

SISTEM MONITORING SWITCHING PLTS DAN SOLAR TRACKER DUAL AXIS BERBASIS IOT

Nawan Kurniawan¹, Muh. Yusril Darman², Adriani³, Zahir Zainuddin⁴

¹²³⁴Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail: nawankurniawan868@gmail.com¹, muhammadyusril262@gmail.com², adriani@unismuh.ac.id³, zahir@unhas.ac.id⁴

Abstract— *The purpose of this study is to create an IoT-based solar power plant monitoring system that can facilitate the operation or control of solar power plants. This system was developed using an ESP 8266 microcontroller and Arduino Uno connected to a PZEM 004T sensor and an LDR sensor. The microcontroller plays a role in collecting information from these sensors and sending it directly to the Blynk application via a Wi-Fi connection. The Blynk application allows officers to monitor power, current, and voltage remotely and obtain accurate and consistent data on electrical parameters in the solar power plant. The prototype of this system has been tested on several electrical load parameters with different variations, and the results obtained show that the system is able to identify changes in load parameters with a fairly good level of accuracy. This success has the potential to increase the operational efficiency of solar power plants by providing a faster and more precise method of monitoring power, current, and voltage, as well as reducing the risk of errors that may arise in manual supervision. This research also opens up opportunities for further development, such as the integration of notification or alarm systems and the addition of other sensors to monitor electrical parameters in solar power plants.*

Intisari— Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sistem pemantauan PLTS berbasis IoT yang dapat mempermudah pengoperasian atau pengendalian PLTS. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler ESP 8266 dan Arduino Uno yang dihubungkan dengan sensor PZEM 004T serta sensor LDR. Mikrokontroler tersebut berperan dalam mengumpulkan informasi dari sensor-sensor tersebut dan mengirimkannya secara langsung ke aplikasi Blynk melalui sambungan Wi-Fi. Aplikasi Blynk memungkinkan petugas untuk memonitor daya, arus, dan tegangan secara remote dan memperoleh data yang tepat serta konsisten mengenai parameter listrik pada PLTS. Prototype dari sistem ini telah diuji pada beberapa parameter muatan listrik dengan variasi yang berbeda, dan hasil yang didapat menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi perubahan parameter muatan dengan tingkat ketepatan yang cukup baik. Keberhasilan ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional PLTS dengan memberikan metode yang lebih cepat dan tepat dalam memantau daya, arus, dan tegangan, serta mengurangi risiko kesalahan yang mungkin muncul dalam pengawasan manual. Penelitian ini juga membuka peluang untuk perkembangan lebih lanjut, seperti integrasi sistem notifikasi atau alarm dan penambahan sensor lainnya untuk memantau parameter listrik di PLTS.

Kata Kunci— PLTS, *Internet of Things*, ESP 8266, Arduino Uni, Sensor, Aplikasi *Mobile*

I. PENDAHULUAN

Ketergantungan Indonesia pada energi fosil yang tinggi telah menciptakan kerentanannya terhadap fluktuasi harga energi global dan dampak lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca. Sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, energi surya menawarkan solusi yang sangat relevan, mengingat potensi besar yang dimiliki Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa. Posisi geografis Indonesia di daerah ekuator, yang telah membagi bola bumi menjadi dua bagian, menyebabkan ketersediaan sinar matahari yang hampir sepanjang tahun, kecuali saat musim hujan atau saat awan tebal menghalang sinar matahari.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi, namun efisiensi pemanfaatannya masih sangat dipengaruhi oleh posisi tetap panel surya terhadap matahari. Di sinilah teknologi *solar tracker dual axis* berperan. Dengan *solar tracker dual axis*, panel surya dapat bergerak mengikuti pergerakan matahari secara lebih optimal, baik secara horizontal maupun vertikal, yang dapat meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan.

Untuk mengoptimalkan kinerja PLTS dan *solar tracker*, dibutuhkan sistem monitoring yang efektif. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring switching PLTS dan *solar tracker dual axis* dapat memberikan solusi yang lebih efisien dan praktis. Melalui IoT, pemantauan real-time terhadap daya, arus, tegangan, dan posisi panel surya dapat dilakukan secara jarak jauh. Hal ini memungkinkan operator untuk mengontrol dan mengatur aliran energi dengan lebih baik. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengelolaan pemeliharaan yang lebih efisien melalui analisis data yang terkumpul.

