

MONITORING TENAGA PANEL SURYA BERBASIS IoT (*INTERNET of THINGS*) DI LAHAN PADI

Alief Nurul Malik¹⁾, Weny Indah Kusumawati^{2*)}, Pauladie Susanto³⁾, Harianto⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika
Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya
Email: weny@dinamika.ac.id

Dikimkan: 09 Juni 2023.

Direvisi: 24 Juni 2024.

Diterima: 31 Juli 2024.

Abstrak

Saat ini, sebagian area sawah di suatu daerah memerlukan penerangan untuk memudahkan kegiatan petani pada malam atau pagi hari. Untuk meminimalkan kegiatan siang hari, petani juga bekerja di malam hari atau dini hari, misalnya untuk melindungi ladang dari tikus ladang yang berbahaya. Penelitian awal telah dibuat alat pemantau daya panel surya (solar panel) dengan basis Internet of Things, tetapi sensor arus tidak membantu arus DC dan tidak ada lampu penunjuk (indikator) untuk menyalakan lampu. Berdasarkan problem diatas, dirancang peralatan monitoring panel surya dengan basis Internet of Things sekaligus perhitungan arus dan daya DC serta penerangan sawah dengan indikator. Peralatan monitoring energi panel surya ini adalah panel surya untuk sumber pengganti, NodeMCU ESP32 bekerja sebagai sistem penerangan dan pemantauan, yang menerima masukan dari sensor tegangan yang berfungsi untuk mengatur tegangan, dan sensor arus mendeteksi arus yang masuk ke baterai. Analisis yang diperoleh dari penelitian adalah lampu DC dapat dihidupkan/dimatikan berdasarkan data sensor arus sensor dan tegangan yang berhasil digabungkan dengan akurasi 2.86% dan 36.97% dibanding dengan Avometer, dan monitoring menggunakan MQTT dapat diselesaikan dengan kecepatan transfer data yang berhasil sebesar 73.33%.

Kata kunci: Internet of Things, MQTT, Monitoring Daya, Solar Panel.

Abstract

Currently, some rice fields in an area require lighting to facilitate farmer activities at night or in the morning. To minimize daytime activities, farmers also work at night or early in the morning, for example to protect fields from dangerous field mice. Initial research has made a solar panel power monitoring device on the basis of the Internet of Things, but the current sensor does not help DC current and there is no indicator light (indicator) to turn on the light. Based on the above problems, solar panel monitoring equipment is designed on the basis of the Internet of Things as well as calculation of DC current and power as well as field lighting with indicators. This solar panel energy monitoring equipment is a solar panel for a replacement source, NodeMCU ESP32 works as a lighting and monitoring system, which receives input from a voltage sensor which functions to regulate voltage, and a current sensor detects the current entering the battery. The analysis obtained from the research is that DC lamps can be turned on/off based on current sensor data and voltage which are successfully combined with an accuracy of 2.86% and 36.97% compared to Avometer, and monitoring using MQTT can be completed with a successful data transfer rate of 73.33%.

Keyword: Internet of Things, MQTT, Power Monitoring, Solar Panels.

PENDAHULUAN

Saat ini masih banyak permasalahan pada sawah yang memerlukan penerangan untuk mempermudah petani bekerja pada malam atau pagi hari. Guna meminimalisir kegiatan siang hari, petani menyelesaikan pekerjaannya pada malam/pagi hari, contohnya menjaga sawah dari serangan tikus yang dapat membuat sawah menjadi rusak. Tikus sawah telah lama menjadi hama utama tanaman padi, yang hampir setiap musim tanam menyebabkan kerusakan dan kegagalan panen [1]. Tikus sawah suka dengan tempat kotor dan dipenuhi semak belukar untuk tempat berkembang biak. Jika makanan dan perlindungan cukup tersedia, maka batas ruang gerak tikus kurang dari 100m, dan memakan padi mulai dari tengah sawah [2].

Dari uraian di atas, terlihat bahwa aktivitas warga desa belum optimalnya, yang seharusnya dapat dilakukan di malam hari, namun karena tidak adanya penerangan jalan menuju sawah, maka kegiatan ke sawah hanya dapat dilakukan di siang hari saja. Permasalahan lainnya adalah belum optimalnya pengetahuan warga desa mengenai pemanfaatan sumber energi alam, terutama sinar matahari.

Energi matahari merupakan sumber energi tidak terbatas dan ketersediaannya tidak akan pernah berakhir. Energi ini dapat juga digunakan menjadi energi alternatif yang diubah menjadi energi listrik melalui sel surya [3]. Dengan solar panel yang menggunakan cahaya matahari saat siang hari untuk memasok daya baterai, lampu dapat menyala pada malam hari walaupun tidak mendapat bantuan listrik PLN [4].

