

# Perancangan Prototype Monitoring PLTS dan Kontroling Pompa Air Berbasis IoT

<sup>1</sup>Paulus Laba Wawin, <sup>2</sup>Fachrudin Hunaini, <sup>3</sup>Muh Uhida Subhan, <sup>4</sup>Mohammad Mukhsim

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang, Malang

<sup>1</sup>pocewawinwawin@gmail.com

*Abstract - This study aims to design and implement a prototype of a monitoring system for a Solar Power Plant (PLTS) and an IoT-based water pump control system. The developed system utilizes a solar panel as the main energy source, a battery as the energy storage medium, and a NodeMCU ESP8266 as the central control and communication unit. The PZEM-017 sensor is employed to monitor voltage, current, and power parameters generated by the solar panel, while a water level sensor and an ultrasonic HC-SR04 sensor are used to measure water levels. The measurement data are transmitted in real-time to the Blynk application, which serves as a user interface, enabling system monitoring as well as manual and automatic water pump control via smartphone. The prototype was tested to evaluate the performance of the solar panel, battery storage capacity, pump energy consumption, and sensor accuracy. The results show that the system is capable of displaying real-time PLTS operational data and controlling the water pump with a stable response. The solar panel efficiency reached 38.73% under optimal lighting conditions, while the battery charging efficiency ranged between 80–92%. The DC water pump operated stably with an average power consumption of 42 W and a flow rate of approximately 4 liters per minute, while the battery capacity supported an effective operating time of up to 96 minutes, considering a Depth of Discharge (DoD) of 80%. The findings demonstrate that the integration of PLTS with IoT technology can provide an effective, efficient, and environmentally friendly alternative energy solution, particularly to support household water needs and small-scale irrigation in a sustainable manner.*

**Keywords** — PLTS, Water Pump, NodeMCU, IoT, Blynk.

**Abstrak** - Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan prototipe sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan kontrol pompa air berbasis Internet of Things (IoT). Sistem yang dibangun memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama, baterai sebagai media penyimpan daya, serta NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali dan komunikasi. Sensor PZEM-017 digunakan untuk memantau parameter tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sementara sensor water level dan sensor ultrasonik HC-SR04 dimanfaatkan untuk memantau ketinggian air. Data hasil pengukuran dikirim secara real-time ke aplikasi Blynk yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna, memungkinkan pemantauan kondisi sistem serta pengendalian pompa air baik secara manual maupun otomatis melalui smartphone. Pengujian prototipe dilakukan untuk mengevaluasi kinerja panel surya, kapasitas penyimpanan baterai, konsumsi energi pompa, serta akurasi sensor. Hasil uji menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data operasional PLTS secara real-time dan mengendalikan pompa air dengan respon yang stabil. Efisiensi panel surya tercatat dapat mencapai 38,73% pada kondisi pencahayaan optimal, sedangkan efisiensi pengisian baterai berkisar antara 80–92%. Pompa air DC yang digunakan mampu bekerja stabil dengan konsumsi daya rata-rata 42 W dan debit aliran sekitar 4 liter/menit, sementara kapasitas baterai mendukung waktu operasi efektif hingga 96 menit dengan mempertimbangkan Depth of Discharge (DoD) sebesar 80%. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi PLTS dengan teknologi IoT dapat menjadi solusi energi alternatif yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan, terutama untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga maupun irigasi skala kecil secara berkelanjutan.

**Kata Kunci**—PLTS, Pompa Air, NodeMCU, IoT, Blynk.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi energi terbarukan saat ini berkembang pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik di berbagai sektor. Sumber utama listrik yang berasal dari PLN masih sering mengalami gangguan distribusi maupun pemadaman bergilir, sehingga menimbulkan masalah bagi fasilitas vital seperti rumah sakit, pusat bisnis, maupun sektor pertanian. Salah satu solusi alternatif yang banyak dikembangkan adalah pemanfaatan

---

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena bersifat ramah lingkungan, berkelanjutan, dan mampu menghasilkan energi secara mandiri [1], [2].

Integrasi PLTS dengan sistem otomasi modern sangat dibutuhkan agar penggunaannya lebih efisien. Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses monitoring dan kontrol secara *real-time*, sehingga energi dapat dikelola secara cerdas. Sistem ini tidak hanya bermanfaat pada skala rumah tangga, tetapi juga pada area yang memerlukan suplai listrik berkelanjutan. sistem kontrol otomatis diperlukan untuk mengelola kapan PLTS mengambil alih suplai listrik saat terjadi pemadaman dari PLN [3].

Selain itu, prototype pemanfaatan PLTS untuk pompa air berbasis IoT juga menjadi solusi inovatif dalam pemenuhan kebutuhan energi secara efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan energi matahari, sistem ini memungkinkan pompa air beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan penuh pada pasokan listrik PLN. Integrasi dengan teknologi IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian pompa air secara jarak jauh melalui perangkat yang terhubung ke internet, memberikan kemudahan dalam pengaturan operasi, pemeliharaan, dan efisiensi penggunaan energi.