Berdasarkan studi literatur dari penelitian sebelumnya, penulis menemukan bahwa alat PLTS yang dikembangkan oleh peneliti sebelumnya masih memiliki beberapa kelemahan. Sistem yang telah ada sebelumnya hanya berfokus pada aspek *switching* atau *solar tracker* berbasis IoT saja, dan aplikasi yang digunakan terbatas pada Telegram.

Untuk itu, kami mengembangkan **Sistem Monitoring Switching PLTS dan Solar Tracker Dual Axis Berbasis IoT** yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Alat ini dirancang untuk membantu pengguna dalam memonitor dan mengontrol daya, arus, tegangan, serta switching pada sistem PLTS secara efisien dan praktis. Dengan integrasi *solar tracker dual axis*, alat ini dapat

mengoptimalkan penyerapan energi matahari, sehingga meningkatkan efisiensi kinerja PLTS secara keseluruhan.

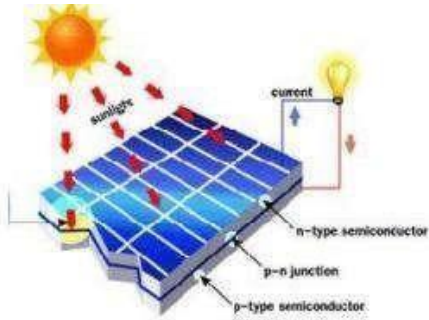
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things merupakan suatu ide di mana objek dapat mengirimkan atau mentransfer data melalui jaringan tanpa perlu bantuan komputer dan manusia. IoT, yang merupakan singkatan dari *Internet of Things*, saat ini sedang mengalami banyak kemajuan.

B. Panel Surya

Panel Surya merupakan perangkat yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Ada dua jenis teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan energi surya, yaitu fotovoltaik dan termal.

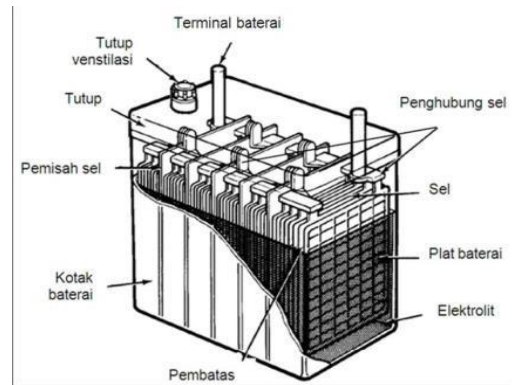


Gbr 1. Mekanisme cara Kerja Panel Surya dengan Prinsip p-n Junction

Dari ilustrasi Gbr. 1, dapat dilihat bagaimana fungsi panel surya berdasarkan prinsip sambungan p-n. Prinsip sambungan p-n adalah cara kerja sel surya dengan metode tradisional. Struktur dasar semikonduktor terdiri dari ikatan atom yang mengandung elektron. Semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan hole (muatan positif) pada strukturnya, sedangkan semikonduktor tipe-n memiliki kelebihan elektron (muatan negatif). Keadaan ini terjadi akibat proses pengdopanan material dengan atom-atom dopan. Misalnya, untuk mendapatkan silikon tipe-n, silikon didop dengan atom fosfor, sementara untuk silikon tipe-p, silikon didop dengan atom boron.

C. Aki (Baterai)

Baterai adalah perangkat yang menyimpan energi listrik melalui reaksi kimia. Reaksi elektrokimia terjadi ketika di dalam baterai terjadi transformasi dari energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya, dari listrik menjadi energi kimia dengan cara pengisian ulang melalui elektroda-elektroda baterai dengan mengalirkan arus listrik dalam arah yang bertolak belakang pada sel..