Penelitian sebelumnya digunakan sensor tegangan dan arus INA219 guna mengukur tegangan dan arus. Arduino Uno R3 dan NodeMCU Esp-32 digunakan sebagai mikrokontroler dengan pengolahan data menggunakan Arduino Uno R3 [5]. Sumber pembangkit adalah panel surya 200 WP yang terdiri dari 4 panel paralel [6]. Baterai yang dipakai pada penelitian ini, memakai baterai basah yang mempunyai tegangan 12v DC 70ah.

Pada penelitian ini, dikembangkan skema pemantauan daya panel surya yang dengan basis IoT (Internet of Things) pada sawah, dan memakai panel surya untuk sumber alternatif, serta NodeMCU ESP32 sebagai sistem kontrol pencahayaan dan pemantauan, dimana masukan diterima dari sensor tegangan yang berfungsi sebagai pengatur tegangan, dan sensor arus yang masuk ke baterai diperoleh dari sensor arus. Harapan yang ingin dicapai adalah aktivitas di malam hari di lingkungan persawahan menjadi semakin mudah dilakukan oleh warga dan mampu memberi bantuan kepada para petani supaya masih mendapatkan pencahayaan pada cuaca mendung maupun gelap.

METODE PENELITIAN

Blok Diagram

ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif, penerus mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini telah menyediakan modul WiFi on-chip, sehingga sangat membantu untuk membuat sistem aplikasi IoT [7]. NodeMCU adalah platform IoT open source, yang berisi perangkat keras berbentuk chip sistem ESP32. Node MCU seperti papan Arduino yang terhubung pada ESP32 [8].

Sensor Tegangan DC



Gambar 3. Sensor Tegangan DC

Modul sensor tegangan berfungsi untuk deteksi tegangan dan pengukuran tegangan DC pada kisaran 0-25V [9]. Modul ini berguna untuk mencari dan mengukur voltase, dan bekerja berdasarkan prinsip yang membagi tegangan resistif, tegangan input dari modul output ini dibagi dengan 5 relatif terhadap tegangan input.

Sensor Arus ACS712



Gambar 4. Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah sensor arus yang aktif berdasar efek medan. ACS712 dapat dipakai untuk mengukur arus DC atau AC. Rangkaian penguat operasional sudah ada pada sensor ACS712 yang mampu meningkatkan sensitivitas pengukuran arus dan mampu mengukur perubahan pada arus yang kecil [10]. Secara garis besar, sensor tersebut banyak dipakai dalam kontrol motor, deteksi beban listrik, kegagalan daya, proteksi kelebihan beban, dll. Sensor arus ACS 712 diproduksi dalam wujud IC yang ringkas, yang bekerja berdasarkan prinsip merespon serta menaksir medan magnet yang dihasilkan di sekitar kabel listrik, menggabungkan fungsi resistor Shu dan transformator arus dalam akurasi pembacaan tinggi sensor arus AC dan DC.

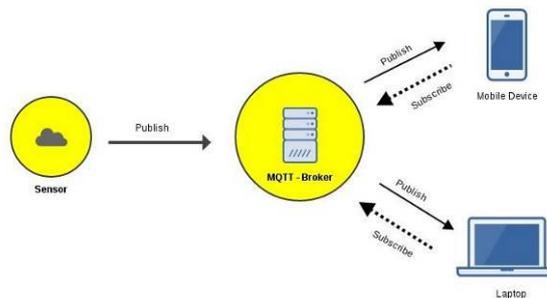
Sensor LDR



Gambar 5. Sensor LDR

Dalam industri elektronik, LDR banyak digunakan sebagai sensor cahaya. Umumnya, LDR bekerja berdasarkan pengaruh intensitas cahaya yang mengenai sensor. Intensitas cahaya mempengaruhi nilai resistansi LDR [11].