Penelitian terdahulu telah banyak membahas integrasi PLTS untuk aplikasi pompa air. Studi yang dilakukan merancang prototipe pompa air tenaga surya yang bersifat multiguna, digunakan sebagai sumber energi pompa sekaligus penyemprom hama. Hasil penelitian tersebut menunjukkan sistem PLTS memiliki efisiensi tinggi serta fleksibilitas untuk mendukung kebutuhan petani pada musim kemarau. Penelitian lain mengembangkan sistem pompa air berbasis tenaga surya yang dilengkapi baterai, *solar charge controller*, dan inverter. Sistem ini mampu menghasilkan tegangan maksimum 17,2 V, kemudian dikonversi menjadi 220 V AC untuk mengoperasikan pompa air [4], [5].

Selain itu, implementasi teknologi IoT juga telah diuji pada sistem pemantauan tenaga surya. Dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta aplikasi Blynk, sistem dapat mengirimkan data *real-time* mengenai tegangan, arus, dan daya panel surya, sekaligus mengendalikan beban listrik secara jarak jauh [6]. Temuan ini memperkuat pentingnya integrasi PLTS dengan IoT dalam upaya meningkatkan keandalan sistem energi terbarukan[7].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan *prototype monitoring* PLTS dan kontrol pompa air berbasis IoT. Sistem ini dirancang agar dapat memantau kinerja PLTS dan mengendalikan pompa air baik secara manual maupun otomatis melalui *smartphone* dengan koneksi Wi-Fi. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan sistem energi terbarukan yang cerdas, efisien, serta aplikatif pada kebutuhan rumah tangga maupun pertanian.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Metode

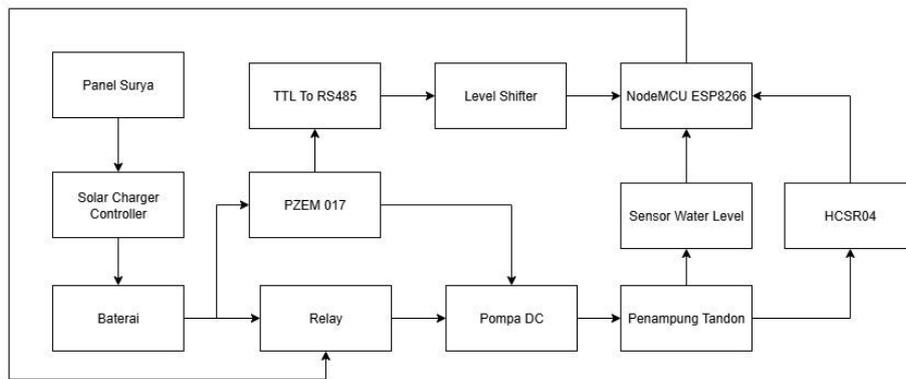
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang melalui dua tahap. tahapan pertama adalah perancangan sistem yang meliputi pembuatan diagram blok, rancangan perangkat keras, rancangan perangkat lunak, serta *flowchart* sistem. lalu tahap kedua adalah pengujian sistem yang mencakup pengujian fungsionalitas setiap modul serta pengujian integrasi sistem secara menyeluruh[8].

### B. Rancangan Produk

Produk penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya, *solar charge controller* (SCC), baterai, NodeMCU, sensor PZEM-017, sensor *water level*, sensor ultrasonik, relay, pompa air, aplikasi blynk. Sumber energi dari panel surya akan tersalurkan ke baterai melalui *solar charge controller* (SCC). Kemudian, NodeMCU berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data sensor PZEM-017 dan sensor *water level* untuk mengendalikan aktuator lalu mengirimkan data ke aplikasi blynk

### C. Diagram Blok Sistem

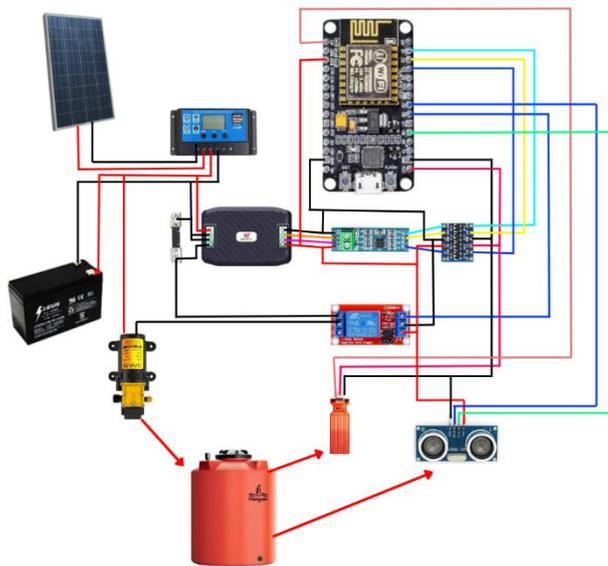
Prinsip kerja dari blok diagram gambar 1 adalah panel surya yang mendistribusikan energi melalui *solar charger controller* menuju baterai sehingga dapat menyalakan NodeMCU hingga sensor dan aktuator



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok perencanaan sistem pompa air bertenaga surya ini mencakup panel PV, relay, dan pompa air sebagai beban utama. Komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem meliputi: panel surya atau *photovoltaic*, baterai sebagai penyimpan energi listrik, Arduino Uno untuk pengendalian sistem pompa air, tangki atau wadah penyimpanan air, pipa transmisi, serta kabel daya dan kabel transmisi.