Gbr 2. Aki

D. Solar Charge Controller

Pengontrol Pengisian Tenaga Surya adalah alat elektronik yang berfungsi untuk mengatur arus DC yang disuplai ke baterai serta yang diambil dari baterai untuk keperluan beban. Alat ini mencegah terjadinya pengisian berlebihan (overcharging) ketika baterai sudah mencapai kapasitas penuh, serta mengatasi kelebihan tegangan yang mungkin timbul dari panel surya atau sel surya. Pengontrol ini menggunakan teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur proses pengisian baterai dan distribusi arus dari baterai menuju beban. Panel surya dengan tegangan 12 Volt umumnya menghasilkan output tegangan berkisar antara 16 hingga 21 Volt.



Gbr 3. Solar Cahrger Controller

E. Inverter

Inverter merupakan alat elektronik yang memiliki tugas untuk mengonversi arus dan tegangan searah (DC = Arus Searah) menjadi arus dan tegangan bolak-balik (AC = Arus Bolak-Balik). Sumber arus DC dapat diperoleh dari sistem panel tenaga surya atau dari baterai/akumulator. Secara umum, arus bolak-balik merujuk pada tegangan yang berasal dari jaringan listrik, yang di Indonesia dikenal sebagai listrik dari PLN. Karakteristik dari

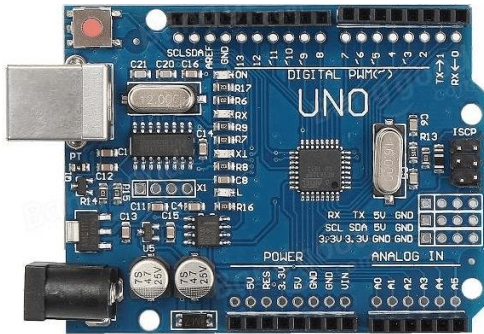
Tegangan AC ini merupakan jenis gelombang sinusoida yang murni. dengan laju 50 Hz pada tegangan 220 V. Secara umum, ada dua tipe bentuk tegangan AC yang dihasilkan oleh inverter, yaitu gelombang sinusoida dan gelombang persegi.



Gbr 4. Inverter

F. Arduino Uno

Arduino merupakan platform elektronik yang bersifat terbuka dan user-friendly. Papan Arduino dirilis dengan lisensi creative commons, memungkinkan desainer sirkuit berpengalaman untuk menciptakan modul versi mereka sendiri, melakukan pengembangan, dan melakukan perbaikan. Di sisi lain, bahkan pengguna yang kurang berpengalaman pun bisa merakit papan versi pribadi mereka dengan memanfaatkan breadboard, untuk memahami fungsinya sekaligus mengurangi pengeluaran.



Gbr 5. Arduino Uno

G. Modul Relay 4 Channel

Relay merupakan sebuah saklar yang dioperasikan oleh aliran listrik. Di dalam relay terdapat kumparan dengan tegangan rendah yang dililitkan pada inti. Ada armatur dari besi yang akan ditarik ke arah inti saat arus listrik mengalir melalui kumparan. Armatur ini dipasang pada tuas yang dilengkapi pegas. Saat armatur tertarik ke

inti, kontak. Jalur bersama akan berpindah dari keadaan kontak normal-tertutup menjadi kontak normal-terbuka.



Gbr 6. Relay Modul 4 Channel

H. ESP8266

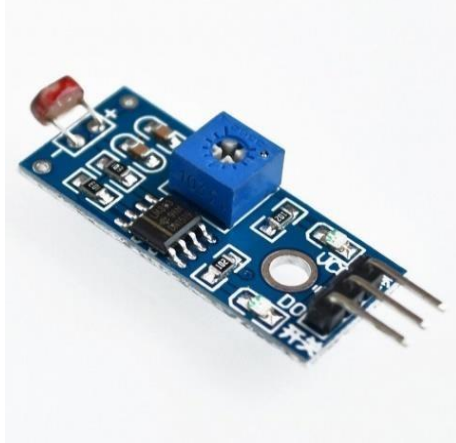
Modul ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang terjangkau dengan dukungan lengkap untuk fungsi TCP/IP. Modul ini dibuat oleh produsen asal Tiongkok, Espressif. Pada tahun 2014, AI-Thinker, sebagai produsen pihak ketiga, merilis modul ESP-01, yang menggunakan perintah AT untuk konfigurasi. Biaya yang rendah, efisiensi energi, dan ukuran modul yang kompak membuat banyak pengembang tertarik untuk lebih mengeksplorasi modul ini.



