

PERANCANGAN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN MENGGUNAKAN IoT PADA PLTS OFF GRID

Brian Zurifqyaldi¹, Teuku Hasannuddin², Teuku Zulfadli³

^{1,2,3}) Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: brianzr300@gmail.com¹, teukuhasannuddin@pnl.ac.id², zulfadli@pnl.ac.id³

ABSTRAK

Dalam penggunaan energi terbarukan di Indonesia terus digalakkan terutama dalam pemanfaatan sumber energi surya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dengan memanfaatkan energi terbarukan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. PLTS dapat menghasilkan listrik untuk beban DC secara langsung dan mengonversi energi ke beban AC. Tujuan penelitian ini untuk merancang sistem monitoring arus dan tegangan pada PLTS Off-Grid menggunakan sensor PZEM 017, sensor PZEM 004-T, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, Serial TTL to RS485, dan layar tampilan LCD TFT berbasis IoT dengan aplikasi Blynk. Hasil pengujian penelitian menunjukkan nilai error pada pengukuran DC dengan sensor PZEM 017 adalah 0,006%, sementara nilai error pada pengukuran AC dengan sensor PZEM 004-T adalah 0,12%. Monitoring dilakukan selama tiga hari dengan variasi cuaca: cerah, mendung, dan mendung total dengan energi DC puncak terdapat pada hari pertama jam 12.30 WIB sebesar 12.12 V, 6.10 A dan 73.90 Watt serta puncak energi beban AC terdapat pada hari pertama juga pada jam 12.00 WIB dengan 228.60 V, 0.33 A, dan 74.50 Watt.

Kata kunci: PLTS Off-Grid, Internet of Things (IoT), Blynk, Arus dan Tegangan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara yang terdiri dari banyak pulau dan terletak di sepanjang garis khatulistiwa dengan iklim tropis, memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi dari matahari. Jika dimanfaatkan dengan tepat, potensi sumber daya matahari di Indonesia sangatlah besar. Energi terbarukan terus digalakkan dalam pemanfaatan energi surya terutama dalam penggunaan teknologi panel surya, energi dari sinar matahari dapat diubah menjadi listrik yang dapat digunakan sebagai alternatif energi [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu alternatif sistem yang dapat diterapkan di perumahan. Energi yang dihasilkan berasal dari matahari, menjadikannya sebagai sumber tegangan yang efisien, efektif, dan dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di rumah. Salah satu masalah yang muncul adalah bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya tidak dapat dipantau secara real-time melalui internet, tetapi hanya dapat dilakukan melalui sistem yang terpasang di lingkungan pembangkit listrik tenaga surya tersebut [2].

Meskipun sistem monitoring pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sudah mampu menampilkan informasi mengenai jumlah tegangan dan arus yang dihasilkan, namun masih ada kekurangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah kurangnya sistem kendali serta keterbatasan dalam melakukan monitoring kinerja panel surya secara jarak jauh atau melalui internet. Solusi untuk mengatasi permasalahan ini melibatkan pengembangan teknologi komunikasi nirkabel, sistem terbenam, dan pemanfaatan jaringan

komputer serta internet. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan perancangan sistem monitoring dan kendali berbasis Internet of Things (IoT). IoT adalah konsep di mana objek-objek tertentu dilengkapi dengan sensor-sensor dan terhubung ke internet sehingga memungkinkan manusia untuk berinteraksi langsung dengan objek tersebut, seperti pengiriman data dan kendali jarak jauh secara real-time. Ini bertujuan untuk memanfaatkan kemajuan teknologi internet agar proses monitoring dan kendali pada PLTS dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien, bahkan dari jarak jauh [3].

