

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET OF
THINGS**

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

^{1,2}Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Jl. Dukuh Menanggal XII, Dukuh Menanggal, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60234

email: farrosyzamir@gmail.com, sagita@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Isu utama keterbatasan energi fosil dan tingginya konsumsi listrik mendorong penelitian ini untuk mengatasi tantangan monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga. Dengan pendekatan eksperimen, sistem berbasis Internet of Things (IoT) dirancang menggunakan panel surya 50 Wp, sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, dan aplikasi Blynk untuk pemantauan data real-time. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini berhasil mengukur parameter listrik dengan akurasi tinggi, memiliki selisih rata-rata kurang dari 5%. Sistem ini juga mampu menghasilkan daya maksimum 33,77 W pada kondisi optimal. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan efektivitas sistem yang dirancang untuk mendukung efisiensi energi rumah tangga dan mempercepat transisi energi terbarukan.

Kata Kunci: PLTS, IoT, PZEM Sensor, ESP32, Blynk

ABSTRACT

The primary issues of limited fossil fuels and rising electricity consumption drive this research to address the monitoring challenges of household-scale solar power plants (PLTS). Using an experimental approach, this study designs an Internet of Things (IoT)-based system. The system integrates a 50 Wp solar panel, a PZEM-017 sensor, an ESP32 microcontroller, and the Blynk application for real-time data monitoring. Test results show the system accurately measures electrical parameters with a high degree of precision, with an average difference of less than 5% compared to manual measurements. The system also generated a maximum output of 33.77 W under optimal conditions. This study validates the system's effectiveness in monitoring PLTS performance to enhance household energy efficiency and accelerate the adoption of renewable energy.

Keywords: PLTS, IoT, PZEM Sensor, ESP32, Blynk

PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi kebutuhan vital dalam kehidupan modern, esensial untuk menggerakkan roda perekonomian dan mendukung aktivitas sehari-hari di tingkat rumah tangga maupun industri. Namun, ketergantungan yang tinggi pada energi fosil masih menjadi tantangan utama. Persediaan energi fosil yang semakin menipis dan dampak negatifnya terhadap lingkungan, terutama dalam bentuk emisi gas rumah kaca, telah mendorong adanya urgensi untuk beralih ke sumber energi yang lebih bersih. Data dari Kementerian ESDM menunjukkan bahwa konsumsi listrik per kapita Indonesia pada tahun 2023 mencapai 1.285 kWh dan diproyeksikan meningkat menjadi 1.408 kWh pada tahun 2024 [1], [2]. Peningkatan konsumsi yang signifikan ini menuntut pasokan energi alternatif yang berkelanjutan untuk menjamin ketahanan energi nasional.

Salah satu solusi paling menjanjikan adalah pemanfaatan energi terbarukan, dengan energi surya sebagai kandidat utama di Indonesia. Negara ini memiliki potensi energi surya yang sangat besar, dengan rata-rata radiasi matahari mencapai 4,8 kWh/m² per hari, setara dengan potensi total 112.000 GWp. Meskipun demikian, pemanfaatannya masih sangat minim, hanya sekitar 0,092 GWp, [3], [4] menunjukkan adanya kesenjangan besar antara potensi dan realisasi. Untuk mengatasi tantangan tersebut, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap telah muncul sebagai inisiatif strategis untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga secara mandiri.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap telah muncul sebagai inisiatif strategis untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga secara mandiri. Meskipun demikian, implementasinya masih menghadapi kendala, terutama dalam hal monitoring konsumsi

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

daya secara real-time. Hal ini menyulitkan pengguna untuk mengoptimalkan pemakaian energi dan menghitung potensi penghematan listrik yang sesungguhnya [5]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam monitoring energi. Penelitian [6] mengembangkan sistem IoT untuk PLTS rumah tangga, namun terbatas pada pencatatan data tanpa fitur pemberitahuan [7]. Di sisi lain, [8] menggunakan ESP8266 untuk memonitor konsumsi listrik PLN, tetapi belum diaplikasikan pada sistem PLTS [9]. Sementara itu, memanfaatkan NodeMCU ESP32 dengan aplikasi Blynk, namun sistem yang mereka rancang belum mampu mengintegrasikan pengukuran tegangan dan arus secara simultan, yang penting untuk perhitungan daya yang akurat.

Celah-celah penelitian ini menggaris bawahi perlunya rancangan sistem monitoring PLTS rumah tangga yang lebih komprehensif dan efisien. Berdasarkan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk: 1. merancang sistem monitoring berbasis IoT pada PLTS skala rumah tangga, 2. mengukur rata-rata konsumsi energi listrik yang dihasilkan PLTS, serta 3. mengidentifikasi potensi penghematan energi. Sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi praktis bagi masyarakat dalam mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan, meningkatkan efisiensi, dan mendukung transisi energi berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tahapan perancangan, perakitan, dan pengujian sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga yang dilengkapi sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT).