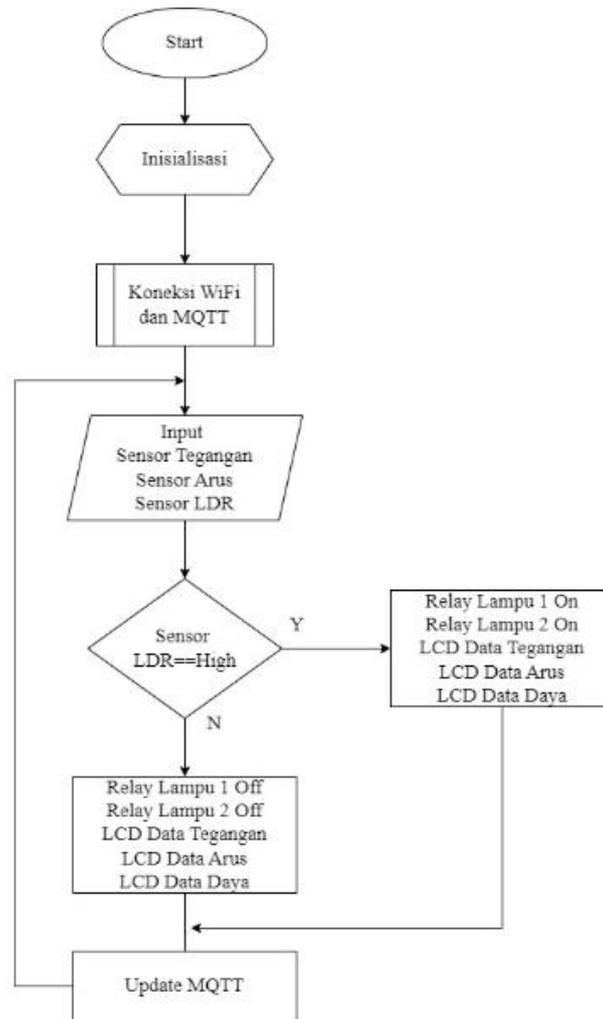
Protokol MQTT



Gambar 6. Arsitektur MQTT

MQTT adalah protokol komunikasi publish-subscribe ringan yang dipakai di atas rangkaian protokol TCP/IP. Protokol ini dibuat untuk koneksi pada bandwidth jaringan terbatas. Model publish-subscribe ini membutuhkan broker pesan. Broker pesan berkewajiban untuk menyalurkan pesan ke klien atas dasar topik [12]. Klien adalah siapa saja dengan siapa broker dapat mengirim atau menerima pesan. Klien bisa berwujud sensor yang mengirim variabel data terukur, dan pusat data yang memroses semua data [13].

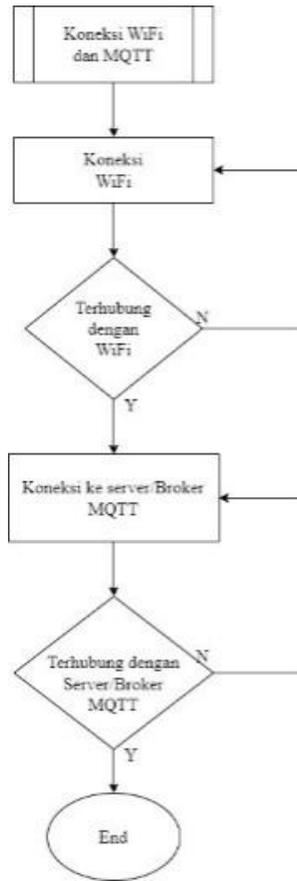
Flowchart Kontrol Sistem



Gambar 7. Flowchart Kontrol Sistem

Diagram alir sistem kendali pada Gambar 7 menjelaskan bahwa pada saat saklar alat dinyalakan akan membaca data berupa tegangan, arus, serta nilai sensor LDR, dan menghubungkan ESP 32 dengan server MQTT. Lalu memeriksa sensor LDR tinggi (High) atau rendah (Low). Jika High, maka relai lampu 1 dan relai lampu 2 menyala, dan LCD menampilkan informasi sensor arus, sensor tegangan, dan sensor daya, yang kemudian dikirim ke relai MQTT. Ketika sensor LDR rendah (Low), relai lampu 1 dan relai lampu 2 dimatikan dan data sensor arus, tegangan, dan daya yang dikirim ke server MQTT ditampilkan pada LCD.

Flowchart Komunikasi MQTT

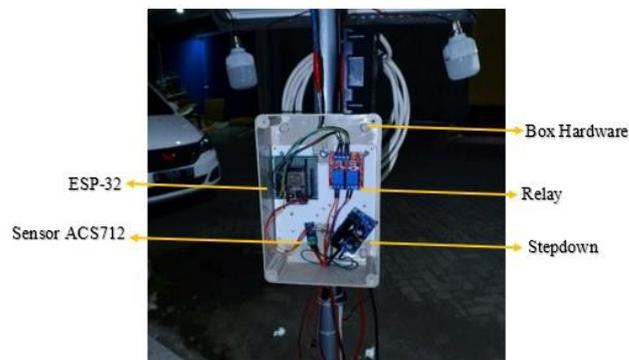


Gambar 8. Flowchart Komunikasi MQTT

Gambar 8 menunjukkan flowchart komunikasi MQTT yaitu menghubungkan ke jaringan Wi-Fi. Jika tidak tersambung ke Wi-Fi, maka mencoba menyambung ke jaringan Wi-Fi lagi. Setelah tersambung ke Wi-Fi, menyambungkan ke broker atau server MQTT. Namun, jika tidak terkoneksi ke server MQTT, dicoba menyambung kembali ke broker MQTT atau server, kemudian melanjutkan membaca data sensor tegangan, arus, dan daya.