#### D. Konsep Rancangan Elektronik



Gambar 2. Konsep Rancangan Elektronik

Pada Gambar 2 ditunjukkan rancangan keseluruhan sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama. Panel surya berfungsi sebagai sumber energi listrik yang kemudian dialirkan menuju *solar charge controller* (SCC) untuk mengatur proses pengisian baterai. Energi listrik yang tersimpan digunakan untuk menyalakan beban, termasuk NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali sistem. NodeMCU menerima data dari beberapa sensor, yaitu sensor PZEM-017 untuk membaca tegangan, arus, dan daya listrik dari PLTS, serta sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dalam tandon. Selain itu, terdapat modul relay yang mengontrol kerja pompa air berdasarkan data level air maupun perintah manual melalui aplikasi IoT. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui *smartphone*. Dengan demikian, pengguna dapat melakukan *monitoring* parameter listrik PLTS sekaligus mengontrol operasi pompa air dari jarak jauh.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

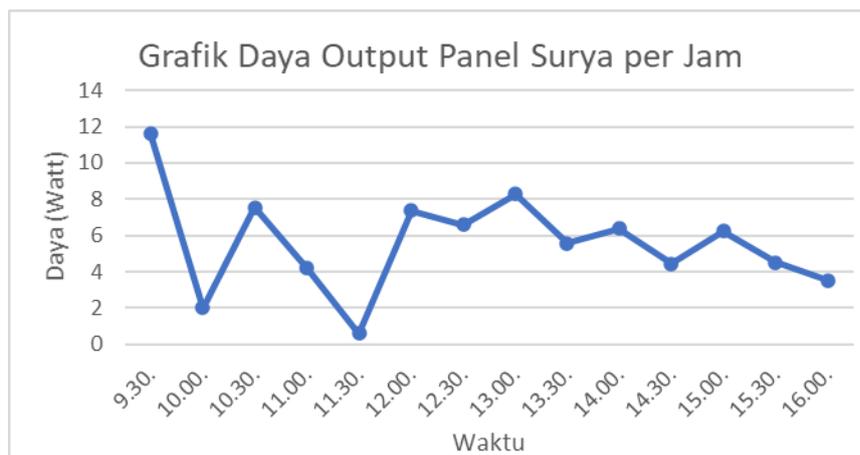
Pada bagian ini disajikan hasil perancangan dan pengujian prototipe sistem *monitoring* PLTS dan kontrol pompa air berbasis IoT. Prototipe yang dibangun terdiri atas panel surya, *solar charge controller*, baterai, NodeMCU ESP8266, relay, sensor-sensor, serta pompa air DC yang diintegrasikan dalam satu sistem. Perangkat ini tidak hanya mampu menghasilkan dan menyimpan energi listrik dari cahaya matahari, tetapi juga dapat memantau serta mengendalikan pompa air secara otomatis maupun manual melalui aplikasi Blynk di smartphone.

Untuk memastikan kinerja sistem, dilakukan serangkaian pengujian meliputi performa panel surya, proses pengisian baterai, stabilitas pompa air, serta akurasi sensor yang digunakan. Selain itu, dilakukan pula integrasi dengan aplikasi IoT agar pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time*. Gambar berikut ini memperlihatkan prototipe sistem yang telah dibuat:



Gambar 3. Prototipe Sistem *Monitoring* PLTS dan Kontrol Pompa Air Berbasis IoT

Gambar menunjukkan susunan prototipe yang terdiri dari panel surya pada bagian atas sebagai sumber energi utama, *solar charge controller* (SCC) untuk mengatur aliran daya ke baterai, serta modul NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Pada bagian bawah dipasang wadah air yang dihubungkan dengan pompa air DC. Pompa ini bekerja berdasarkan perintah dari NodeMCU melalui relay, baik secara otomatis ketika sensor mendeteksi ketinggian air tertentu, maupun manual melalui aplikasi Blynk.



Gambar 4. Grafik Daya Output Panel Surya per Jam

Gambar 4. memperlihatkan variasi daya output panel surya yang diukur dari pukul 09.30 hingga 16.00. Pada pukul 09.30, daya tertinggi tercatat sebesar 11,62 W. Setelah itu, terjadi penurunan drastis pada pukul 10.00 hingga hanya 1,99 W, yang kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi cuaca atau bayangan di sekitar panel. Selanjutnya, daya kembali meningkat secara fluktuatif dan mencapai 8,28 W pada pukul 13.00.

Pada rentang waktu 13.00–15.00, daya panel relatif stabil di kisaran 5–7 W, sebelum akhirnya menurun hingga 3,53 W pada pukul 16.00. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa output panel surya tidak selalu maksimum pada tengah hari, melainkan sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, posisi panel, serta kondisi lingkungan.