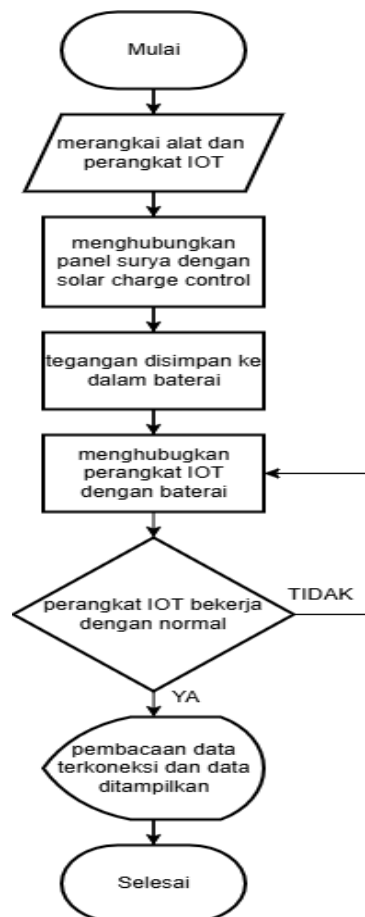
A. Flowcharts

Flowchart digunakan untuk memberikan gambaran alur kerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT) secara terstruktur. Pada tahap awal, panel surya menerima cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik arus searah (DC). Energi yang dihasilkan selanjutnya dialirkan menuju Solar Charge Controller (SCC) untuk diatur dan distabilkan sebelum disimpan pada baterai VRLA. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi agar listrik dapat digunakan ketika intensitas cahaya matahari rendah atau pada malam hari. Dengan penyajian dalam bentuk flowchart, proses kerja sistem dapat dipahami secara lebih sederhana dan sistematis.

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 72-85



Gambar 1. FLOWCHART PENELITIAN

Setelah tahap penyimpanan energi, aliran listrik dari baterai akan digunakan untuk beban rumah tangga berdaya kecil. Arus yang keluar melewati sensor PZEM-017 untuk mengukur tegangan, arus, dan daya secara real-time. Data yang diperoleh kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32, yang sekaligus mengirimkan informasi melalui jaringan Wi-Fi. Selanjutnya, data ditampilkan pada aplikasi Blynk dalam smartphone pengguna. Dengan demikian, flowchart ini tidak hanya menjelaskan alur energi dari sumber hingga beban, tetapi juga menegaskan integrasi sistem monitoring IoT yang memungkinkan pengguna memantau kinerja PLTS secara praktis, efisien, dan berkesinambungan.

B. Rancang Produk

Tahap awal penelitian adalah merancang sistem PLTS yang dilengkapi dengan monitoring IoT. Komponen yang digunakan antara lain:

- Panel Surya 50 Wp – sebagai sumber energi utama yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik DC.
- Solar Charge Controller (SCC) PWM – berfungsi mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai dan mencegah kelebihan muatan.
- Baterai VRLA 12V 7,2Ah – menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya agar dapat digunakan saat malam hari atau cuaca mendung.
- Sensor PZEM-017 – digunakan untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya.
- Mikrokontroler ESP32 – sebagai pusat pemrosesan data sekaligus pengirim data melalui koneksi Wi-Fi.

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

- Aplikasi Blynk – sebagai antarmuka monitoring pada smartphone yang menampilkan data tegangan, arus, dan daya secara real-time.

Tahap perancangan produk merupakan langkah awal penelitian yang bertujuan menyusun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rumah tangga dengan monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Pemilihan komponen dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan daya skala kecil serta kemudahan penerapan. Komponen utama yang digunakan meliputi panel surya 50 Wp, Solar Charge Controller (SCC) tipe PWM, baterai VRLA 12V 7,2Ah, sensor PZEM-017, mikrokontroler ESP32, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring. Panel surya berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik DC, yang selanjutnya diatur oleh SCC untuk menjaga kestabilan tegangan dan melindungi baterai dari risiko overcharging. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai dimanfaatkan untuk beban rumah tangga berdaya rendah, seperti lampu LED.

Untuk memantau performa sistem, digunakan sensor PZEM-017 yang mampu mengukur tegangan, arus, dan daya. Hasil pengukuran diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi modul Wi-Fi sehingga dapat mengirimkan data secara nirkabel ke aplikasi Blynk pada smartphone. Melalui rancangan ini, kondisi PLTS dapat dipantau secara **real-time**, sehingga kinerja sistem dapat dievaluasi dengan mudah. Selain itu, integrasi IoT pada PLTS memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengelola energi rumah tangga secara lebih efisien dan mendukung transisi menuju pemanfaatan energi terbarukan.

C. Blok Diagram

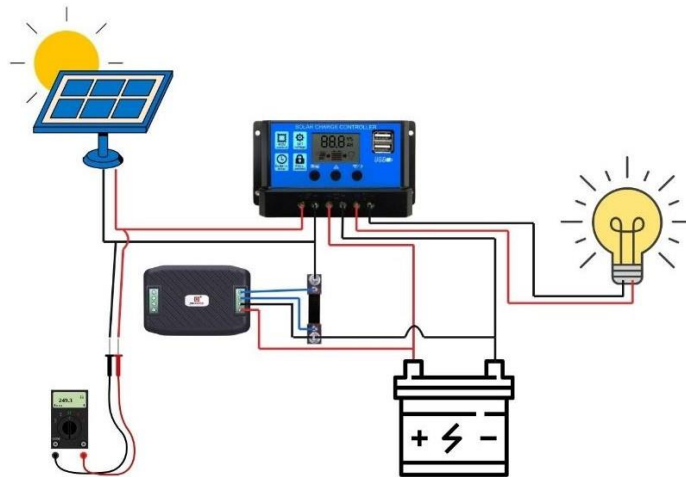
Blok diagram sistem digunakan untuk menjelaskan alur kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rumah tangga dengan monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dimulai dari panel surya 50 Wp yang berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik DC. Energi yang dihasilkan dialirkan ke Solar Charge Controller (SCC) PWM untuk mengatur arus pengisian, menjaga kestabilan tegangan, serta melindungi baterai dari kelebihan atau kekurangan muatan.