Sistem monitoring PLTS Off-grid merupakan perangkat yang dirancang untuk memantau dan mengatur beban listrik di rumah tangga dari lokasi jauh, seperti melalui smartphone atau laptop. Data hasil pemantauan tersebut dikirimkan melalui jaringan internet dan disajikan dalam bentuk grafik dan indikator untuk memudahkan pemahaman [4]. Untuk dapat merealisasikan monitoring arus dan tegangan pada PLTS Off-grid maka perlu di buat alat. Alat monitoring arus dan tegangan membutuhkan beberapa komponen elektronik, yang mana komponen-komponen elektronik ini yaitu TTL RS485, NodeMCU, Sensor PZEM-004T, Sensor PZEM-017, dan TFT LCD. Terciptanya alat ini diharapkan akan mempermudah monitoring dari jarak jauh untuk mengetahui arus dan tegangan dari PLTS secara realtime.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pada PLTS Off-grid, yang dikenal sebagai sistem berdiri sendiri, operasinya independen tanpa terhubung ke jaringan PLN. PLTS Off-grid terdiri dari komponen utama yaitu solar sel, solar charge controller, baterai dan inverter. Dalam sistem ini, baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk digunakan pada malam hari. Terdapat dua konfigurasi sistem PLTS Off-grid yang umum digunakan: sistem DC-coupling dan sistem AC-coupling. Pada sistem DC-coupling, modul fotovoltaik terhubung langsung ke sisi DC sistem PLTS melalui solar charge controller. Sedangkan pada sistem AC-coupling, modul surya dan baterai terhubung ke sisi AC melalui inverter jaringan dan inverter baterai. Jika ada kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban, inverter baterai akan mengkonversinya kembali ke DC dan menyimpan energi dalam baterai [5].

B. Panel Surya

Di dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya, komponen inti yang bertanggung jawab mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Biasanya, satu sel surya memiliki ketebalan sekitar 3mm dan terdiri dari dua kutub, positif dan negatif, yang terbuat dari bahan semikonduktor. Prinsip kerja yang digunakan adalah efek photovoltaic, yang memungkinkan sel surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi energi listrik.



Gbr. 1 Panel Surya

C. Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen penting dalam PLTS, yang bertugas mengatur pengisian baterai secara optimal menggunakan energi dari modul fotovoltaik. Fungsi utama SCC adalah mengatur tegangan dan arus pengisian baterai berdasarkan daya yang tersedia dari panel surya serta status pengisian baterai (State of Charge, SoC). Dengan melakukan pengaturan yang tepat terhadap tegangan dan arus, SCC membantu memperpanjang umur baterai dan mencegah kerusakan akibat pengisian yang tidak stabil [5].



Gbr. 2 SCC

D. Inverter

Inverter adalah komponen elektronik daya yang mengonversi tegangan DC dari larik modul fotovoltaik menjadi tegangan AC baik untuk pemakaian langsung atau untuk menyimpan kelebihan daya ke dalam baterai. Serupa dengan solar charge controller (SCC), perangkat ini juga dilengkapi dengan MPPT (Maximum Power Point Tracker) untuk mengoptimalkan daya yang ditangkap dari larik modul fotovoltaik. Karena inverter ini tidak dapat beroperasi tanpa tegangan dan frekuensi jaringan, inverter baterai harus tetap dalam kondisi operasional dan menjaga bank baterai tetap pada state of charge baterai yang ditetapkan. Pada kasus khusus dimana tersedia tegangan jaringan, inverter akan melakukan sinkronisasi dengan tegangan dan frekuensi jaringan agar dapat bergabung dengan jaringan tersebut dan mengirimkan daya yang telah dikonversi ke jaringan AC [5].



Gbr. 3 Inverter

E. Baterai

Baterai yang digunakan dalam sistem PLTS komunal untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik memiliki peran penting dalam mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan. Baterai bertindak sebagai penyimpanan energi sementara yang membantu mengatasi perbedaan antara pasokan listrik dari modul fotovoltaik dan permintaan listrik, terutama saat cuaca berawan atau di malam hari ketika produksi listrik dari panel surya menurun.

Prinsip dasar kerja baterai dalam sistem ini adalah dengan menggunakan reaksi elektrokimia untuk menyimpan energi listrik. Ketika energi listrik dari modul fotovoltaik tersedia, baterai akan mengisi dirinya dengan menyimpan energi melalui reaksi kimia di dalamnya. Saat energi listrik dibutuhkan, baterai akan mengalirkan energi yang disimpan kembali ke sistem untuk memenuhi permintaan listrik.