Gbr 7. Modul ESP8266-01

I. Sensor LDR

LDR adalah singkatan dari Light Dependent Resistor, yang juga dikenal sebagai photoresistor. Light Dependent Resistor adalah komponen elektronika yang biasa kita jumpai dalam berbagai jenis resistor. Ini disebabkan oleh kenyataan bahwa LDR sangat peka terhadap cahaya, sehingga sensor LDR sering dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Beberapa contoh penerapannya meliputi pengaturan pencahayaan pada lampu, pengukuran cahaya untuk fotografi, saklar otomatis, dan lain-lain. Sensor cahaya LDR mempunyai nilai resistansi yang bersifat variabel atau tidak tetap. Nilai ini berubah sesuai dengan tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh sensor tersebut. Semakin banyak cahaya yang diterima, semakin rendah nilai resistensinya.



Gbr 8. Sensor LDR



Gbr. 10 Relay MK2P

J. Servo

Servo adalah alat atau aktuator rotasi (motor) yang dibuat dengan sistem kontrol umpan balik tertutup, sehingga dapat mengatur dan menetapkan posisi sudut dari sumbu keluaran motor. Kekuatan yang dimiliki motor servo beragam, dari beberapa watt hingga ratusan watt. Motor servo dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, seperti sistem pemantauan, alat mesin, dan lainnya. Motor servo terbagi menjadi dua jenis, yaitu motor servo AC dan DC.



Gbr 9. Servo

K. Relay MK2P

Relay MK2P adalah jenis relay elektromagnetik dengan desain yang kokoh dan handal. Dengan 8 pin, relay ini digunakan untuk mengontrol beban listrik dengan daya menengah hingga tinggi. Desainnya yang tahan lama dan performa yang stabil membuatnya cocok digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan otomatisasi.

L. Sensor PZEM004T

PZEM004T adalah sebuah modul elektronik yang dirancang khusus untuk mengukur berbagai parameter listrik AC, seperti:

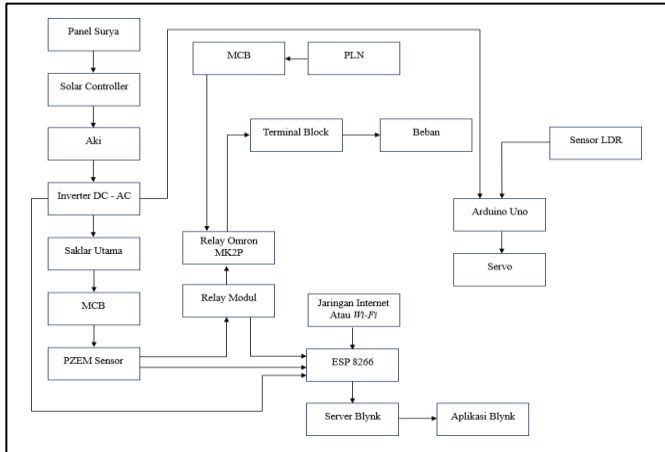
1. Tegangan (Volt): Mengukur besarnya tegangan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian.
2. Arus (Ampere): Mengukur besarnya arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian.
3. Daya (Watt): Mengukur daya listrik yang dikonsumsi oleh suatu beban.
4. Frekuensi: Mengukur frekuensi dari sumber tegangan AC.
5. Energi (kWh): Mengukur total energi listrik yang telah dikonsumsi dalam suatu periode waktu tertentu.
6. Power Faktor: Menunjukkan seberapa efisien daya listrik dimanfaatkan oleh suatu beban.