Tabel 1. Pengukuran Input dan Output SCC panel surya

Jam	Input SCC (Panel Surya)			Output SCC (Baterai)			V Tanpa Beban Panel
	A	V	P	A	V	P	
09.30	0,856	13,57	11,6159	0,786	13,57	10,666	20,23
10.00	0,147	13,6	1,9992	0,053	13,6	0,7208	20,35
10.30	0,545	13,82	7,5319	0,469	13,66	6,40654	20,02
11.00	0,294	14,24	4,18656	0,241	14,15	3,41015	20,23
11.30	0,03	20,2	0,606	0,03	13,5	0,405	20,2
12.00	0,536	13,76	7,37536	0,47	13,61	6,3967	19,86
12.30	0,479	13,74	6,58146	0,418	13,66	5,70988	19,92
13.00	0,602	13,76	8,28352	0,499	13,67	6,82133	20,01
13.30	0,401	13,89	5,56899	0,381	13,84	4,87188	20,09
14.00	0,443	14,4	6,3792	0,391	14,07	5,50137	19,85
14.30	0,329	13,5	4,4415	0,273	13,7	3,7401	19,69
15.00	0,46	13,57	6,24222	0,378	13,48	5,09544	20,12
15.30	0,329	13,76	4,52704	0,273	13,67	3,73191	19,69
16.00	0,248	14,23	3,52904	0,184	14,13	2,59992	19,38

Tabel 1. menunjukkan hasil pengukuran arus, tegangan, dan daya pada input SCC (panel surya) serta output SCC (baterai) yang dilakukan mulai pukul 09.30 hingga 16.00. Selain itu, pengukuran tegangan panel surya tanpa beban juga ditampilkan sebagai pembanding. Berdasarkan data, terlihat bahwa nilai arus dan daya input SCC mengalami fluktuasi seiring dengan perubahan intensitas cahaya matahari. Nilai arus tertinggi dicapai pada pukul 09.30 sebesar 0,856 A dengan tegangan 13,57 V sehingga menghasilkan daya input 11,62 W. Setelah itu, nilai arus menurun drastis pada pukul 10.00 menjadi 0,147 A akibat intensitas cahaya yang berkurang, sebelum kembali meningkat menjelang siang hari. Pada sisi output SCC (baterai), daya yang tersimpan cenderung lebih stabil dengan tegangan rata-rata 13,6–14,1 V. Hal ini menunjukkan bahwa *solar charge controller* (SCC) bekerja dengan baik dalam menstabilkan proses pengisian baterai meskipun input dari panel berfluktuasi. Daya output tertinggi tercatat pada pukul 13.00 sebesar 6,82 W dengan arus 0,499 A dan tegangan 13,67 V.

Pengukuran tegangan panel surya tanpa beban menunjukkan nilai relatif konstan pada kisaran 19,6–20,3 V sepanjang pengujian. Tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ) yang relatif stabil ini membuktikan bahwa panel surya masih dalam kondisi baik dan mampu menghasilkan tegangan nominal sesuai spesifikasi. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini memperlihatkan bahwa SCC mampu menyesuaikan dan mengatur tegangan output ke baterai agar tetap berada pada kisaran kerja aman, yaitu 13–14 V, meskipun tegangan input dan arus dari panel surya berfluktuasi karena pengaruh intensitas matahari. Dengan demikian, sistem ini layak diaplikasikan sebagai sumber energi alternatif yang handal dalam mendukung operasional pompa air berbasis IoT.

Tabel 2. Efisiensi panel surya berdasarkan data pengukuran

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
09.30	13,57	0,856	11,62	38,73
10.00	13,6	0,147	1,99	6,66
10.30	13,82	0,545	7,53	25,1
11.00	14,24	0,294	4,19	13,95
12.00	13,76	0,536	7,38	24,61
13.00	13,76	0,602	8,28	27,6
14.00	14,4	0,443	6,38	21,26
15.00	13,57	0,46	6,24	20,8
16.00	14,23	0,248	3,53	11,76

Tabel 2. menunjukkan nilai tegangan, arus, daya output, dan efisiensi panel surya pada rentang waktu 09.30–16.00. Berdasarkan data, terlihat bahwa nilai efisiensi panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Pada pukul 09.30, daya output tercatat sebesar 11,62 W dengan efisiensi tertinggi mencapai 38,73%. Hal ini menunjukkan bahwa pada pagi hari, meskipun intensitas cahaya belum maksimal, panel surya mampu menghasilkan daya relatif tinggi dengan efisiensi yang cukup baik. Sebaliknya, pada pukul 10.00 efisiensi turun drastis hingga 6,66% akibat rendahnya arus yang dihasilkan (0,147 A). Setelah itu, efisiensi meningkat kembali secara bertahap, dengan nilai tertinggi kedua terjadi pada pukul 13.00 sebesar 27,6% dengan daya output 8,28 W. Seiring berjalannya waktu menuju sore hari, efisiensi panel surya menurun kembali karena intensitas cahaya berkurang. Pada pukul 16.00 efisiensi tercatat hanya 11,76% dengan daya output sebesar 3,53 W.