Gbr. 4 Baterai

F. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet yang terus-menerus dengan menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya menggunakan sensor jaringan dan aktuator. Tujuan utamanya untuk mengumpulkan data dan mengelola kinerja perangkat secara mandiri. Dengan demikian, IoT memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan mengambil tindakan berdasarkan informasi yang diperoleh secara

independen [5].



Gbr. 5 IoT

G. Blynk

Blynk adalah sebuah platform aplikasi mobile (tersedia untuk iOS dan Android) yang dirancang untuk mengontrol modul serial TTL to RS485, NodeMCU ESP-8266, sensor PZEM 004-T, sensor PZEM 017, dan modul sejenisnya melalui internet. Blynk tidak terbatas pada satu papan atau modul tertentu, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh dan kapan pun mereka berada, selama terhubung dengan internet yang stabil. Hal ini merupakan salah satu implementasi dari konsep IoT [6].



Gbr. 6 Blynk

H. Modul TTL to RS485

Modul TTL to RS485 adalah modul yang digunakan sebagai media antar komunikasi RS485 dengan komunikasi serial (UART TTL). Modul ini digunakan pada mikrokontroler untuk berkomunikasi, membaca atau memberi perintah pada perangkat yang menggunakan RS485.



Gbr. 7 Serial TTL to RS485

Komunikasi RS-485 menggunakan metode diferensial untuk mengirim dan menerima data antara perangkat-perangkat yang terhubung. Metode diferensial ini bekerja dengan menghasilkan tegangan diferensial antara dua kabel, yang mewakili data biner yang dikirim. Tegangan diferensial ini dihasilkan dengan menggunakan polaritas yang berlawanan, misalnya +5V dan -5V. Penggunaan dua kabel untuk komunikasi RS-485 menghasilkan komunikasi duplex penuh, di mana data dapat dikirim dan diterima secara bersamaan [1].

I. NodeMCU

NodeMCU adalah platform IoT yang dikembangkan dari ESP8266 dengan firmware berbasis *e-Lua*. NodeMCU memiliki port micro USB untuk pemrograman dan dilengkapi dengan tombol push button, seperti tombol reset dan flash. Bahasa pemrograman yang digunakan pada NodeMCU adalah bahasa Lua, yang merupakan paket dari ESP8266. Bahasa Lua memiliki logika dan struktur pemrograman yang sistematis dan mirip dengan bahasa C. [7].



Gbr. 1 NodeMCU ESP8266

J. PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah sebuah modul komunikasi AC digunakan untuk mengukur daya, tegangan, arus, dan energi aktif pada sebuah aliran listrik. Sensor ini dapat terhubung dengan Arduino atau platform open source lainnya. Modul ini sudah dilengkapi dengan sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang terintegrasi. Dengan dimensi fisik sebesar $3,1 \times 7,4$ cm, modul PZEM-004T dilengkapi dengan kumparan trafo arus berdiameter 3mm, yang memungkinkan pengukuran arus maksimal hingga 100A [8].



Gbr. 9 PZEM 004-T

K. Sensor PZEM-017

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang mampu mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus pada rentang pemasangan shunt eksternal 50A hingga 300A. Modul ini juga dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Semua seri PZEM energi meter memiliki antarmuka komunikasi RS485 bawaan yang menggunakan protokol Modbus-RTU yang menyerupai kebanyakan perangkat industri lainnya [1]. PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus tunduk pada rentang terpasang shunt eksternal 50A, 100A, 200A, dan 300A.



Gbr. 10 PZEM 017

L. TFT LCD

TFT LCD adalah jenis layar kristal cair yang menggunakan teknologi transistor film tipis untuk meningkatkan kualitas gambar dan mengurangi konsumsi daya. Modul LCD yang digunakan memiliki ukuran 1.8 inci. Layar ini mampu menampilkan nilai, teks, dan menu dengan menggunakan karakter-karakter yang dibentuk oleh piksel. Modul LCD ini cocok untuk berbagai aplikasi yang memerlukan tampilan visual yang jelas dan dapat dikustomisasi pada peralatan elektronik.