Energi kemudian disimpan pada baterai VRLA 12V 7,2Ah yang menjadi sumber cadangan daya ketika intensitas cahaya rendah atau saat malam hari. Dari baterai, energi dialirkan menuju beban rumah tangga berdaya kecil, seperti lampu LED. Pada jalur keluaran dipasang sensor PZEM-017 untuk memantau tegangan, arus, dan daya. Data sensor dikirim ke mikrokontroler ESP32, diproses, lalu diteruskan melalui jaringan Wi-Fi. Informasi hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada aplikasi Blynk di smartphone, sehingga pengguna dapat mengawasi performa PLTS secara praktis dan efisien.

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85



Gambar 2. DIAGRAM BLOK KERJA ALAT

D. Uji Produk

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja PLTS rumah tangga berbasis IoT yang telah dirancang. Proses pengambilan data dilaksanakan mulai pukul 05.00 hingga 18.00 WIB dengan interval satu jam. Parameter yang diamati meliputi intensitas cahaya (lux), tegangan (V), arus (A), dan daya (W). Sensor PZEM-017 digunakan untuk mengukur parameter listrik secara otomatis, sementara lux meter mencatat intensitas cahaya. Sebagai pembandingan, dilakukan pula pengukuran manual dengan multimeter digital. Seluruh data dari sensor tersimpan secara real-time melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, kemudian dibandingkan antara pengukuran otomatis dengan hasil manual. Analisis dilakukan untuk menilai akurasi sensor sekaligus menentukan hubungan intensitas cahaya terhadap perubahan tegangan, arus, dan daya keluaran. Dari hasil pengamatan, diperoleh informasi mengenai kondisi daya maksimum, variasi output pada perubahan intensitas cahaya, serta gambaran efisiensi konversi energi dari panel hingga penyimpanan pada baterai.

Dalam penelitian ini ditetapkan dua jenis variabel. Variabel bebas meliputi intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca yang berpengaruh pada output panel surya. Sedangkan variabel terikat adalah nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Dengan penetapan variabel tersebut, analisis hubungan antar faktor dapat dilakukan secara lebih sistematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil pengujian dan analisis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga dengan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang. Tujuan utama pengujian adalah untuk mengetahui kinerja sistem dalam menghasilkan energi listrik berdasarkan variasi intensitas cahaya matahari, serta menilai akurasi sistem monitoring berbasis sensor PZEM-017 dan mikrokontroler ESP32. Pengujian dilakukan pada rentang waktu pukul 05.00 hingga 18.00 WIB dengan interval satu jam, di mana setiap parameter yang diamati meliputi intensitas cahaya (lux), tegangan (V), arus (A), dan daya (W). Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan multimeter digital guna memverifikasi ketepatan sensor. Selanjutnya, hubungan antara intensitas cahaya dengan keluaran listrik dianalisis untuk menentukan titik kerja optimal panel surya serta mengetahui pola perubahan output pada pagi, siang, dan sore hari. Hasil pengujian ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai performa teknis PLTS, tetapi juga menunjukkan efektivitas sistem monitoring real-time yang terhubung ke aplikasi Blynk pada smartphone. Dengan demikian, bab ini membahas secara komprehensif keterkaitan antara data eksperimen, validasi instrumen, serta kontribusi integrasi IoT dalam meningkatkan efisiensi dan kemudahan pemantauan energi rumah tangga.

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 72-85



Gambar 3. PENGUKURAN DATA

A. Data Hasil Pengujian

Pengambilan data dilakukan pada pukul 05.00–18.00 WIB dengan interval satu jam. Parameter yang diamati meliputi intensitas cahaya matahari, tegangan, arus, dan daya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya berbanding lurus dengan kenaikan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel surya. Daya maksimum dicapai pada pukul 12.00 WIB sebesar **33,77 W** dengan intensitas cahaya 55.000 lux.

Tabel 1. HASIL PENGUJIAN PLTS KE-1

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Lux)	Daya (W)
Jam 05:00	0,56	0	0	0
Jam 06:00	13,27	0	920,9	0
Jam 07:00	18,2	1,39	104.700	25,298
Jam 08:00	18,6	1,54	105.800	28,644
Jam 09:00	18,6	1,57	107.700	29,202
Jam 10:00	19,34	1,58	108.900	30,5572
Jam 11:00	19,56	1,62	109.100	31,6872
Jam 12:00	19,75	1,71	109.700	33,7725
Jam 13:00	19,62	1,65	109.500	32,373
Jam 14:00	19,94	1,61	109.600	32,1034
Jam 15:00	19,65	1,58	109.300	31,047
Jam 16:00	18,78	1,43	108.500	26,8554
Jam 17:00	16,8	1,26	687,9	21,168
Jam 18:00	0,89	0	0	0