Gbr. 11 Sensor PZEM004T

III. METODE PENELITIAN

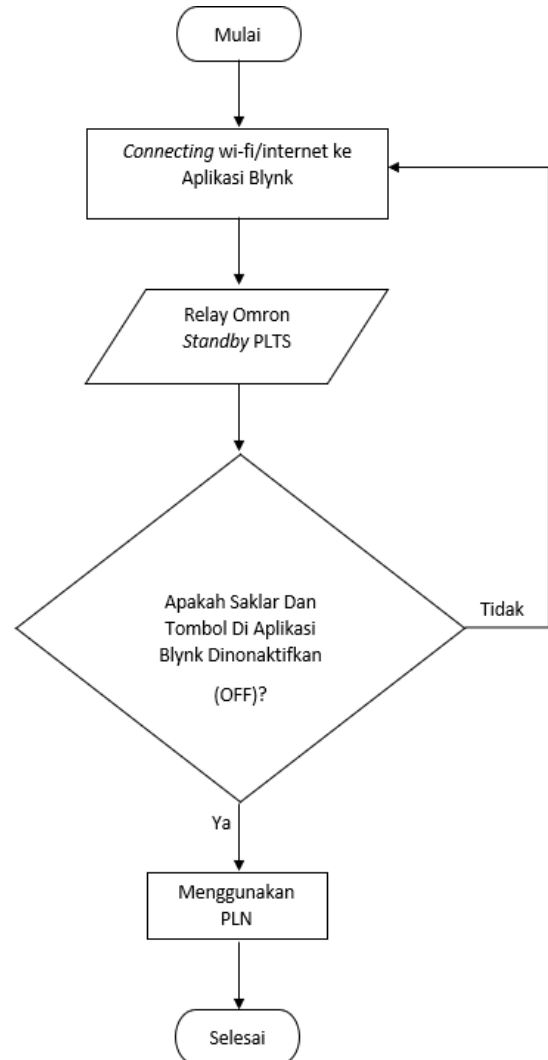
Hasil dari penelitian dibuat dalam format laporan yang mencakup semua aspek serta tahap-tahap yang telah dilalui sebagai hasil dari semua usaha yang telah dilakukan.



Gbr. 12 Diagram Blok Sistem *Monitoring Switching PLTS dan Solar Tracker Dual Axis* Berbasis IoT

Keterangan blok Diagram *Monitoring switcing PLTS dan Solar Tracker Dual Axis System* :

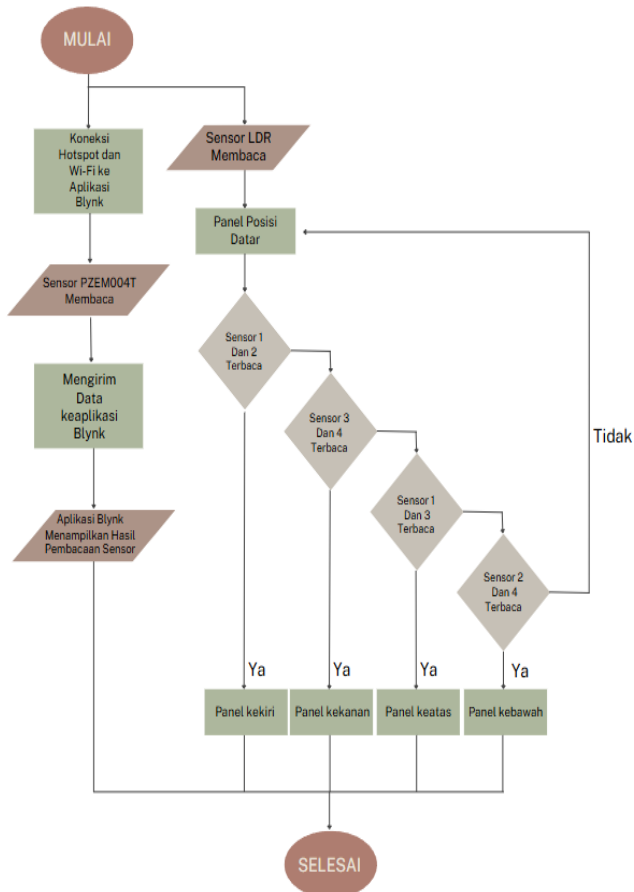
- Panel Surya sebagai penghasil listrik.
- Pengatur baterai digunakan untuk mengendalikan arus DC yang masuk ke dalam baterai.
- Baterai sebagai penyimpan energi listrik.
- Alat inverter berfungsi untuk mengonversi arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC)
- Mikrokontroler Arduino Uno sebagai penerima data yang dikirim dari setiap sensor kemudian menginstruksikan untuk bekerja sesuai data dari sensor. Mikrokontroler Arduino Uno juga mengirim data dari setiap sensor aplikasi IoT Blynk.
- Modul ESP8266 sebagai Slave dan Ponsel sebagai Host. Dengan menginstal aplikasi IoT Blynk di ponsel yang telah support Wi-Fi sehingga dapat mengontrol bagian – bagian perlengkapan dalam alat.
- Sensor LDR, adalah sensor yang sangat sensitive terhadap Cahaya sekitar, sehingga nilai resistansi nya bervariasi terhadap intensitas Cahaya yang berbeda. Maka sensor ini berfungsi mendeteksi arah cahaya matahari.
- Relay untuk memutus dan menyambung tegangan PLTS
- Sensor PZEM untuk mengukur tegangan, arus serta daya
- Servo Motor, sebagai penggerak panel surya.
- Layar LCD untuk menunjukkan informasi dari setiap sensor yang diterima oleh Mikrokontroler Arduino UNO.



