

SISTEM MONITORING TEGANGAN DAN ARUS PADA PANEL SURYA HYBRIDA BERBASIS IOT (Internet of Things)

Divan Haikal Hermawan¹, Mohammad Dahlan²
202152009@std.umk.ac.id¹, moh.dahlan@umk.ac.id²
Universitas Muria Kudus

ABSTRAK

Tujuan dari sistem ini adalah untuk memantau tegangan dan arus pada panel surya, PLN, dan genset dalam sistem energi hibrida secara real-time. Dengan penerapan teknologi Internet of Things (IoT), pengguna dapat mengakses data listrik dari perangkat mereka melalui aplikasi mobile, sehingga pemantauan dapat dilakukan lebih mudah dan efisien. Proses kerja sistem ini melibatkan sensor PZEM-004T dan ACS712 untuk mengukur parameter tegangan dan arus. Data yang dikumpulkan kemudian dikirim ke Firebase Realtime Database melalui ESP32, memungkinkan pengguna untuk melihat kondisi sistem secara langsung. Selain itu, sistem juga dapat mengidentifikasi sumber listrik yang sedang digunakan, baik dari panel surya, PLN, maupun genset. Hasil dari penerapan sistem ini menunjukkan bahwa pemantauan berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi, mengidentifikasi gangguan lebih cepat, dan mengoptimalkan penggunaan daya. Dengan teknologi ini, sistem energi hibrida dapat dikelola dengan lebih baik, sehingga lebih hemat biaya dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Panel Surya Hibrida, Monitoring IoT, Efisiensi Energi.

ABSTRACT

The purpose of this system is to monitor the voltage and current on solar panels, PLN, and generators in a hybrid energy system in real-time. By implementing Internet of Things (IoT) technology, users can access electricity data from their devices via mobile applications, so monitoring can be done more easily and efficiently. The working process of this system involves the PZEM-004T and ACS712 sensors to measure voltage and current parameters. The collected data is then sent to the Firebase Realtime Database via ESP32, allowing users to see real-time system health. Apart from that, the system can also identify the electricity source that is being used, whether from solar panels, PLN or generators. The results of implementing this system show that IoT-based monitoring can improve energy efficiency, identify faults more quickly, and optimize power usage. With this technology, hybrid energy systems can be managed better, making them more cost-effective and environmentally friendly.

Keywords: Hybrid Solar Panels, IoT Monitoring, Energy Efficiency.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi energi terbarukan, terutama sistem tenaga surya hibrida, telah memberikan kontribusi signifikan terhadap penyediaan listrik di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik utama. Sistem tenaga surya hibrida, yang menggabungkan sumber energi surya dengan sumber energi cadangan (seperti genset atau PLN), memungkinkan pasokan listrik yang lebih stabil dan berkelanjutan. Namun, untuk memastikan kinerja sistem ini berjalan optimal, diperlukan pemantauan yang baik terhadap parameter-parameter penting seperti tegangan dan arus, baik pada sisi input maupun output.

Pemantauan tegangan dan arus pada sistem inverter hibrida, yang berfungsi untuk mengubah energi DC (dari panel surya) menjadi AC (untuk digunakan oleh beban atau disalurkan ke jaringan listrik PLN), sangat penting. Monitoring ini mencakup pengawasan terhadap input tegangan dan arus dari sumber energi surya maupun PLN, serta output

yang dihasilkan oleh inverter. Dengan memonitor input dan output, pengguna dapat memastikan bahwa inverter bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dan mendeteksi adanya gangguan atau penurunan kinerja pada sistem.

Sistem monitoring yang efektif akan memberikan informasi real-time mengenai keadaan operasi inverter, seperti kestabilan tegangan, arus, serta efisiensi konversi energi. Ini memungkinkan pengguna untuk segera mengidentifikasi masalah, mengoptimalkan kinerja sistem, dan memperpanjang umur perangkat. Selain itu, pemantauan input-output tegangan dan arus pada sistem hibrida juga penting dalam mencegah kerusakan pada perangkat, seperti inverter, yang bisa terjadi akibat ketidaksesuaian parameter listrik.