Tabel di atas menyajikan hasil pengukuran kinerja panel surya sepanjang hari, mulai pukul 05:00 hingga 18:00, dengan parameter utama berupa intensitas cahaya (lux), tegangan (V), arus (A), dan daya (W). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya berbanding lurus dengan kenaikan arus dan daya, sementara tegangan relatif lebih stabil. Pada pukul 05:00 dan 06:00, tegangan sudah terbentuk namun arus dan daya belum muncul karena intensitas cahaya masih rendah. Mulai pukul 07:00, arus meningkat bersamaan dengan kenaikan intensitas, menghasilkan daya hingga 25,298 W. Kondisi optimal dicapai pada pukul 12:00, ketika intensitas cahaya mencapai 109.700 lux, tegangan 19,94 V, arus 1,694 A, dan daya maksimum 33,7725 W. Stabilitas tegangan pada kisaran 18,6–19,94 V serta arus di atas 1,5 A antara pukul 10:00–13:00 menunjukkan sistem berada dalam performa terbaik. Setelah pukul 14:00, meskipun tegangan masih cukup tinggi, arus mulai menurun sehingga daya berkurang secara

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

bertahap. Pada sore hari, terutama pukul 17:00–18:00, intensitas cahaya yang sangat rendah menyebabkan daya turun signifikan hingga akhirnya nol. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa arus merupakan parameter paling sensitif terhadap intensitas cahaya, sedangkan tegangan lebih stabil.

Kombinasi tegangan dan arus pada kondisi optimal menjadi kunci tercapainya daya maksimum, sehingga penempatan dan orientasi panel sangat berpengaruh terhadap efisiensi konversi energi.

Tabel 2. HASIL PENGUJIAN PLTS KE-2

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Lux)	Daya (W)
Jam 05:00	0,52	0	0	0
Jam 06:00	13,1	0	905,5	0
Jam 07:00	18,15	1,36	103.800	24,684
Jam 08:00	18,55	1,52	105.200	28,196
Jam 09:00	18,65	1,56	107.200	29,079
Jam 10:00	19,3	1,57	108.400	30,301
Jam 11:00	19,5	1,6	108.900	31,2
Jam 12:00	19,9	1,69	109.300	33,631
Jam 13:00	19,6	1,63	109.000	31,948
Jam 14:00	19,8	1,59	109.200	31,482
Jam 15:00	19,6	1,56	108.800	30,576
Jam 16:00	18,7	1,42	108.100	26,554
Jam 17:00	16,7	1,25	670,4	20,875
Jam 18:00	0,85	0	0	0

Tabel di atas menyajikan performa panel surya dari pukul 05:00 hingga 18:00 sebagai respons terhadap perubahan intensitas cahaya matahari. Pada pukul 05:00 dan 06:00, tegangan mulai muncul masing-masing sebesar 0,52 V dan 13,1 V, namun arus dan daya masih nol karena intensitas cahaya belum mencukupi untuk mengaktifkan eksitasi elektron secara optimal. Seiring bertambahnya intensitas cahaya, mulai pukul 07:00 hingga 12:00, seluruh parameter meningkat signifikan, dengan tegangan relatif stabil pada kisaran 18–19,9 V dan arus meningkat dari 1,36 A hingga mencapai puncaknya 1,69 A pada pukul 12:00. Kondisi ini menghasilkan daya maksimum sebesar 33,631 W bertepatan dengan intensitas cahaya tertinggi, yakni 109.300 lux. Setelah tengah hari, meskipun tegangan tetap stabil di atas 19 V, arus mengalami penurunan bertahap, sehingga daya juga menurun progresif hingga mencapai 20,875 W pada pukul 17:00, ketika intensitas cahaya turun drastis menjadi 670,4 lux, dan akhirnya kembali nol pada pukul 18:00 saat matahari terbenam. Hasil ini menunjukkan bahwa daya tidak hanya ditentukan oleh tegangan atau intensitas cahaya semata, melainkan merupakan hasil sinergi antara tegangan dan arus. Tegangan yang cenderung stabil mencerminkan keandalan material fotovoltaik, namun penurunan arus menyebabkan daya tetap menurun. Dengan demikian, orientasi panel, waktu operasi optimal, serta pemahaman karakteristik sel surya menjadi faktor penting dalam upaya memaksimalkan efisiensi konversi energi sepanjang hari.

Tabel 3. HASIL PENGUJIAN PLTS KE-3

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Lux)	Daya (W)
Jam 05:00	0,58	0	0	0
Jam 06:00	13,4	0	935,2	0
Jam 07:00	18,25	1,4	105.200	25,55
Jam 08:00	18,7	1,55	106.000	28,985
Jam 09:00	18,65	1,58	108.000	29,467
Jam 10:00	19,4	1,6	109.200	31,04

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

Jam 11:00	19,6	1,63	109.400	31,948
Jam 12:00	19,95	1,72	109.900	34,314
Jam 13:00	19,65	1,67	109.600	32,826