Gbr. 13 Flowchart Mekanisme Kerja Mode Manual

Sistem dimulai dengan menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno ke Modul ESP8266 untuk bertukar data dengan aplikasi *IoT Blynk*. Setelah terhubung, sistem memasuki mode manual, yang berarti pengguna dapat mengendalikan *Smart Panel* secara manual melalui aplikasi *IoT Blynk*.

Sistem Kemudian memeriksa apakah Tombol *ON* di aplikasi *IoT Blynk* ditekan oleh pengguna. Jika tombol *ON* diaktifkan, maka sistem akan mengaktifkan relay untuk mengalihkan sumber tegangan ke tegangan PLN. Jika tombol *OFF* diaktifkan, maka sistem akan mengaktifkan relay untuk mengalihkan sumber tegangan ke tegangan PLTS. Selain itu di mode manual juga terdapat tombol button dengan yang berfungsi jika ditekan maka akan merubah sumber tegangan dari PLTS ke PLN maupun PLN ke PLTS.



Gbr. 14 Flowchart Mekanisme Kerja Mode Otomatis

Sistem dimulai dengan menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno ke Modul ESP8266 untuk bertukar data dengan aplikasi *IoT Blink*. Setelah terhubung, sistem memasuki mode otomatis, yang berarti sistem akan mengendalikan solar panel mengikuti arah cahaya matahari secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor dan parameter yang telah di atur.

Sistem akan mendeteksi sensor sesuai dengan kondisi di sekitar dengan menggunakan nilai atau parameter yang telah ditetapkan. Beberapa sensor dan fungsinya meliputi: sensor pzem-004t yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, dan daya. Selain itu, ada juga sensor LDR yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. Data yang diperoleh dari sensor ini akan digunakan untuk menggerakkan servo motor agar bergerak sesuai dengan arah sinar matahari. Sistem akan tetap berada dalam mode otomatis untuk terus memantau dan mengikuti arah sinar matahari.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Cahaya (Light Dependent Resistor)

TABEL 1. PENGUJIAN SENSOR LDR

Resistansi	Keterangan
0 - 110Ω	Stand By
>110Ω	Bergerak

Pada tabel 1 hasil pembacaan sensor menunjukkan jika resistansi yang diukur oleh sensor LDR adalah 110 ohm atau lebih, maka itu menunjukkan kondisi terang. Dan Ketika sensor LDR menunjukkan kurang dari 110 ohm, maka itu menunjukkan kondisi gelap. Penentuan Batasan nilai dan sensitifitas sensor tersebut di atur dalam program sensor LDR pada software Arduino. Batasan nilai (<110 dan >110) itu sendiri merupakan standar pembacaan sensor LDR untuk membatasi antara kondisi gelap dan terang.

B. Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian terhadap Sensor PZEM dilakukan untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi dengan tepat, sehingga dapat menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya yang akurat. Pembacaan ini dapat dilihat melalui serial monitor pada perangkat lunak Arduino serta di aplikasi Blynk. Pada fase ini, pengukuran dilakukan dan hasil pengukuran dari sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran dari multimeter.

TABEL 2. PENGUJIAN PEMBACAAN TEGANGAN DENGAN VARIASI BEBAN

No	Beban	Tegangan pada Alat Ukur	Tegangan pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	225	224.40	0.6	0.26
2	Ballast 10W	224.7	223.30	1.4	0.62
3	Ballast 40W	223.6	222.70	0.9	0.4
4	Ballast (10W + 40W)	223.2	221.60	1.6	0.71
5	Lampu + Ballast 10W	221.7	220.30	1.4	0.63
6	Lampu + Ballast 40W	221.3	220.30	1	0.45
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	220.4	219.8	0.6	0.27
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	221.4	220.8	0.6	0.27
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	222.1	220.80	1.3	0.58
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	221.8	221.30	0.5	0.22
Rata-Rata Galat Prototipe		0.445%			

Sesuai dengan tabel 2, pengukuran dilakukan pada variasi beban selama 10 menit. Setelah itu, setiap parameter yang ada pada tabel dirata-ratakan sebelum dimasukkan ke dalam tabel itu.

Perhitungan persentase *error* pada sensor tegangan saat pembebanan lampu 100W.

$$Error(\%) = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{(225) - (224.40)}{225} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{(0.6)}{225} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 0.26\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian sensor tegangan dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata Error}(\%) = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$\text{Rata-rata Error}(\%) = \frac{4.445}{10} = 0.445\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian tegangan dengan variasi beban sebesar 0.445%

Data yang terdapat dalam tabel 3 memperlihatkan hasil evaluasi sensor arus dengan variasi kondisi beban. Sesuai dengan perhitungan persentase kesalahan dari

Perhitungan persentase *error* pada sensor arus saat

pembebanan lampu Ballast 10W dan ballast 40W.

$$Error(\%) = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{(0.92) - (0.90)}{0.92} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{(0.02)}{0.92} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 2.17\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian sensor arus dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata Error}(\%) = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$\text{Rata-rata Error}(\%) = \frac{51.4}{10} = 5.14\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian arus dengan variasi beban sebesar 5.14%

pengukuran arus tersebut, ialah sebagai berikut :

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN PENGUKURAN ARUS DENGAN VARIASI BEBAN

No	Beban	Arus pada Alat Ukur	Arus pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	0.46	0.44	0.02	4.35
2	Ballast 10W	0.31	0.29	0.02	6.45
3	Ballast 40W	0.66	0.63	0.03	4.55
4	Ballast (10W + 40W)	0.92	0.90	0.02	2.17
5	Lampu + Ballast 10W	0.60	0.56	0.04	6.67
6	Lampu + Ballast 40W	0.87	0.82	0.05	5.75
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	0.58	0.54	0.04	6.90
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	0.62	0.58	0.04	6.45
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	1.08	1.06	0.02	1.85
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	0.8	0.75	0.05	6.25
Rata - Rata Galat Prototipe		5.14%			

TABEL 4. HASIL PENGUJIAN PENGUKURAN DAYA DENGAN VARIASI BEBAN

No	Beban	Daya pada Alat Ukur	Daya pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	103	95.52	7.48	7.26
2	Ballast 10W	17	15.44	1.56	9.18
3	Ballast 40W	32	31.22	0.78	2.44
4	Ballast (10W + 40W)	46	46.64	0.64	1.39
5	Lampu + Ballast 10W	113	109.10	3.9	3.45
6	Lampu + Ballast 40W	127	124.08	2.92	2.3
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	117	105.63	11.37	9.72
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	129	121.26	7.74	6.00
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	135	139.42	4.42	3.27
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor	149	140.06	8.94	6.00