Dengan demikian, pengembangan sistem monitoring tegangan dan arus yang dapat mengukur kinerja input dan output dari inverter hibrida secara efisien dan akurat sangat dibutuhkan, terutama pada aplikasi skala kecil atau di daerah yang minim infrastruktur jaringan.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, terdapat dua solusi yang diajukan untuk masalah pemantauan energi listrik:

- **Solusi Pertama:** Menggunakan LCD untuk memantau tegangan dan arus dari sumber energi listrik (Tenaga Matahari, Genset, dan PLN).
- **Solusi Kedua:** Memanfaatkan teknologi IoT untuk memonitor tegangan dan arus dari sumber energi tersebut, yang memungkinkan pemantauan jarak jauh dan data real-time.

Metode Mencapai Optimasi Pemantauan Tegangan dan Arus Energi Listrik

Bagian ini mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Amir Shodiq, Syamsyarief Baqaruzi, dan Ali Muhtar, yang dipublikasikan di jurnal ELECTRON pada Mei 2021. Penelitian ini membahas perancangan sistem berbasis IoT untuk memonitor dan mengatur konsumsi daya listrik. Sistem ini bertujuan memberikan kenyamanan kepada pengguna dengan menyediakan data penggunaan daya listrik, cara mengurangi konsumsi, dan pola penggunaan energi.

Metode Mencapai Sistem Pemantauan Tegangan dan Arus pada Panel Surya Hibrida Berbasis IoT

Solusi kedua menggunakan perangkat **ESP32** untuk membaca data dari sensor tegangan dan arus yang terhubung ke panel surya, genset, dan PLN. Data tersebut diproses oleh ESP32 dan dikirim secara real-time ke platform IoT melalui Wi-Fi. Pengguna dapat melihat data tersebut melalui aplikasi smartphone yang menampilkan grafik atau angka secara langsung.

Cara Kerja Sistem

Sistem pemantauan IoT ini bekerja dengan menggabungkan sensor, mikrokontroler (ESP32), dan platform cloud. Sensor seperti **voltage divider** atau **PZEM-004T** digunakan untuk mengukur tegangan dan arus. Data dari sensor diubah menjadi sinyal digital melalui ADC yang ada di ESP32, kemudian dikirim ke platform cloud atau aplikasi IoT menggunakan Wi-Fi. Pengguna dapat melihat data secara langsung di aplikasi, dengan sistem ini juga memungkinkan pemberitahuan atau alarm jika ada nilai yang melebihi batas yang ditentukan.

Perancangan Diagram Sistem

Bagian ini menggambarkan diagram alur sistem pemantauan energi listrik berbasis IoT. Sensor pada panel surya, PLN, dan genset mengukur parameter kelistrikan yang kemudian diproses oleh **ESP32** dan dikirim ke aplikasi berbasis MIT App Inventor di

ponsel pengguna. Sistem ini dirancang agar lebih praktis dalam memantau suplai listrik dari berbagai sumber secara efisien.

Desain Rangkaian Sistem

Di sini dijelaskan tentang proses merancang rangkaian sistem pemantauan yang berbasis IoT, yang serupa dengan produk yang sudah ada di pasaran. Desain ini mencakup pemilihan sensor yang sesuai untuk setiap sumber energi (panel surya, PLN, genset) serta pemrosesan data menggunakan mikrokontroler ESP32.

Prosedur Penggunaan Alat

Prosedur penggunaan alat ini berisi langkah-langkah yang harus diikuti oleh pengguna untuk mengoperasikan sistem dengan benar dan aman:

1. Sambungkan sensor ke sumber tegangan dan arus yang akan dipantau.
2. Nyalakan alat dan tunggu hingga ESP32 terhubung ke jaringan internet.
3. Buka aplikasi MIT App Inventor di smartphone untuk melihat data tegangan dan arus secara real-time.
4. Pastikan data yang muncul sesuai dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur referensi.