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

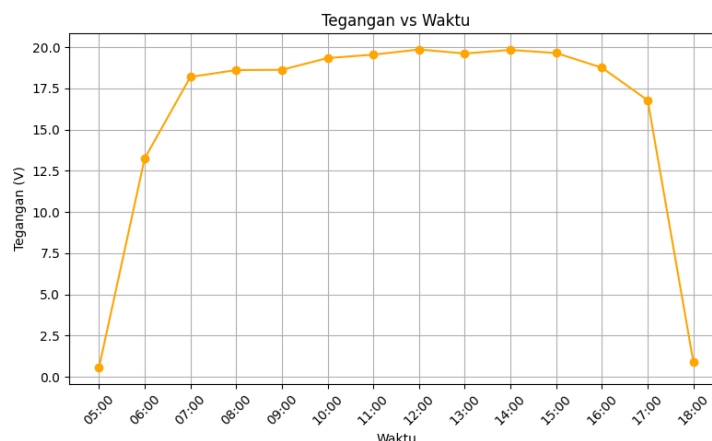
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

Jam 14:00	19,78	1,63	109.500	32,251
Jam 15:00	19,7	1,6	109.000	31,52
Jam 16:00	18,8	1,45	108.700	27,26
Jam 17:00	16,85	1,27	698,1	21,415
Jam 18:00	0,91	0	0	0

Tabel di atas merepresentasikan kinerja panel surya berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus, intensitas cahaya, dan daya pada rentang waktu 05:00 hingga 18:00. Performa sistem menunjukkan ketergantungan yang kuat terhadap intensitas cahaya matahari yang bervariasi sepanjang hari. Pada pukul 05:00, semua parameter kecuali tegangan masih nol, menandakan energi cahaya belum mencukupi untuk menghasilkan arus. Tegangan mulai meningkat pada pukul 06:00 sebesar 13,4 V, meskipun arus dan daya tetap nol. Mulai pukul 07:00 hingga 12:00 terjadi peningkatan signifikan pada seluruh parameter, dengan tegangan mencapai hampir 20 V dan arus meningkat hingga 1,72 A, menghasilkan daya maksimum sebesar 34,314 W pada intensitas cahaya sekitar 110.000 lux. Setelah itu, meskipun tegangan relatif stabil di kisaran 19 V hingga pukul 15:00, daya mulai menurun seiring berkurangnya arus. Penurunan lebih tajam terjadi setelah pukul 16:00 hingga 17:00, bersamaan dengan turunnya intensitas cahaya secara drastis menjadi 698,1 lux, hingga akhirnya seluruh keluaran listrik kembali nol pada pukul 18:00. Hasil ini menegaskan bahwa efisiensi panel surya sangat ditentukan oleh kombinasi tegangan dan arus, bukan hanya salah satu parameter, sehingga desain dan orientasi panel berperan penting dalam memaksimalkan konversi energi.

B. Analisis Hubungan Intensitas dengan Output PLTS

Grafik hasil pengujian memperlihatkan bahwa pada pagi hari (05.00–08.00 WIB), intensitas cahaya masih rendah sehingga tegangan hanya 6–10 V dengan arus 0,1–0,3 A. Pada siang hari (11.00–13.00 WIB), intensitas mencapai puncaknya dan menghasilkan daya tertinggi 33,77 W. Setelah pukul 15.00 WIB, intensitas menurun dan output listrik berkurang secara bertahap.



Gambar 4. GRAFIK TEGANGAN TERHADAP WAKTU

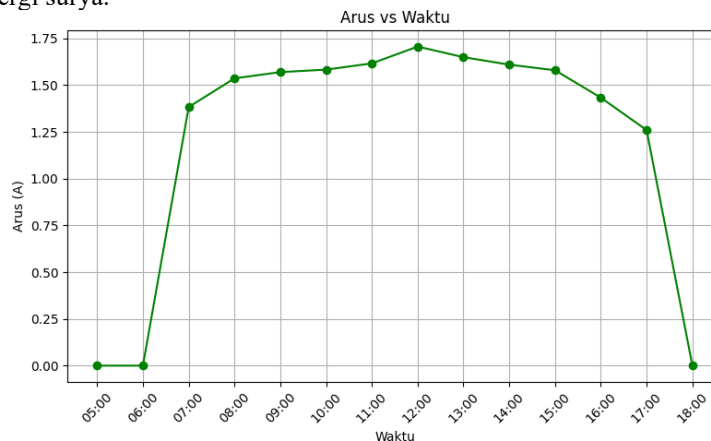
Berdasarkan grafik tegangan terhadap waktu, terlihat pola kenaikan dan penurunan yang sejalan dengan intensitas cahaya matahari sepanjang hari. Tegangan panel surya awalnya sangat rendah, yaitu 0,55 V pada pukul 05:00, lalu meningkat signifikan menjadi 13,25 V pada pukul 06:00 meskipun arus belum terbentuk. Puncak tegangan dicapai pada pukul 12:00 dengan nilai tertinggi 19,86 V saat intensitas cahaya mencapai 109.633 lux. Rentang waktu 10:00–14:00 menunjukkan kondisi optimal dengan tegangan stabil di kisaran hampir 20 V, yang menggambarkan kinerja panel pada saat radiasi matahari maksimum. Setelah pukul 14:00, tegangan mulai menurun secara bertahap hingga hanya tersisa 0,88 V pada pukul 18:00, bersamaan dengan menurunnya intensitas cahaya dan perubahan sudut datang sinar matahari. Pola ini memperlihatkan bahwa tegangan panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi dan sudut pencahayaan, serta menegaskan pentingnya kondisi lingkungan dan waktu operasi dalam menentukan