Data yang terdapat pada tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian pembacaan daya sebenarnya dengan berbagai macam beban. Berdasarkan perhitungan persentase kesalahan dan rata-rata kesalahan dari pengukuran daya tersebut adalah sebagai berikut :

Perhitungan persentase *error* pembacaan daya pada prototipe

saat pembebanan lampu 100W dan ballast 40W.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{(127) - (124,08)}{127} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{(2,92)}{127} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = 2,3\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian

daya nyata dibandingkan dengan alat ukur dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{51,01}{10} = 5,1\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian daya dengan variasi beban sebesar 5.1%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada prototipe alat pemantau switching PLTS dan Solar Tracker Dual Axis, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pemantauan swicthing PLTS dan Solar Tracker Dual Axix yang telah dibuat dan berhasil dimasukkan ke dalam proyek IoT. Terdapat dua sensor utama, yaitu: sensor LDR dan PZEM yang berfungsi sesuai harapan. Dalam prototipe pemantauan swicthing PLTS dan Solar Tracker Dual Axix, panel surya akan bergerak mengikuti arah cahaya matahari jika pembacaan sensor LDR lebih dari atau kurang dari 110, dan hasil pembacaan sensor PZEM akan ditampilkan pada aplikasi Blynk di ponsel.
2. Setelah pengujian perangkat lunak, aplikasi ponsel memberikan hasil yang efektif dan efisien dalam penggunaannya. Pengguna dapat memantau data dari pembacaan sensor untuk tegangan, arus, dan beban secara langsung melalui aplikas Blynk.

B. Saran

Berdasarkan temuan studi, berikut beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Penggabungan sensor yang lebih modern seperti sensor kekuatan sinar matahari, untuk memberikan reaksi yang lebih akurat terhadap pengukuran cahaya matahari.
2. Pengembangan algoritma cerdas berbasis AI atau machine learning untuk memprediksi cuaca berdasarkan data historis dan tren saat ini sehingga solar tracker PLTS dapat bekerja dengan maksimal.
3. Pengembangan aplikasi mobil untuk akses yang lebih muda bagi pengguna

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Faishol Adityo, "Analisis Kestabilan Transien Pada Sistem Kelistrikan PT. Pupuk Kalimantan Timur Akibat Pengaktifan Kembali Pembangkit 11 MW," Inst. Teknol. Sepuluh Nop., 2012
- [2] Pradeep Yemula, "Transmission Expansion Planning Considering Contingency Criteria and Network Utilization", Fifteenth National Power System Conference, IIT Bombay, December 2008
- [3] Praditidhina, Elisabeth, Rosana, *Penggunaan Arduino Uno dan Common-Coding*. Surabaya: Cipta Media Nusantara, 2016.
- [4] Pujawan, I Nyoman. "Ekonomi Teknik", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Lautan Pustaka, 2019.
- [5] Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," Emit. J. Tek. Elektro, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251
- [6] Rachmi, Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, *Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia*, II. ESDM, 2020. [Online]. Available: <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=XOegh8pXO9FmJeb14x0joDD6hlZe94Fm>
- [7] Rianti, "Rancang Bangun Alat Ukur Intensitas Cahaya Dengan Menggunakan Sensor Bh1750 Berbasis Arduino," Tugas Akhir. Dep. Fis. Fak. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam., p. Universitas Sumatera Utara. Medan, 2017.
- [8] Rinna Hariyati, Muchamad Nur Qosim, Aas Wasri Hassanah. "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On-Grid dengan Gedung STT-PLN", Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik PLN, Jakarta, 2019.
- [9] STEFANIE and SUCI, "Analisis Performansi PLTS 600 Wp menggunakan Data Akuisisi berbasis Internet of Things," ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron., vol. 9, no. 4, p. 761, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i4.761.
- [10] Vermast, Misty E., Sebok, Susan L., Freud, Steven M, Jennifer T, "Discovering Computers 2018 (Digital Technology, Data and Devices)," in *Implementing Culture Change*, J. Sadargursky, Ed., Boston, USA: Cengage Learning, 2018, p. 114.