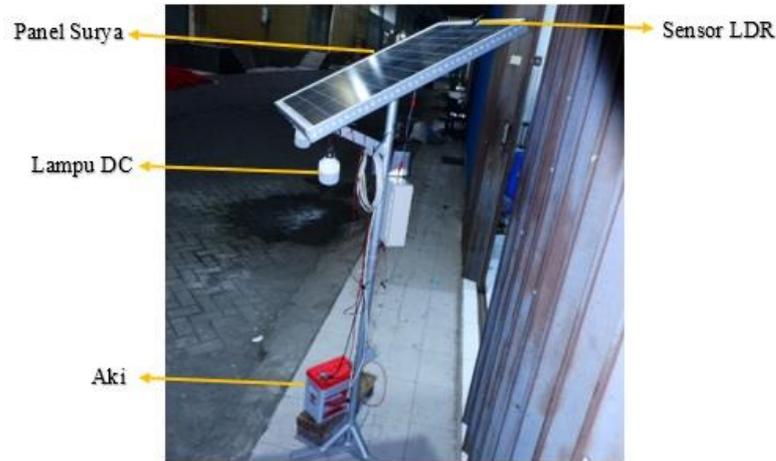
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Alat



Gambar 9. Hasil Perancangan Peralatan (1)

Gambar 9 adalah kotak perangkat keras, dimana hardware tersebut memiliki 1 ESP-32, 2 relay 5v, 1 sensor arus ACS712 dan 1 stepper.



Gambar 10. Hasil Perancangan Peralatan (2)

Gambar 10 menunjukkan 1 panel surya, 1 sensor LDR di atas panel surya, dua lampu DC di bawah panel surya, serta 1 Aki di bawah kotak perangkat keras.



Gambar 11. Hasil Perancangan Peralatan (3)

Gambar 11 menunjukkan 1 panel surya, 1 sensor LDR, 2 lampu DC dan 1 Aki.

Uji Sensor Modul LDR Dengan Lampu

Uji ini dijalankan untuk melihat apakah benar lampu bohlam dapat dinyalakan oleh sensor. Pengujian sensor modul LDR dan lampu memiliki beberapa langkah ini: (1) Menghubungkan ESP-32 ke modul LDR;

(2) Menghubungkan laptop ke jaringan Wi-Fi; (3) Mengakses program yang sudah dibuat di program aplikasi Arduino IDE pada ESP32; (4) Mengklik tombol unggah untuk mengunggah program pada program Arduino IDE, kemudian Serial Monitor terbuka; (5) Menanti pembacaan alat pada nilai sensor modul LDR mendapat atau tidak mendapat cahaya. Nilai terukur ditampilkan di monitor serial; (6) Saat ada lampu, nilai LED pada tampilan serial adalah 1, dan saat tidak ada lampu, nilai off pada tampilan serial adalah 0.

Pada Tabel 1 di bawah ini, lampu menyala pada malam hari dimulai dari pukul 17.00 dan padam mulai pukul 06.00 pagi.

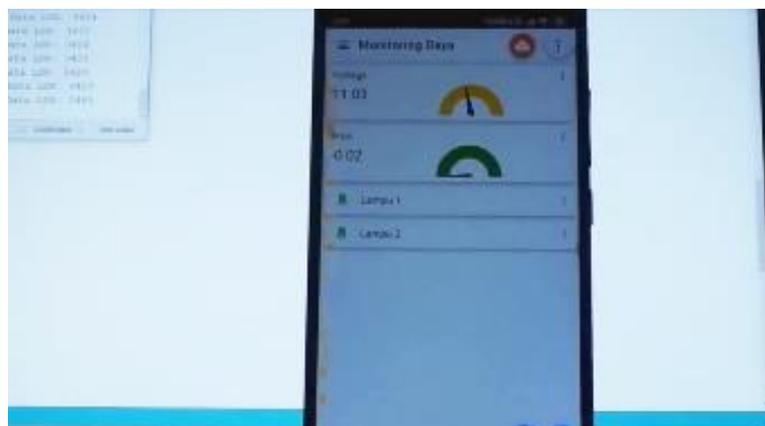
Tabel 1. Uji Modul LDR Pada Lampu

No.	Jam	Status Lampu
1.	06.00	Padam
2.	07.00	Padam
3.	08.00	Padam
4.	09.00	Padam
5.	10.00	Padam
6.	11.00	Padam
7.	12.00	Padam
8.	13.00	Padam
9.	14.00	Padam
10.	15.00	Padam
11.	16.00	Padam
12.	17.00	Menyala
13.	18.00	Menyala

Kondisi lampu dimasukkan ke dalam tabel, yaitu menyala atau padam saat pagi hari, siang hari, sore hari, serta malam hari mampu bekerja dengan baik. Percobaan dilakukan 13 kali. Cara mengukur sensor LDR adalah sekrup kecil di sensor diputar, sampai sensitivitasnya cocok dengan cahaya pada saat cerah dan mendung.