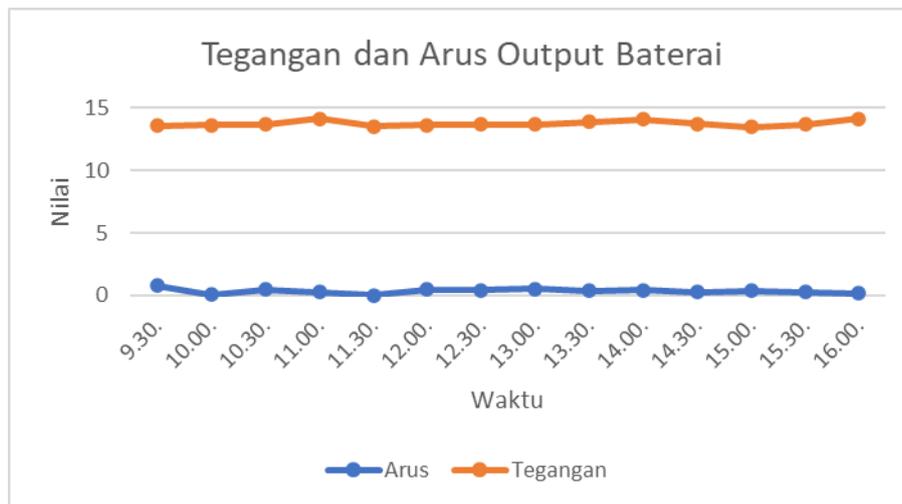
Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa efisiensi panel surya berfluktuasi sepanjang hari sesuai kondisi intensitas matahari. Efisiensi tertinggi terjadi pada pagi menjelang siang (sekitar pukul 09.30), sementara nilai terendah dicapai pada saat intensitas cahaya melemah. Hal ini sejalan dengan teori karakteristik panel surya, di mana arus listrik yang dihasilkan sangat bergantung pada jumlah foton cahaya matahari yang diterima oleh permukaan panel. Dengan demikian, performa sistem PLTS yang dirancang terbukti dipengaruhi oleh faktor lingkungan, khususnya intensitas

cahaya, sehingga pada implementasi nyata diperlukan perencanaan kapasitas panel dan penyimpanan energi (baterai) yang memadai agar sistem dapat beroperasi stabil.

Tabel 3. Data Tegangan dan Arus Output Baterai

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.30	13,57	0,786	10,67
10.00	13,6	0,053	0,72
10.30	13,66	0,469	6,41
11.00	14,15	0,241	3,41
12.00	13,61	0,47	6,4
13.00	13,67	0,499	6,82
14.00	14,07	0,391	5,5
15.00	13,48	0,378	5,1
16.00	14,13	0,184	2,6

Tabel 3. menunjukkan data hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya pada sisi output baterai selama periode pengujian dari pukul 09.30 hingga 16.00. Secara umum, tegangan output baterai berada pada rentang 13,48 V hingga 14,15 V, yang menunjukkan bahwa baterai berada dalam kondisi pengisian dan pelepasan daya yang stabil. Pada pukul 09.30 tercatat tegangan 13,57 V dengan arus tertinggi sebesar 0,786 A, menghasilkan daya keluaran 10,67 W. Hal ini mengindikasikan bahwa pada pagi hari baterai mampu menyuplai daya cukup besar untuk beban. Namun, pada pukul 10.00 arus turun drastis menjadi 0,053 A dengan daya hanya 0,72 W.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Tegangan dan Arus Output Baterai

Penurunan ini diduga akibat intensitas cahaya matahari yang berkurang sehingga pasokan energi dari panel ke baterai rendah, sehingga output baterai juga berkurang. Seiring meningkatnya intensitas cahaya matahari menjelang siang, daya keluaran kembali naik. Nilai daya maksimum tercatat pada pukul 13.00 sebesar 6,82 W dengan tegangan 13,67 V dan arus 0,499 A. Hal ini menunjukkan bahwa baterai mampu menyalurkan energi dengan baik ketika kondisi panel optimal. Memasuki sore hari (pukul 15.00–16.00), arus output menurun secara bertahap hingga 0,184 A dengan daya keluaran 2,6 W pada pukul 16.00. Penurunan ini konsisten dengan berkurangnya energi yang masuk dari panel surya, sehingga kapasitas suplai daya dari baterai juga berkurang.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa output baterai relatif stabil dalam menjaga tegangan, sementara arus dan daya berfluktuasi sesuai kondisi pengisian dari panel surya. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan *solar charge controller* (SCC) efektif dalam menjaga kestabilan tegangan baterai agar tetap berada pada rentang kerja aman meskipun input dari panel berfluktuasi.