Gbr. 2 LCD TFT 1.8" ST7735

III. METODOLOGI

A. Pembuatan Program

Dalam perancangan ini, Bahasa C digunakan dalam lingkungan Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler. Arduino IDE adalah perangkat lunak penyunting yang memungkinkan pengguna menulis kode dalam Bahasa C dengan alur algoritma yang didasarkan pada flowchart yang telah disusun sebelumnya. Ada beberapa bagian skrip yang digunakan dalam perancangan ini, termasuk Inisialisasi Pin dan Variabel, Inisialisasi I/O, Modulasi Sinyal PWM, Pensaklaran Pin PWM, dan Pengolahan Data Feedback.

1. Inisialisasi Pin dan Variabel

Pada bagian ini, pin yang akan digunakan sebagai input dan output diatur, serta variabel yang diperlukan untuk menyimpan data dan hasil perhitungan dideklarasikan.

2. Inisialisasi I/O

Bagian ini berfokus pada mengatur mode pin, misalnya apakah pin tersebut akan digunakan sebagai input atau output.

3. Modulasi Sinyal PWM

Di sini, kode untuk menghasilkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) ditulis. PWM sering digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC/AC atau mengendalikan kecerahan LED.

4. Penaklaran Pin PWM

Skrip ini mengatur kapan pin PWM diaktifkan atau dinonaktifkan sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

5. Pengolahan Data Feedback

Pada bagian ini, data yang diterima dari sensor atau perangkat lain diproses dan diinterpretasikan untuk mengambil keputusan atau menghasilkan tindakan tertentu.

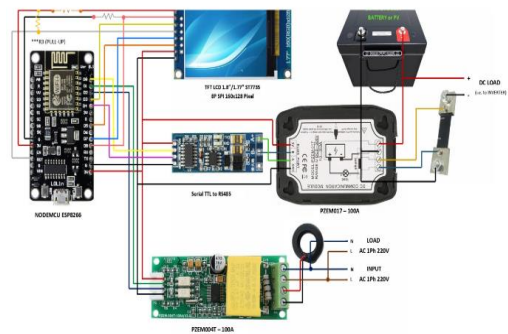
Kombinasi dari bagian-bagian skrip tersebut membentuk program lengkap yang memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat atau sistem sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. [9].

B. Pembuatan Software Blynk

Software aplikasi Blynk berfungsi sebagai user interface data yang didapatkan dari sistem monitoring pada PLTS Off-grid, data tersebut akan ditampilkan secara real-time sehingga user dapat memantau kondisi PLTS dari jarak jauh.

C. Perancangan Sistem Monitoring

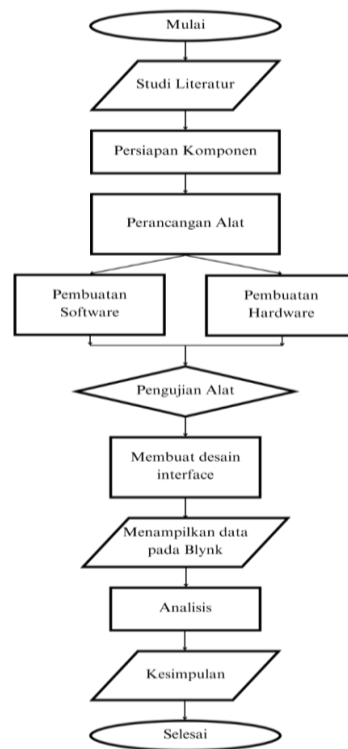
Pada gambar12 merupakan rangkaian sistem monitoring secara keseluruhan, dimana controller yang digunakan disini adalah serial TTL to RS485 dan NodeMCU ESP-8266. Digunakan controller NodeMCU ESP-8266 yang memiliki dukungan konektivitas Wi-Fi. Untuk pemrosesan data yang didapat oleh sensor digunakan aplikasi Blynk dengan sistem operasi Blynk. Untuk memproses data sensor PZEM 004-T dan sensor PZEM 017 akan mengirimkan data ke serial TTL to RS485 lalu diteruskan ke NodeMCU ESP-8266. Data dari NodeMCU ESP-8266 akan tampil pada aplikasi Blynk yang bisa monitoring secara real-time.