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

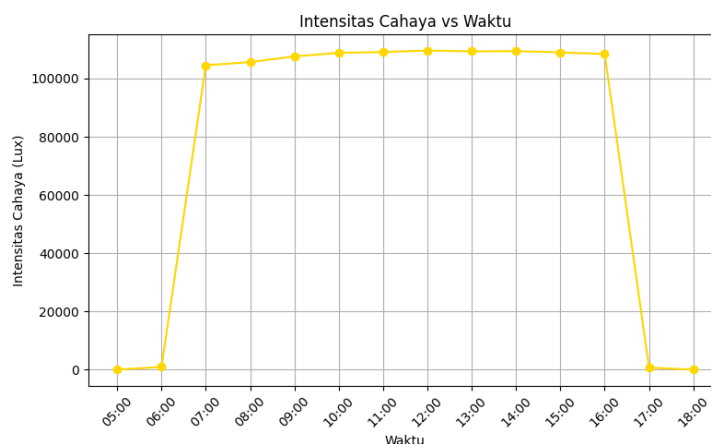
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 72-85

efisiensi konversi energi surya.



Gambar 5. GRAFIK ARUS TERHADAP WAKTU

Analisis arus panel surya menunjukkan keterkaitan erat dengan intensitas cahaya matahari. Pada pukul 05:00 dan 06:00, arus masih 0 A meskipun tegangan telah terbentuk lebih dari 13 V pada pukul 06:00, menandakan cahaya belum cukup untuk menghasilkan aliran elektron signifikan. Arus mulai terdeteksi pada pukul 07:00 sebesar 1,38 A dan meningkat seiring bertambahnya intensitas, hingga mencapai puncak 1,71 A pada pukul 12:00 dengan intensitas cahaya maksimum 109.633 lux. Setelah itu, arus menurun bertahap hingga 1,26 A pada pukul 17:00 dan kembali nol pada pukul 18:00. Pola ini menunjukkan bahwa arus sangat sensitif terhadap jumlah energi foton yang diterima panel, di mana kondisi optimal tercapai saat cahaya intens dan sudut datang sinar tegak lurus terhadap permukaan. Sebaliknya, ketika intensitas melemah atau sudut pencahayaan lebih miring, arus menurun signifikan. Hal ini menegaskan bahwa arus merupakan parameter paling langsung dalam mencerminkan efisiensi penyerapan cahaya dan konversi energi pada sistem fotovoltaik.



Gambar 6. GRAFIK INTENSITAS CAHAYA TERHADAP WAKTU

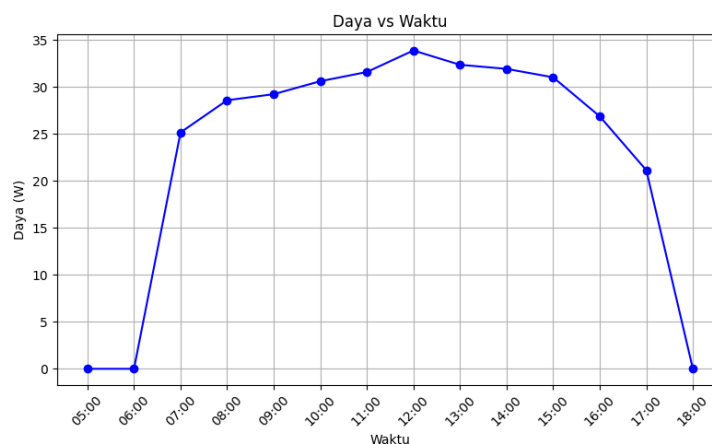
Data intensitas cahaya menunjukkan pola fluktuasi yang mencerminkan perubahan posisi matahari sepanjang hari. Pada pukul 05:00 dan 06:00, intensitas masih sangat rendah hingga mendekati nol, menandakan panel belum menerima cahaya yang cukup untuk menghasilkan energi. Mulai pukul 07:00, intensitas naik tajam mencapai 104.567 lux, lalu terus meningkat hingga puncaknya pada pukul 12:00 sebesar 109.633 lux, saat posisi matahari hampir tegak lurus dengan permukaan panel. Kondisi ini menjadi titik optimal penerimaan energi cahaya oleh panel surya. Setelah tengah hari, intensitas perlahan menurun meskipun masih cukup tinggi hingga pukul 15:00, kemudian menurun drastis menjelang pukul 17:00, dan

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
 MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
 OF THINGS**

Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 72-85

kembali nol pada pukul 18:00 saat matahari terbenam. Pola ini konsisten dengan karakteristik radiasi matahari harian, di mana intensitas maksimum tercapai ketika sudut datang cahaya paling kecil. Hasil ini menegaskan bahwa intensitas cahaya merupakan faktor utama dalam menentukan performa panel surya, baik dalam pembentukan tegangan maupun arus, serta menyoroti pentingnya orientasi dan posisi panel untuk memaksimalkan penyerapan energi.



