizal, "Monitoring Arus dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Thing di Azone Hidroponik," *Teliska*, vol. 18, no. 1, Mar. 2025, doi: 10.5281/zenodo.15052163.
- [13] Shafa, Y. Wijanarko, Annisa, and M. N. Faizi, "Analisis Kebutuhan Daya PLTS Off-Grid dalam Mendukung Sistem Monitoring Lingkungan Aeroponik Berbasis Internet Of Things," *Teliska*, vol. 18, no. 11, Jul. 2024, doi: 10.5281/zenodo.13119022.
- [14] M. M. Wanimbo *et al.*, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid dengan Proteksi Baterai," *Scientific Journal Widya Teknik*, vol. 22, no. 2, 2023.
- [15] Yamato and B. B. Rijadi, "Analisis Kebutuhan Modul Surya dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU)," *JET Jurnal Elektro Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 30–38, Mar. 2021.