Gbr. 12 Perancangan Sistem Monitoring

D. Flowchart

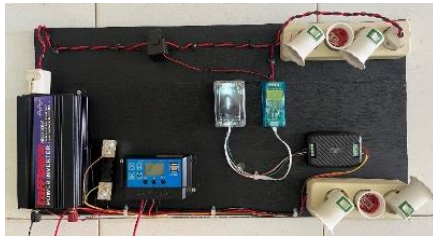
Flowchart sistem monitoring digunakan untuk pembacaan proses penelitian menjadi lebih mudah. Adapun flowchart sistem monitoring dapat dicermati pada Gambar. 13.



Gbr. 13 Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Hardware



Gbr. 14 Hasil Rancang Bangun

Rancangan perangkat hardware yang telah diimplementasikan terdiri dari 9 bagian, yaitu:

1. NodeMCU ESP8266 yang digunakan sebagai pusat Mikrokontroler.
2. Rangkaian sensor PZEM 004-T yang digunakan untuk mendeteksi Arus dan Tegangan pada beban AC.
3. Rangkaian sensor PZEM 017 yang digunakan untuk mendeteksi Arus dan Tegangan pada beban DC.
4. Rangkaian module LCD TFT yang dihubungkan bersamaan dengan NodeMCU ESP8266 digunakan untuk menampilkan data sensor pada beban AC dan DC.
5. Rangkaian Inverter digunakan untuk mengkonversi energi DC ke AC.
6. Rangkaian Baterai digunakan untuk menyimpan energi DC yang dihasilkan dari Panel Surya melalui SCC.
7. Rangkaian saklar yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan sumber daya listrik.
8. Rangkaian step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya 12 V ke NodeMCU ESP8266 menjadi 5 V.
9. Rangkaian module WiFi NodeMCU ESP8266 yang digunakan untuk mengirim data sensor ke Blynk secara online.

Perangkat keras pada Gbr. 14 akan dihubungkan ke Blynk melalui jaringan internet yang telah terhubung pada module WiFi NodeMCU ESP8266 sehingga pengguna dapat melakukan monitoring data sensor melalui Smartphone Android.

B. Hasil Rancangan Software

Penelitian ini melibatkan perancangan sistem monitoring untuk beban DC dan AC menggunakan NodeMCU ESP-8266, yang terhubung dengan sensor PZEM-017 (untuk beban DC) dan PZEM-004T (untuk beban AC) melalui konverter Serial TTL to RS485. NodeMCU ESP-8266 mengumpulkan data sensor dan menampilkannya secara lokal pada LCD TFT 1.8 serta melalui aplikasi Blynk, yang mendukung pemantauan real-time via koneksi Wi-Fi. Software dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mengatur komunikasi antara NodeMCU, sensor, dan LCD TFT, serta untuk mengirim data ke Blynk. Aplikasi Blynk menampilkan

data beban DC dan AC dengan widget yang sudah dikonfigurasi, memberikan solusi monitoring yang komprehensif dan mudah diakses.



Gbr. 15 Tampilan Output Data Sensor pada LCD



Gbr. 16 Tampilan Output Data Sensor pada Blynk

C. Pengujian Sensor PZEM 017

Pengujian sensor PZEM 017 arus dan tegangan DC pada PLTS bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor dalam pembacaan nilai arus dan tegangan bekerja dengan baik atau belum. Alat monitoring ini menampilkan pembacaan arus dan tegangan dari panel surya yang menjadi bagian komponen dari PLTS Off-Grid. Perlunya pengujian sensor arus dan tegangan PZEM 017 dikarenakan untuk mengetahui karakteristik sensor ini bekerja dengan membandingkan pengukuran alat monitoring yang berbasis IoT dengan alat ukur digital. Komponen yang akan diuji dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL I
Pengujian Sensor PZEM 017

No.	Durasi Waktu	Tegangan (V)		Kesalahan Error Alat (%)
		Sensor	Alat Ukur	
1.	5 menit	12.57	12.57	0.00
2.		11.71	11.71	0.00
3.		11.74	11.74	0.00
4.		11.72	11.71	0.01
5.		11.73	11.75	0.02
6.		11.72	11.72	0.00
7.		11.69	11.70	0.01
8.		11.58	11.58	0.00
9.		11.59	11.58	0.01
10.		11.57	11.56	0.01
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				0.006
Akurasi Alat				99.994