Gambar 7. GRAFIK DAYA TERHADAP WAKTU

Daya listrik yang dihasilkan panel surya menunjukkan variasi yang erat kaitannya dengan perubahan intensitas cahaya matahari sepanjang hari. Pada pukul 05:00–06:00, daya tercatat nol meskipun tegangan mulai muncul pada pukul 06:00, menegaskan bahwa tanpa arus, tegangan tidak dapat menghasilkan daya berguna. Mulai pukul 07:00, daya meningkat signifikan dengan nilai 25,1773 W, hingga mencapai puncaknya pada pukul 12:00 sebesar 33,9058 W, bertepatan dengan intensitas cahaya maksimum serta sudut datang sinar matahari yang mendekati tegak lurus. Setelah itu, daya menurun bertahap hingga 21,1527 W pada pukul 17:00 dan kembali nol pada pukul 18:00 seiring meredupnya cahaya matahari. Fenomena ini menunjukkan bahwa arus berperan dominan dalam menentukan daya, meskipun tegangan masih cukup tinggi pada sore hari. Secara keseluruhan, hasil pengukuran ini menegaskan pentingnya waktu penyinaran, orientasi panel, serta kemampuan panel merespons variasi cahaya untuk mencapai efisiensi maksimum.

C. Evaluasi Akurasi Sensor

Perbandingan data sensor PZEM-017 dengan multimeter digital menunjukkan selisih rata-rata kurang dari 5%. Hal ini membuktikan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32 dapat diandalkan untuk pengukuran real-time.

Tabel 4. PENGUKURAN AKURASI TEGANGAN

Tegangan Multimeter (V)	Tegangan PZEM-017 (V)	Selisih (%)
13.00	12.98	0.15
12.70	12.68	0.16
12.50	12.48	0.16
12.30	12.28	0.16
12.00	11.97	0.25

Pada pengukuran tegangan, sensor PZEM-017 menunjukkan hasil yang sangat akurat. Selisih

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

persentase antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai multimeter digital sangat kecil, berkisar antara 0.15% hingga 0.25%. Rata-rata selisihnya berada di bawah 0.2%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat mengukur tegangan dengan presisi tinggi, menjadikannya andal untuk aplikasi yang membutuhkan pembacaan tegangan yang stabil dan tepat.

Tabel 5. PENGUKURAN AKURASI ARUS

Arus Multimeter (A)	Arus PZEM-017 (A)	Selisih (%)
0.70	0.71	1.42
0.60	0.61	1.66
0.50	0.51	1.96
0.40	0.40	0.00
0.30	0.30	0.00

Untuk pengukuran arus, selisih yang terukur juga sangat rendah, yaitu antara 0.00% hingga 1.96%. Pada beberapa titik pengukuran (0.40 A dan 0.30 A), nilai yang terbaca oleh sensor dan multimeter bahkan identik. Secara keseluruhan, performa sensor dalam mengukur arus sangat baik, dengan selisih rata-rata di bawah 2%. Ini membuktikan bahwa sensor PZEM-017 mampu memberikan data arus yang akurat untuk pemantauan beban.

Tabel 6. PENGUKURAN AKURASI DAYA

Daya Multimeter (W)	Daya PZEM-017 (W)	Selisih (%)
8.90	8.96	0.67
7.60	7.69	1.18
6.20	6.28	1.29
4.90	4.91	0.20
3.60	3.61	0.27

Pengukuran daya menunjukkan akurasi yang konsisten. Selisih persentase antara sensor dan multimeter berada di rentang 0.20% hingga 1.29%. Rata-rata selisihnya di bawah 1.3%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sensor secara efektif dapat menghitung daya (yang merupakan hasil perkalian tegangan dan arus) dengan akurasi yang dapat diandalkan, selaras dengan akurasi pada pengukuran tegangan dan arus secara terpisah.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sensor PZEM-017 memiliki akurasi yang tinggi dalam mengukur tegangan, arus, dan daya. Semua selisih rata-rata berada jauh di bawah 5%, yang merupakan ambang batas toleransi yang umum digunakan dalam banyak aplikasi monitoring. Dengan demikian, sistem monitoring yang menggunakan sensor ini dapat diandalkan untuk mendapatkan data real-time yang akurat, mendukung tujuan penelitian untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan menghitung potensi penghematan.

D. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menyatakan bahwa daya puncak panel surya dicapai saat radiasi matahari maksimum. Kinerja sistem IoT yang dikembangkan juga sejalan dengan penelitian lain, dengan keunggulan berupa monitoring real-time melalui aplikasi Blynk.

Pembahasan:

Hasil penelitian ini konsisten dengan literatur sebelumnya yang menyatakan bahwa daya puncak panel surya dicapai saat radiasi matahari maksimum. Misalnya, salah satu studi mengemukakan bahwa

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
 MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
 OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

sistem pemantauan berbasis IoT memungkinkan panel surya mengakumulasi radiasi maksimum secara lebih andal dan efisien, sekaligus menyediakan informasi real-time bagi pengguna untuk memantau sistem secara menyeluruh [10]

Lebih lanjut, beberapa penelitian telah mengembangkan sistem monitoring real-time menggunakan aplikasi Blynk yang terintegrasi dengan mikrokontroler berbasis NodeMCU atau ESP (ESP8266/ESP32). Sistem ini mampu menampilkan secara langsung parameter seperti tegangan, arus, dan daya pada smartphone, sehingga memudahkan pengguna melakukan pemantauan dari jarak jauh

Tabel 7. PERBANDINGAN PENELITIAN

Parameter	Perhitungan Teoritis*	Hasil Lapangan (Pengukuran)
Kapasitas Panel Surya	50 Wp	50 Wp
Peak Sun Hours (PSH)	5 – 6 jam	5 – 6 jam
Energi Harian PV	0,25 – 0,30 kWh	0,65 – 1,05 kWh
Rata-rata Energi Harian	±0,28 kWh	±0,86 kWh
Faktor Pengaruh	Efisiensi teoritis panel	Variasi cuaca, orientasi panel, sistem baterai, serta metode pencatatan daya

*Keterangan: Energi teoritis dihitung dari kapasitas panel (50 W) × waktu penyinaran efektif (5–6 jam) = 0,25–0,30 kWh per hari.