Uji Monitoring Dengan MQTT

Uji coba ini bertujuan untuk menentukan apakah ESP 32 mampu dihubungkan ke MQTT dan apakah bekerja dengan lancar pada waktu MQTT mengirim nilai sensor tegangan, arus, serta LDR ke broker.



Gambar 12. Uji Monitoring Dengan MQTT

Langkah-langkah untuk menguji MQTT adalah sebagai berikut: (1) Memastikan laptop terhubung ke jaringan WiFi; (2) Program yang sudah dibuat di Arduino IDE dibuka; (3) Mengonfigurasi WiFi di program supaya ESP32 terhubung ke jaringan WiFi dan juga MQTT; (4) Mengunggah program, dengan mengklik tombol unduh di Arduino IDE; (5) Nilai dibaca peralatan dari sensor tegangan-arus dan modul sensor LDR, serta mengirimkannya ke broker; (6) Komunikasi MQTT dianggap berhasil apabila broker dapat menerima nilai sensor tegangan-arus, dan nilai LDR dikirimkan. Jika komunikasi gagal, operasi tidak diterima oleh broker, tetapi berulang sampai broker menerima nilai yang dikirim yaitu nilai sensor tegangan-arus dan nilai modul sensor LDR; (7) Aplikasi web MQTT dibuka di browser Chrome, Opera atau Firefox; (8) Kemudian web program MQTT menampilkan informasi tentang sensor arus tegangan dan informasi modul sensor LDR.

Hasil pengujian pada Tabel 2 adalah perangkat mampu melakukan komunikasi MQTT, namun masih memiliki delapan kesalahan. Pesan ini tidak dapat dikirim karena koneksi antara ESP-32 dan WiFi harus diulangi kembali.

Tabel 2. Uji Monitoring Dengan MQTT

No.	Status Data MQTT	Keterangan
1	✓	Terkirim
2	✓	Terkirim
3	✓	Terkirim
4	✓	Terkirim
5	✗	Tidak Terkirim
6	✓	Terkirim
7	✓	Terkirim
8	✓	Terkirim
9	✗	Tidak Terkirim
10	✗	Tidak Terkirim
11	✓	Terkirim
12	✓	Terkirim
13	✓	Terkirim
14	✓	Terkirim
15	✓	Terkirim
16	✓	Terkirim
17	✓	Terkirim
18	✗	Tidak Terkirim
19	✗	Tidak Terkirim
20	✗	Tidak Terkirim
21	✓	Terkirim
22	✓	Terkirim
23	✗	Tidak Terkirim
24	✗	Tidak Terkirim
25	✓	Terkirim
26	✓	Terkirim
27	✓	Terkirim

No.	Status Data MQTT	Keterangan
28	✓	Terkirim
29	✓	Terkirim
30	✓	Terkirim

Akurasi pengiriman data MQTT pada penelitian ini adalah 73.33%. Untuk menentukan keakuratan kategori berhasil komunikasi MQTT, ditentukan dengan rumus berikut:

$$Akurasi = \left(\frac{\text{Jumlah Pesan terkirim}}{\text{Jumlah total pengujian}} \right) \times 100\% \dots (1)$$

$$Akurasi = \left(\frac{22}{30} \right) \times 100\% = 73.33\%$$

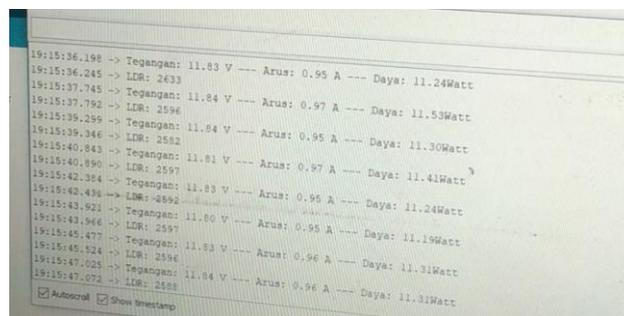
Untuk menghitung nilai akurasi MQTT, jumlah pesan yang dikirim pada Tabel 2 di atas dibagi dengan jumlah total 30 kali uji komunikasi MQTT, kemudian hasil bagi nya dikali 100%, supaya didapatkan nilai akurasi dalam persentase (%). Jika dihitung dengan rumus, nilai akurasi komunikasi MQTT adalah 73.34%.