D. Pengujian Sensor PZEM 004-T

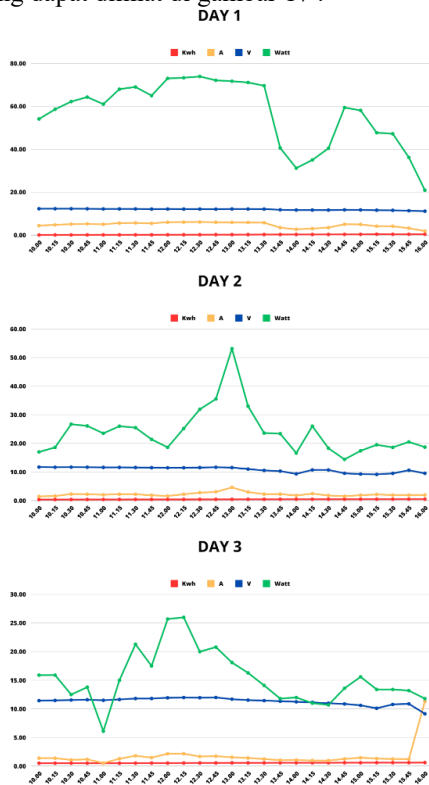
Pengujian sensor PZEM 004-T bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor dalam mengukur tegangan dan arus AC. Sensor ini terhubung ke NodeMCU melalui komunikasi RS485 dan dipasang pada jalur output inverter PLTS Off-Grid untuk memantau parameter listrik. Pengujian diperlukan untuk membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur digital guna memastikan akurasi dan karakteristik sensor tersebut.

TABEL II
Pengujian Sensor PZEM 004-T

No.	Durasi Waktu	Tegangan (V)		Kesalahan Error Alat (%)
		Sensor	Alat Ukur	
1.	5 menit	228.90	228.90	0.00
2.		228.40	228.50	0.10
3.		228.00	228.10	0.10
4.		227.90	227.90	0.00
5.		228.20	228.10	0.10
6.		228.90	228.80	0.10
7.		226.80	226.10	0.70
8.		225.70	225.70	0.00
9.		225.60	225.70	0.10
10.		225.30	225.30	0.00
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				0.12
Akurasi Alat				99.88

E. Pengambilan Data DC

Pada saat pengambilan data sensor DC PZEM 017, peneliti mengambil data sensor pada energi yang dihasilkan oleh panel surya berkapasitas 100wp dengan sudut kemiringan 0° dalam waktu 3 hari dengan durasi data per 15 menit selama 6 jam/hari. Adapun hasil monitoring dapat dilihat di gambar 17 .



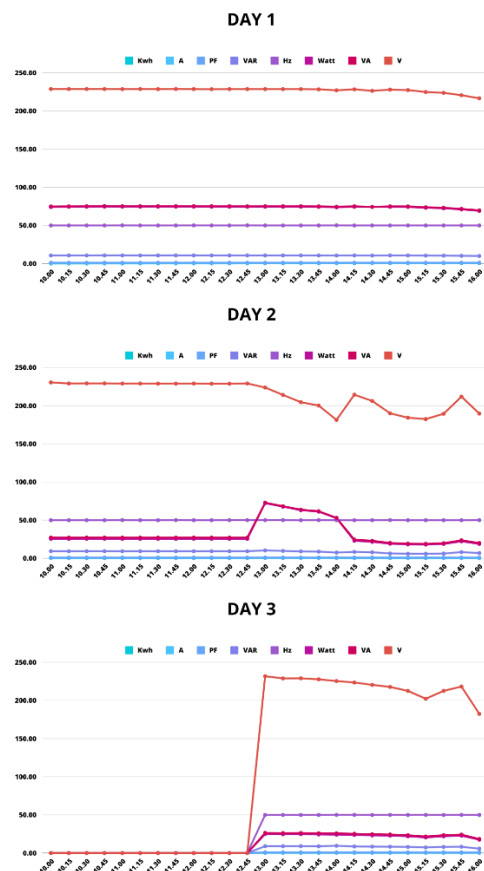
Gbr. 17 Grafik Data DC

Dari gambar 17 grafik menunjukkan pada hari pertama, cuaca dalam kondisi cerah selama 6 jam pengambilan data. Terdapat energi puncak yang dihasilkan pada panel surya yaitu pada pukul 12.30 WIB dengan 12.12 V, 6.10 A dan 73.90 Watt dengan kondisi sinar matahari yang cerah. Begitu juga sebaliknya, energi terendah yang di terima dari panel surya terdapat pada pukul 16.00 WIB dengan 11.13 V, 1,88 A dan 20.90 Watt dengan kondisi matahari sudah mulai redup.