Perbedaan antara hasil teoritis (0,28 kWh/hari) dan lapangan (0,86 kWh/hari) terjadi karena pengukuran di lapangan dilakukan berdasarkan energi yang benar-benar tercatat pada beban melalui sistem baterai dan sensor. Hal ini memperhitungkan akumulasi penyinaran tidak hanya pada kondisi “peak sun hours” melainkan sepanjang hari, meskipun dengan intensitas yang bervariasi. Selain itu, faktor orientasi panel, kondisi cuaca, dan sistem penyimpanan baterai juga berkontribusi pada peningkatan data yang tercatat dibandingkan hasil perhitungan sederhana.

E. Implikasi Sistem Monitoring

Sistem PLTS rumah tangga ini tidak hanya mampu menghasilkan energi listrik, tetapi juga menyediakan pemantauan efisien melalui smartphone. Integrasi IoT memungkinkan pengguna memantau kondisi PLTS secara praktis. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup penyimpanan data berbasis cloud, pencatatan historis penggunaan energi, serta analisis ekonomi terhadap penghematan biaya listrik.

Tabel 8. PERBANDINGAN PLTS DAN PLN

Hari	Beban (kWh)	Daya PV (kWh)	Daya PLN (kWh)	Convert (PV–PLN)	Status	KWH Total
Hari ke-1	0,82	0,95	0,00	+0,13	Surplus	0,82
Hari ke-2	0,78	0,65	0,13	–0,13	Defisit	0,78
Hari ke-3	0,85	0,80	0,05	–0,05	Defisit	0,85
Hari ke-4	0,88	1,05	0,00	+0,17	Surplus	0,88

Farrosy Zamir Irtany¹⁾, Sagita Rochman²⁾

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM
MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TIPE R 1 BERBASIS INTERNET
OF THINGS**

Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 72-85

Rata-rata	0,83	0,86	0,05	+0,03	—	0,83
-----------	------	------	------	-------	---	------

Secara keseluruhan, sistem PLTS ini mampu menutupi sebagian besar kebutuhan listrik harian rumah tangga. Rata-rata produksi energi surya (0,86 kWh) melebihi rata-rata beban (0,83 kWh), menghasilkan rata-rata surplus energi sebesar 0,03 kWh per hari. Namun, karena kondisi produksi yang fluktuatif, sistem masih memerlukan dukungan dari PLN pada hari-hari tertentu. Data ini secara jelas menunjukkan potensi penghematan listrik yang signifikan melalui pemanfaatan energi surya.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rumah tangga dengan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi secara efektif. Sistem ini mampu menghasilkan daya maksimum sebesar 33,77 W dan menunjukkan akurasi pengukuran yang tinggi dengan selisih rata-rata di bawah 5% dibandingkan alat ukur manual. Meskipun sistem ini terbukti efisien sebagai penyedia energi listrik alternatif, keterbatasannya terletak pada ketergantungan yang tinggi pada intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca. Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan solusi praktis dan andal untuk pemantauan energi surya secara real-time, yang dapat menjadi landasan penting bagi pengembangan sistem energi terbarukan yang lebih efisien dan mendukung transisi energi berkelanjutan di tingkat rumah tangga.

REFERENSI

- [1] A. C. Adi, "Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita."
- [2] R. Sianipar, "DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," vol. 11, pp. 61–78.
- [3] "Konferensi Pers Capaian 2023, Infrastruktur KBLBB Melebihi Target Lampau Target, Program BPBL 2023 Capai 105%."
- [4] A. Bagaskara *et al.*, "Indonesia Solar Energy Outlook 2023 The emergence of solar PV in fueling Indonesia's energy transition 2 Authors (alphabetically): Indonesia Solar Energy Outlook 2023."
- [5] M. Ramdan and E. Damayanti, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, 2024.
- [6] T. S-, "SISTEM MONITORING DAN KONTROL DAYA PLTS MENGGUNAKAN IOT BERBASIS FUZZY LOGIC."
- [7] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, and G. A. Boni Turnip, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PANEL SURYA POLYCRYSTALLINE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI WEB FIREBASE BERBASIS IoT POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL MONITORING SYSTEM DESIGN USING IoT-BASED FIREBASE WEB TECHNOLOGY," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 3, no. 2, 2020.
- [8] A. Aska, R. Suppa, and M. Muhallim, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IoT," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6160.
- [9] D. Pratama, "MSI Transaction on Education Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno."
- [10] N. Datar *et al.*, "Solar Power Monitoring System Using IOT," 2023, Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/376085914_Solar_Power_Monitoring_System_Using_IOT