Selanjutnya yaitu menghitung Efisiensi Pengisian *Solar Charge Controller* (SCC) Untuk mengetahui kinerja *solar charge controller* (SCC), dilakukan perhitungan efisiensi pengisian dengan membandingkan daya input dari panel surya ke SCC dengan daya output yang disalurkan SCC ke baterai. Rumus perhitungan efisiensi adalah sebagai berikut:

$$\eta = \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

Sebagai contoh pada pukul 09.30:

- Daya input dari panel surya ke SCC sebesar  $13,57 \text{ V} \times 0,856 \text{ A} = 11,62 \text{ W}$
- Daya output dari SCC ke baterai sebesar  $13,57 \text{ V} \times 0,786 \text{ A} = 10,67 \text{ W}$

Sehingga efisiensi pengisian dapat dihitung sebagai:

$$\eta = \left( \frac{10,67}{11,62} \right) \times 100\% = 91,8\%$$

Hasil perhitungan pada waktu pengujian lainnya menunjukkan bahwa efisiensi pengisian harian SCC berada pada kisaran 80–92%. Nilai ini menunjukkan bahwa SCC mampu menyalurkan energi dari panel surya ke baterai dengan baik, dengan kehilangan daya (*losses*) yang relatif kecil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa performa SCC pada sistem ini cukup efisien dan sesuai untuk aplikasi penyimpanan energi berbasis panel surya, sehingga baterai tetap dapat terisi optimal meskipun input dari panel surya berfluktuasi.

Selanjutnya yaitu menghitung estimasi lama pengisian, untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengisi baterai, dilakukan estimasi berdasarkan rata-rata daya yang masuk ke baterai setiap harinya. Pada pengujian ini diperoleh daya rata-rata sebesar 6 Watt yang masuk ke baterai selama kurang lebih 5 jam per hari. Dengan demikian, energi harian yang dapat disimpan oleh baterai adalah:

$$E_{\text{harian}} = 6 \times 5 = 30 \text{ Wh/hari}$$

Sementara itu, kapasitas baterai yang digunakan adalah sebesar 84 Wh. Maka, estimasi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian penuh dari kondisi kosong adalah:

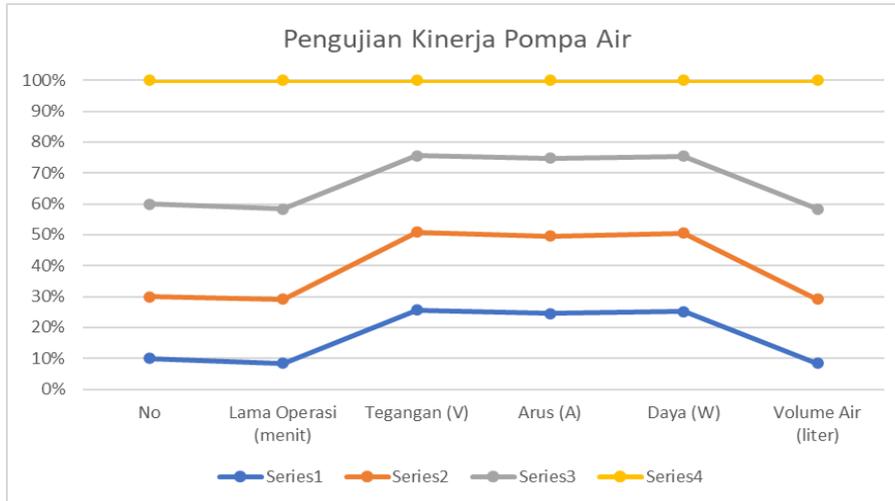
$$\text{Lama pengisian penuh} = \frac{84}{30} = 2,8 \approx 3 \text{ hari}$$

Namun demikian, dalam kondisi nyata baterai jarang berada dalam keadaan benar-benar kosong. Umumnya pengisian dilakukan dalam kondisi parsial, misalnya dari kapasitas 50% hingga penuh. Dengan kondisi tersebut, lama pengisian dapat dicapai hanya dalam 1–2 hari.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kinerja Pompa SANKI M5A

No	Lama Operasi (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Volume Air (liter)
1	2	12,3	3,4	41,82	8
2	5	12,1	3,5	42,35	20
3	7	11,9	3,5	41,65	28
4	10	11,7	3,5	40,95	40

Pengujian kinerja pompa air tipe SANKI M5A dilakukan untuk mengetahui hubungan antara lama operasi, konsumsi daya listrik, serta volume air yang dipompa. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.6, terlihat bahwa tegangan kerja pompa mengalami sedikit penurunan seiring bertambahnya waktu operasi, yaitu dari 12,3 V pada menit ke-2 menjadi 11,7 V pada menit ke-10. Arus yang dikonsumsi relatif stabil pada kisaran 3,4–3,5 A.



Gambar 6. Grafik Pengujian Kinerja Pompa Air

Daya listrik yang dihasilkan berada pada rentang 40,95–42,35 W, menunjukkan bahwa pompa bekerja dengan beban yang relatif konstan meskipun terjadi penurunan tegangan. Volume air yang dipompa meningkat secara linear terhadap waktu, yaitu 8 liter dalam 2 menit, 20 liter dalam 5 menit, 28 liter dalam 7 menit, hingga mencapai 40 liter dalam 10 menit.