Pada grafik grafik hari kedua, cuaca dalam kondisi setengah mendung. Terdapat energi puncak yang dihasilkan pada panel surya yaitu pada pukul 13.00 WIB dengan 11.54 V, 4.61 A dan 53.10 Watt dengan kondisi cuaca sedikit cerah. Begitu juga sebaliknya, energi terendah yang di terima dari panel surya terdapat pada pukul 14.30 WIB dengan 10.72 V, 1.78 A dan 18.30 Watt dengan kondisi mendung.

Pada grafik hari ketiga, cuaca dalam kondisi mendung total. Terdapat energi puncak yang dihasilkan pada panel surya yaitu pada pukul 12.15 WIB dengan 11.99 V, 2.17 A dan 26.00 Watt dengan kondisi mendung sedikit cerah. Begitu juga sebaliknya, energi terendah yang di terima dari panel surya terdapat pada pukul 11.00 WIB dengan 11.51 V, 0.53 A dan 6.10 Watt dengan kondisi mendung total.

F. Pengambilan Data AC



Gbr. 18 Grafik Data AC

Dari gambar. 18 menunjukkan pada hari pertama, beban AC dengan 3 lampu pijar beroperasi dengan baik, karena energi yg dihasilkan oleh sel surya cenderung stabil dan proses pengkonversian energi melalui inverter juga ikut stabil. Terdapat beban puncak pada jam 12.00 WIB dengan 228.60 V, 0.33 A, dan 74.50 Watt.. Begitu juga sebaliknya, beban terendah terjadi di pukul 16.00 WIB dengan 216.50 V, 0.33 A dan 69.00 Watt karena energi yang dihasilkan dari sel surya sudah mulai menurun dan beban pada AC ikut redup. Selama proses monitoring sensor bekerja dengan baik dan stabil.

Terlihat pada grafik hari kedua, pada awalnya diberi beban AC dengan 1 lampu pijar 25 Watt, karena kondisi cuaca dalam keadaan sedikit mendung dan proses pengkonversian energi lumayan lemah. Beban dengan 1 lampu pijar diberi selama 3 jam dari jam 10.00 – 12.45 WIB dengan beban beroperasi stabil. Selanjutnya pada jam 13.00 – 14.00 WIB peneliti menambah beban sampai 3 lampu pijar 25 Watt, karena proses pengkonversian pada jam tersebut mulai stabil dengan kondisi cuaca cenderung cerah. Namun, setelah 1 jam tersebut, energi dari sel surya mulai redup kembali karena cuaca kembali mendung dan peneliti mengurangi beban menjadi 1 lampu pijar 25 Watt seperti beban awal di hari kedua. Dengan itu, energi dari sel surya lemah dapat mengurangi proses pengkonversian energi ke AC terhadap daya yang dihasilkan dari bebannya. Jadi, dari keseluruhan data pada tabel, pada jam 13.15 terdapat beban puncak dengan 214.10 V, 0.32 A, dan 67.60 Watt. Begitu juga sebaliknya pada pada jam 15.15 WIB terdapat beban terendah dengan 182.40 V, 0.10 A dan 18.00 Watt. Dengan data monitoring dalam kondisi cuaca cenderung mendung sensor ikut beroperasi dengan stabil.

Terlihat pada grafik hari ketiga, pada awalnya tanpa diberi beban AC, karena kondisi cuaca dalam keadaan mendung total dan proses pengkonversian energi sangat lemah. Monitoring dimulai dengan tanpa beban dari jam 10.00 – 12.45 WIB, setelah itu peneliti mencoba memberi beban dengan 1 lampu pijar 25 watt selama dari 13.00 – 16.00 WIB dengan keadaan sesuai tabel beban kurang bekerja efektif atau redup. Jadi, dari keseluruhan data pada tabel, pada jam 13.00 WIB terdapat beban puncak dengan 231.10 V, 0.11 A, dan 24.80 Watt. Begitu juga sebaliknya pada pada jam 10.00 – 12.45 WIB terdapat beban terendah dengan 0 V, 0 A dan 0 Watt. Dengan data monitoring dalam kondisi cuaca mendung total sensor ikut beroperasi dengan stabil.