Uji Sensor Tegangan

Pada uji ini, ingin diketahui apakah tegangan alat dapat dibaca oleh sensor tegangan dan membandingkannya dengan avometer dengan memakai input 1 sebagai modem dan input 2 sebagai lampu. Langkah-langkah untuk menguji sensor tegangan adalah: (1) Laptop dibuka; (2) Mengakses program yang dibuat menggunakan Arduino IDE; (3) Memeriksa program dengan mengeklik "Compile" di Arduino IDE; (4) Program dijalankan dengan cara mengeklik tombol unggah dan "Serial Monitor" di Arduino IDE; (5) Menanti pembacaan data oleh perangkat dari sensor tegangan, setelah itu data yang dibaca ditampilkan di Serial Monitor; (6) Data hasil dari pembacaan sensor tegangan disimpan.



Gambar 13. Penghitungan Tegangan Avometer



Gambar 14. Hasil Tegangan, Arus, dan LDR pada Serial Monitor

Nilai error pengujian sensor tegangan berdasarkan Tabel 3 di bawah ini adalah rata-rata dari 30 pengujian, yang didapatkan dari rumus:

$$Error = \left(\frac{\text{nilai avo} - \text{nilai sensor tegangan}}{\text{nilai avo}} \right) \times 100\% \quad \dots (2)$$

Hasil persentase kesalahan ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai persentase kesalahan dirata-ratakan dengan menjumlahkan semua persentase kesalahan dibagi dengan 30 pengujian, sehingga dari Tabel 3 didapatkan nilai kesalahan rata-rata adalah 2.86%.

Tabel 3. Pengujian Sensor Tegangan

No.	Nilai Avometer (V)	Nilai Sensor Tegangan (V)	Pemakai Beban		Error (%)
			Modem	Lampu	
1.	12.1	11.83	√	√	2.23
2.	12.2	11.82	√	√	3.11
3.	12.2	11.82	√	√	3.11
4.	12.3	11.83	√	√	3.82
5.	12.2	11.84	√	√	2.95
6.	12.2	11.82	√	√	3.11
7.	12.2	11.82	√	√	3.11
8.	12.4	11.82	√	√	4.68
9.	12.1	11.82	√	√	2.31
10.	12.1	11.83	√	√	2.23
11.	12.2	11.84	√	√	2.95
12.	12.3	11.83	√	√	3.82
13.	12.1	11.82	√	√	2.31
14.	12.1	11.82	√	√	2.31
15.	12.3	11.83	√	√	3.82
16.	12.3	11.87	√	-	3.50
17.	12.1	11.89	√	-	1.74
18.	12.1	11.88	√	-	1.82
19.	12.1	11.88	√	-	1.82
20.	12.2	11.89	√	-	2.54
21.	12.3	11.89	√	-	3.33
22.	12.4	11.88	√	-	4.19
23.	12.2	11.88	√	-	2.62
24.	12.3	11.87	√	-	3.50
25.	12.3	11.87	√	-	3.50
26.	12.1	11.89	√	-	1.74
27.	12.1	11.89	√	-	1.74
28.	12.2	11.88	√	-	2.62
29.	12.2	11.89	√	-	2.54
30.	12.2	11.88	√	-	2.62
Rata-rata error					2.86

Untuk setiap pengujian pada Tabel 3, persentase kesalahan diberikan dengan memakai rumus nomor 2, yaitu mengurangi nilai avometer dengan nilai dari sensor tegangan, membaginya dengan nilai avometer, dan mengalikannya dengan 100%. Tabel 3 juga menunjukkan persentase rata-rata nilai error yang

diperoleh dengan cara menjumlahkan seluruh persentase nilai error, kemudian dibagi dengan 30 kali pengujian. Nilai rata-rata error yang diperoleh yaitu 2.86 %.

Uji Sensor Arus ACS712

Percobaan ini, ingin diketahui benarkah sensor arus ACS712 mampu membaca peralatan dan membandingkannya dengan Avometer yang memakai beban input 1 berupa modem, dan beban 2 lampu. Uji ini mengukur arus dan menentukan tegangan input-output saat beban dihidupkan dan dimatikan. Beban yang dimaksud adalah 1 modem jaringan WiFi dan 2 lampu.

Langkah-langkah untuk menguji arus sensor ACS712 adalah: (1) Laptop dibuka; (2) Mengakses program yang sudah dibuat menggunakan Arduino IDE; (3) Memeriksa program dengan mengklik "Compile" di Arduino IDE; (4) Program dijalankan dengan cara mengeklik tombol unggah dan "Serial Monitor" di Arduino IDE; (5) Ditunggu sampai perangkat membaca data berupa aliran dari sensor ACS712, kemudian data yang dibaca tersebut ditampilkan pada serial monitor; (6) Menyimpan data hasil yang dibaca dari sensor ACS712.