Selanjutnya yaitu menghitung kapasitas energi baterai yang digunakan dalam sistem ini memiliki spesifikasi 12 V dengan kapasitas 7 Ah, sehingga total energi yang tersedia adalah sebesar 84 Wh. Apabila pompa air beroperasi secara terus-menerus dengan daya rata-rata 42 W, maka waktu operasi maksimal teoritis adalah sekitar 2 jam. Namun, dalam praktik lapangan, hanya sekitar 80% kapasitas baterai yang dapat dimanfaatkan untuk menjaga umur pakai baterai (*Depth of Discharge/DoD*). Dengan demikian, energi efektif yang tersedia adalah 67,2 Wh, sehingga waktu operasi aktual pompa diperkirakan sekitar 1,6 jam atau 96 menit.

Tabel 5. Energi berdasarkan durasi kerja

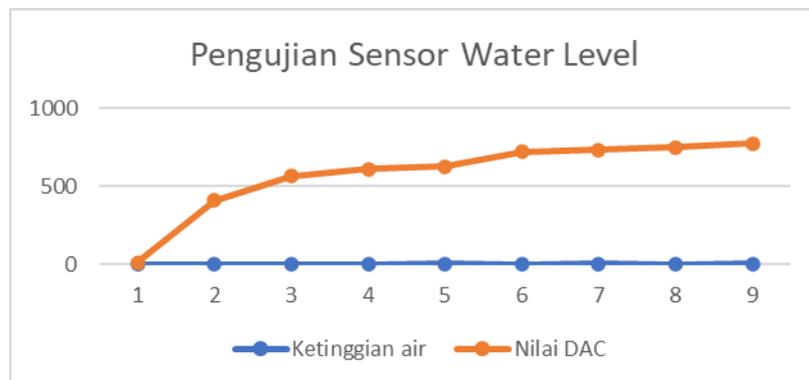
Durasi (menit)	Konsumsi Energi (Wh)
2 menit	1,40 Wh
5 menit	3,52 Wh
10 menit	7,04 Wh
20 menit	14,08 Wh
30 menit	21,12 Wh

Konsumsi energi pompa juga dianalisis berdasarkan durasi kerja sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi energi meningkat sebanding dengan lamanya operasi. Pada durasi 2 menit, energi yang digunakan hanya sekitar 1,40 Wh, sedangkan pada durasi 30 menit, energi yang dikonsumsi meningkat menjadi 21,12 Wh. Hal ini menunjukkan bahwa pompa bekerja dengan efisiensi yang stabil, di mana konsumsi daya listrik relatif linier terhadap waktu operasi.

Selanjutnya yaitu pengujian sensor water level dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi ketinggian air berdasarkan nilai keluaran analog (ADC). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai ADC meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian air. Pada kondisi tanpa air, nilai yang terbaca sebesar 12, sedangkan pada ketinggian air 4 cm nilai meningkat hingga 773.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Sensor Water Level*

Ketinggian air	Nilai DAC
0	12
0.5	410
1	565
1.5	610
2	628
2.5	720
3	732
3.5	750
4	773



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian *Sensor Water Level*

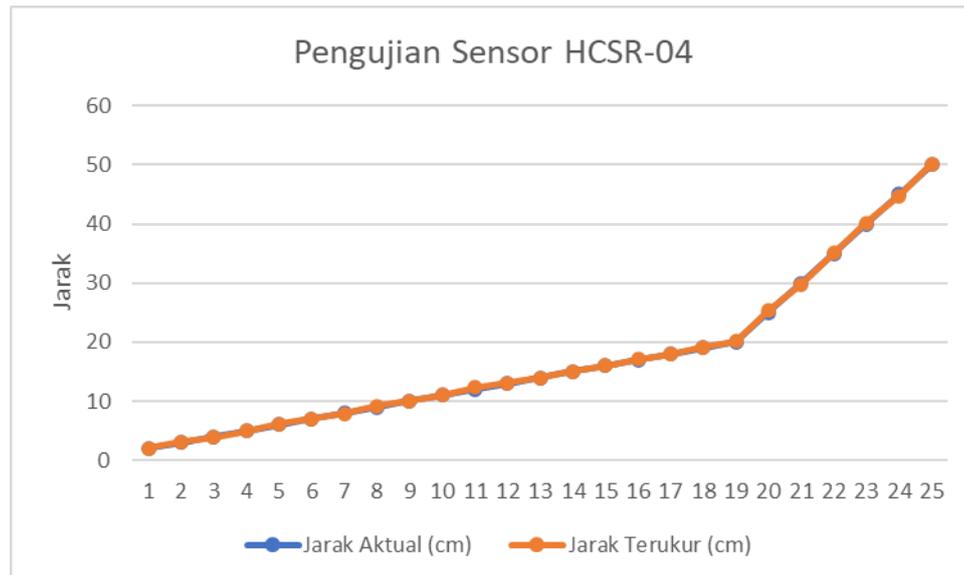
Dari hasil pengujian *sensor water level* memperlihatkan hubungan yang konsisten antara tinggi permukaan air dan nilai ADC yang dihasilkan. Misalnya, pada ketinggian air 0,5 cm nilai ADC sebesar 410, pada ketinggian 2,5 cm sebesar 720, dan pada ketinggian maksimum 4 cm mencapai 773. Pola ini menunjukkan bahwa sensor bekerja secara efektif dalam mengonversi perubahan fisik ketinggian air menjadi sinyal listrik berupa data digital.