G. Pembahasan

Dapat kita bandingkan dengan proses ketiga hari monitoring, energi maksimal yang diterima oleh sel surya dan di monitoring oleh sensor DC itu terdapat pada hari pertama, karena cuaca yang cukup cerah serta intensitas matahari yang cukup untuk di terima oleh sel surya. Pada hari kedua kurang maksimal karena cuaca yang mendung dan ada sedikit waktu yang cerah sehingga proses penerimaan energi nya kurang maksimal dibandingkan hari pertama. Begitu juga dengan hari ketiga, proses penerimaan energi sangat

lemah dan lebih lemah dari hari kedua, karena posisi cuaca yang mendung total.

Begitu juga pada beban AC dapat kita bandingkan dengan proses ketiga hari tersebut, beban yang bekerja dengan maksimal dan di monitoring oleh sensor AC itu terdapat pada hari pertama, karena proses pengkonversian energi DC ke AC yang stabil dengan cuaca yang cukup cerah dan di beri beban sebanyak 3 lampu pijar 25 watt. Pada hari kedua, peneliti menyesuaikan beban dengan 1 beban lampu pijar 25 watt selama kurang lebih 3 jam, karena kurang maksimal dari proses pengkonversian DC ke AC dari sel surya dalam kondisi cenderung mendung. Setelah itu peneliti sempat memberi 3 beban disaat cuaca lumayan cerah, akan tetapi kurang maksimal hanya 1 jam dapat beroperasi dengan baik, setelah itu peneliti menurunkan beban seperti di awal dengan 1 beban. Dengan ini, data hasil hari kedua cenderung kurang maksimal dibandingkan hari pertama. Begitu juga dengan hari ketiga, proses pemberian beban dilakukan setelah 3 jam penerimaan energi dari sel surya, karena kondisi cuaca mendung total dan proses pengkonversian energi di awal belum bisa secara maksimal, dan di hari ketiga Cuma dengan 1 beban lampu pijar 25 watt yg dibeban, mengingat tidak stabilnya energi yang diterima dari proses pengkonverisa energi DC dari sel surya. Dengan ini, data hasil hari ketiga kurang maksimal dibandingkan dengan hari pertama dan kedua.

V. KESIMPULAN

1. Telah berhasil dirancang alat Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada PLTS Off-Grid berbasis IoT.
2. Diperoleh hasil kalibrasi dan keakuratan masing-masing sensor. Sensor PZEM 017 memiliki akurasi 99.994%. Sensor PZEM 004-T memiliki tingkat akurasi 99.88%.
3. Telah berhasil ditampilkan hasil data sensor yang dikirim dari WiFi module NodeMCU ESP8266 ke aplikasi Blynk
4. Sistem monitoring Beroperasi dengan baik dengan kondisi cuaca yang bervariasi.

REFERENSI

- [1] Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). **Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things.**
- [2] Lorobezy, T. D. (2023). **Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT.**
- [3] Efendi, Y. (2018). **Internet of Things sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry PI berbasis mobile.**

-
- [4] Hermanto, I. D. W., Kartini, U. T., Suprianto, & Endryansyah, E. (2022). **Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT).**
- [5] Ramadhani, B. (2018). **Instalasi pembangkit listrik tenaga surya Dos & Don'ts.**
- [6] Faudin, A. (2017). **Mengenal aplikasi BLYNK untuk fungsi IOT.**
- [7] Furqon, A., Prasetijo, A. B., & Widiyanto, E. D. (2019). **Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android.**
- [8] Antara, M. A. S., & Suteja, I. W. A. **Analisis Arus, Tegangan, Daya, Energi, Dan Biaya Pada Sensor PZEM-004T Berbasis NODEMCU ESP8266.**
- [9] Apriani, Y. (2021). **Monitoring Arus dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Internet Off Things.**