Tabel 4, dari 30 kali pengujian, nilai error sensor arus ACS712 menggunakan rumus dibawah ini:

$$Error = \left(\frac{\text{nilai avo} - \text{nilai sensor arus}}{\text{nilai avo}} \right) \times 100\% \dots (3)$$

Hasil tingkat kesalahan ditunjukkan di Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan rata-rata persentase nilai kesalahan yang diperoleh dengan cara menjumlahkan keseluruhan persentase kesalahan, lalu dibagi dengan banyaknya pengujian yang dilakukan dengan sensor arus ACS712 yaitu 30 kali, dan memberikan nilai kesalahan rata-rata sebesar 36.97%.

Tabel 4. Uji dengan Sensor Arus ACS712

No.	Nilai Avometer (V)	Nilai Sensor Arus ACS712 (Amp)	Pemakai Beban		Error (%)
			Modem	Lampu	
1.	1.1	0.96	✓	✓	12.72
2.	1.1	0.94	✓	✓	14.54
3.	1.1	0.95	✓	✓	13.63
4.	1.2	0.94	✓	✓	21.66
5.	1.2	0.95	✓	✓	20.83
6.	1.1	0.96	✓	✓	12.72
7.	1.1	0.95	✓	✓	13.63
8.	1.2	0.94	✓	✓	21.66
9.	1.2	0.94	✓	✓	21.66
10.	1.1	0.96	✓	✓	12.72
11.	1.1	0.95	✓	✓	13.63
12.	1.2	0.95	✓	✓	20.83
13.	1.1	0.95	✓	✓	13.63
14.	1.1	0.96	✓	✓	12.72
15.	1.1	0.96	✓	✓	12.72
16.	1.1	0.47	✓	-	57.27
17.	1.1	0.47	✓	-	57.27
18.	1.1	0.48	✓	-	56.36
19.	1.2	0.47	✓	-	60.83

No.	Nilai Avometer (V)	Nilai Sensor Arus ACS712 (Amp)	Pemakai Beban		Error (%)
			Modem	Lampu	
20.	1.2	0.49	√	-	59.16
21.	1.2	0.46	√	-	61.66
22.	1.1	0.47	√	-	57.27
23.	1.1	0.48	√	-	56.36
24.	1.1	0.48	√	-	56.36
25.	1.1	0.48	√	-	56.36
26.	1.2	0.49	√	-	59.16
27.	1.2	0.46	√	-	61.66
28.	1.1	0.48	√	-	56.36
29.	1.1	0.48	√	-	56.36
30.	1.1	0.47	√	-	57.27
Rata-rata error					39.97

Setiap uji coba pada Tabel 4 memiliki persentase kesalahan menggunakan rumus 3, yaitu nilai avometer dikurangkan dengan nilai sensor ACS712, kemudian dibagi dengan nilai avometer, dan dikalikan 100%. Tabel 4 juga menunjukkan nilai rata-rata persentase kesalahan yang diperoleh dengan menjumlahkan semua persentase kesalahan dibagi dengan 30 pengujian sensor arus ACS712. Rata-rata nilai error yang diperoleh pada Tabel 4 sebesar 36.97%.

Uji Daya

Dengan pengujian ini, apakah pemantauan lampu perangkat dan nilai daya output dan input modem bekerja dengan baik? Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur dan mengecek nilai daya guna kinerja alat seperti Tabel 5 dibawah ini. Langkah-langkah untuk uji daya adalah: (1) Laptop disiapkan; (2) Menjalankan program Arduino IDE; (3) Mengklik tombol “Compile” di Arduino IDE untuk memeriksa program; (4) Kemudian program dijalankan dengan mengklik tombol unggah dan tombol Serial Monitor di Arduino IDE; (5) Menanti pembacaan data dari sensor arus ACS712 dan sensor tegangan, kemudian menampilkan data yang sudah dibaca tersebut pada Serial Monitor; (6) Data sensor arus ACS712 dan sensor tegangan disimpan, dimana nilai daya diperoleh dari rumus dengan cara mengalikan nilai tegangan dengan nilai arus.