Selanjutnya yaitu pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mengukur ketinggian air berdasarkan durasi pantulan gelombang (echo). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jarak terukur memiliki kesesuaian yang baik dengan jarak aktual, dengan error absolut yang relatif kecil. Sebagai contoh, pada jarak aktual 4 cm, sensor menghasilkan durasi echo sebesar 233  $\mu$ s dengan jarak terukur 3,9 cm, sehingga error hanya 0,1 cm. Pada jarak yang lebih besar, misalnya 30 cm, jarak terukur adalah 29,8 cm dengan error 0,2 cm. Demikian pula pada jarak maksimum pengujian 50 cm, sensor mencatat jarak 50,1 cm dengan error hanya 0,1 cm.

Tabel 7. Hasil pengujian HC-SR04

---

No.	Jarak Aktual (cm)	Durasi Echo ( $\mu$ s)	Jarak Terukur (cm)	Error Absolut (cm)
1	2	117	2	0
2	3	175	3.1	0.1
3	4	233	3.9	0.1
4	5	291	5	0
5	6	350	6.1	0.1
6	7	408	7	0
7	8	466	7.9	0.1
8	9	525	9.2	0.2
9	10	583	10.1	0.1
10	11	641	11	0
11	12	700	12.3	0.3
12	13	758	13.1	0.1
13	14	816	14	0
14	15	866	15	0
15	16	946	16	0
16	17	991	17.1	0.1
17	18	1049	18	0
18	19	1108	19.2	0.2
19	20	1166	20.1	0.1
20	25	1458	25.3	0.3
21	30	1750	29.8	0.2
22	35	2040	35.1	0.1
23	40	2332	40.2	0.2
24	45	2624	44.7	0.3
25	50	2916	50.1	0.1



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian HC-SR04

Dari hasil pengujian sensor HCSR-04 didapatkan rata-rata error pengukuran berada pada rentang 0–0,3 cm, yang menunjukkan tingkat akurasi tinggi. Hal ini membuktikan bahwa sensor HC-SR04 dapat digunakan secara efektif untuk memantau ketinggian air dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil, sehingga layak diterapkan dalam sistem kontrol pompa air berbasis IoT.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* PLTS dan kontrol pompa air berbasis IoT yang dirancang mampu berfungsi dengan baik. Panel surya berkapasitas 30 W dapat mengisi baterai 12 V/7 Ah dengan efisiensi rata-rata 80–92%. Pompa air SANKI M5A bekerja stabil dengan konsumsi daya  $\pm 42$  W dan debit aliran sekitar 4 liter/menit. Sensor water level dan HC-SR04 terbukti akurat dalam mendeteksi ketinggian air dengan error maksimal 0,3 cm, serta data dapat dimonitor secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Sistem ini layak digunakan untuk kebutuhan air rumah tangga maupun irigasi skala kecil secara berkelanjutan.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Wijaya and Z. Lutfiyani, “RANCANG BANGUN PROTOTYPE KENDALI MOTOR POMPA TENDON AIR DENGAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PLTS DAN PLN,” *J. Tek. Elektro Raflesia*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, Oct. 2021.
- [2] M. M. Wibowo and R. Nandika, “PENGEMBANGAN TRAINER KIT PADA PRAKTIKUM MIKROKONTROLER BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN BLYNK,” *SIGMA Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 295–304, Nov. 2022, doi: 10.33373/sigmateknika.v5i2.4601.
- [3] A. R. Wijaya, Z. Lutfiyani, and P. Raflesia, “RANCANG BANGUN PROTOTYPE KENDALI MOTOR POMPA TENDON AIR DENGAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PLTS DAN PLN,” vol. 1, no. 2, 2021.
- [4] D. Erwanto, D. A. Widhining K., and T. Sugiarto, “SISTEM PEMANTAUAN ARUS DAN TEGANGAN PANEL SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *MULTITEK Indones.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–12, Aug. 2020, doi: 10.24269/mtkind.v14i1.2195.

- [5] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "SISTEM MONITORING BEBAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO NODEMCU ESP8266," *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, Jun. 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [6] Z. Arifin, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID 5 KWH," *Appl. Ind. Eng. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 27–34, Jun. 2022, doi: 10.33633/aiej.v6i1.6463.
- [7] Udin, H. Hamrul, and Muh. F. Mansyur, "PROTOTYPE SISTEM MONITORING KEKERUHAN SUMBER MATA AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 66–72, Dec. 2021, doi: 10.52158/jacost.v2i2.219.
- [8] W. Sari and G. Priyandoko, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA RUANG ISOLASI COVID-19 BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN SENSOR SHARP GP2Y1010AU0F," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*.