Saat uji hasil, nilai daya dapat dicari dengan mengalikan tegangan dan arus dengan rumus:

$$Daya = tegangan \times arus \dots (4)$$

Tabel 5. Uji Daya

No.	Nilai Tegangan (V)	Nilai Arus (Amp)	Nilai Daya (Watt)
1.	11.83	0.95	11.24
2.	11.83	0.94	11.12
3.	11.83	0.96	11.36
4.	11.83	0.94	11.12
5.	11.83	0.95	11.24
6.	11.83	0.94	11.12
7.	11.84	0.95	11.25
8.	11.84	0.96	11.37
9.	11.85	0.95	11.26

10.	11.84	0.95	11.25
11.	11.84	0.94	11.13
12.	11.85	0.96	11.38
13.	11.83	0.95	11.24
14.	11.83	0.96	11.36
15.	11.84	0.96	11.37
16.	11.90	0.97	11.54
18.	11.89	0.98	11.65
19.	11.88	0.97	11.52
20.	11.88	0.99	11.76
21.	11.88	0.96	11.40
22.	11.90	0.97	11.54
23.	11.89	0.98	11.65
24.	11.89	0.98	11.65
25.	11.90	0.98	11.66
26.	11.90	0.99	11.78
27.	11.90	0.96	11.42
28.	11.89	0.98	11.65
29.	11.90	0.98	11.66
30.	11.88	0.97	11.52

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah: (1) Panel surya dirancang agar listrik dapat disimpan dalam baterai. Penerangan lampu DC berhasil dihidupkan/dimatikan berdasarkan data dari sensor arus dan sensor tegangan, serta berhasil digabungkan dengan akurasi 2.86% untuk sensor tegangan dan 36.97% untuk sensor arus dibandingkan dengan Avometer; (2) MQTT berhasil melakukan monitoring dan tingkat sukses (keberhasilan) transfer data adalah 73.34%. Hasil penelitian ini mempunyai perbedaan fokus dari penelitian yang dilakukan oleh [1] dan [3]. Fokus pada penelitian [1] adalah efisiensi biaya, sedangkan fokus pada penelitian [3] adalah penggunaan peralatan yang memerlukan tegangan AC, sedangkan penelitian ini adalah berfokus pada pengukuran besaran-besaran listrik yang dihasilkan oleh panel surya (tegangan dan arus).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Karim and D. Cahyanto, "Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil," *J. EEICT*, vol. 02, no. 1, pp. 22–32, 2019, doi: <http://10.31602eeict.v2i1.2261>.
- [2] T. Preference and F. Rat, "Preferensi Serangan Tikus Sawah (*Rattus argentiventer*) terhadap Tanaman Padi," *Agrovigor J. Agroekoteknologi*, vol. 13, no. 1, pp. 16–21, 2020, doi: [10.21107/agrovigor.v13i1.6249](https://doi.org/10.21107/agrovigor.v13i1.6249).
- [3] B. H. Purwoto, I. F. Huda, F. Teknik, U. M. Surakarta, and P. Surya, "EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2000, doi: <http://dx.doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>.
- [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, p. 1, 2020, doi: [10.24269/mtkind.v14i1.2195](https://doi.org/10.24269/mtkind.v14i1.2195).
- [5] A. Imran and M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32," *J. Media*

- Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020, doi: 10.26858metrik.v17i2.14193.
- [6] D. Riyanto, M. Muhsin, and E. Kurniawan, “Perancangan Listrik Tenaga Surya 200 Wp Sebagai Energi Pompa Air Untuk Sistem Pengairan Sawah Tadah Hujan,” *Multitek Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 131–137, 2021, doi: 10.24269/mtkind.v14i2.2105.
- [7] A. ArjunPratikto, “Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32,” *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022, doi: 10.36040/alinierv3i1.4855.
- [8] P. F. Z. Al-gadri, W. I. Kusumawati, T. Komputer, and U. Dinamika, “Penerapan Controlling Auto Light Dimmer Menggunakan Fuzzy Logic Pada Hidroponik Indoor,” vol. 22, no. 2, pp. 276–289, 2023, doi: 10.33633/tc.v22i2.7799.
- [9] P. S. Ningsih, “Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno,” *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, 2020, doi: 10.31849/sainetin.v5i1.4370.
- [10] F. Baskoro, H. W. Fahruri, M. Widyartono, and ..., “MONITORING ARUS, TEGANGAN, DAN SUHU PADA PROTOTYPE THERMOELECTRIC GENERATOR BERBASIS IoT,” *J. Tek. ...*, vol. 10, no. 1, pp. 137–144, 2021, doi: 10.26740/jte.v10n1.p137-144.
- [11] B. E. Cahyono, I. D. Utami, and N. P. Lestari, “Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO,” vol. 7, no. 2, pp. 179–186, 2019.
- [12] S. Mulyono, S. Farisa, and C. Haviana, “Implementasi MQTT untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Laboratorium,” *J. Transistor Elektro dan Inform. (TRANSISTOR EI)*, vol. 3, no. 3, pp. 140–144, 2018, doi: 10.30659/ei.3.3.140-144.
- [13] I. Harjanto, “IoT Gateway Menggunakan Protokol MQTT pada Perangkat Kendali Berbasis Modbus-RTU,” *J. Ilm. Teknosains*, vol. 6, no. 1, pp. 12–19, 2020, doi: 10.26877/jitek.v6i1.5957.