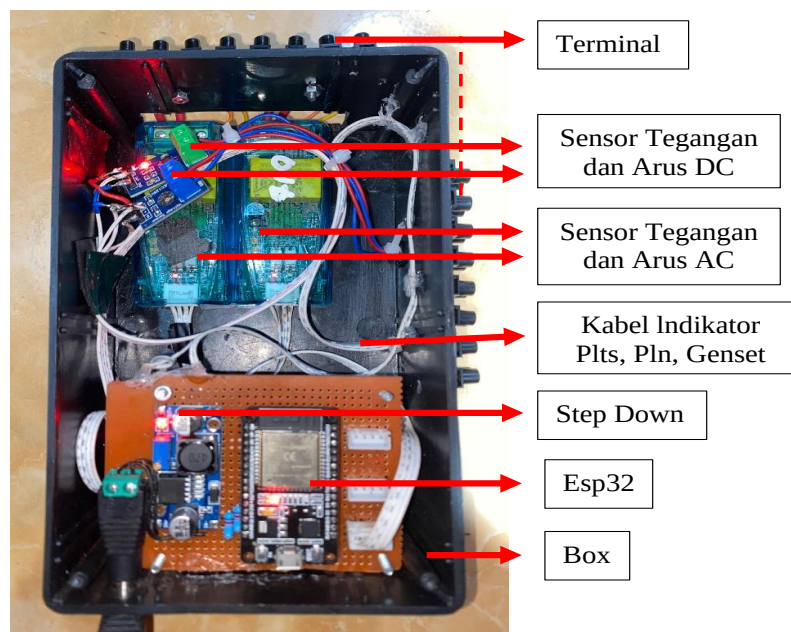
Kesimpulan Solusi yang Akan Diambil

Dari dua solusi yang diajukan, penulis memilih **Solusi Kedua** (sistem pemantauan berbasis IoT dengan panel surya hibrida) karena lebih efisien dan efektif. Dibandingkan dengan solusi pertama yang masih menggunakan sistem manual, solusi kedua dapat memanfaatkan tiga sumber daya (solar, genset, dan PLN) secara bersamaan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, sehingga lebih cocok untuk penggunaan jangka panjang dan perkembangan teknologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Alat

Hasil pemasangan dari perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 1 dimana komponen alat dapat tertata dengan rapih seperti yang tercantum pada Gambar 1.

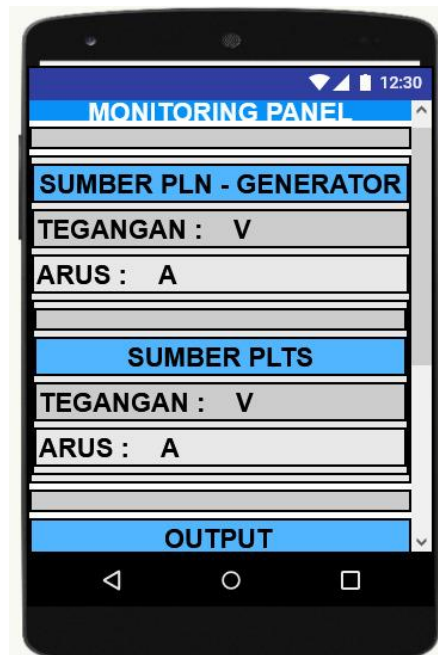


Gambar 1. Hasil Pemasangan alat sistem monitoring IoT

Pada Gambar 1 komponen pengukur tegangan dan arus berada di paling atas dan komponen – komponen yang paling bawah itu ada Esp32 yang terhubung ke Pzem Ac dan sensor tegangan/Arus Dc.

Hasil Tampilan Sistem Monitoring

Hasil tampilan monitoring dapat dilihat pada Gambar 2 dimana komponen alat dapat tertata dengan rapih seperti yang tercantum pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil tampilan sistem monitoring

Pada Gambar 4.2 Hasil tampilan sistem monitoring gambar tersebut menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi Mit App yang digunakan untuk memantau sumber energi listrik dari PLN, Generator, dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Aplikasi ini menampilkan informasi mengenai tegangan (Volt) dan arus listrik (Ampere) dari setiap sumber daya yang terhubung.

Pada bagian pertama, aplikasi menampilkan status SUMBER PLN - GENERATOR, yang menunjukkan nilai tegangan dan arus. Selanjutnya, bagian SUMBER PLTS juga menunjukkan tegangan dan arus.

Pada bagian OUTPUT, aplikasi menampilkan indikator sumber energi yang sedang digunakan adalah Plts, Pln, Generator. Dan juga menampilkan tegangan dan arus keluaran.

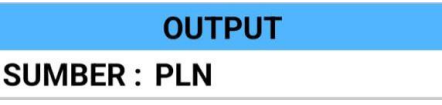
Hasil Pengujian Monitoring di Hp

Pengujian sistem monitoring tegangan dan arus pada panel surya hybrid berbasis IoT telah dilakukan untuk memastikan fungsionalitas dan keandalannya dalam memantau data secara real-time. Sistem ini menggunakan sensor tegangan dan arus yang terhubung ke mikrokontroler, kemudian data dikirimkan melalui jaringan internet ke platform IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data tegangan dan arus dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi MitApp yang diakses dari ponsel pengguna. Dalam pengujian, aplikasi pada ponsel mampu menampilkan informasi tegangan dan arus secara akurat dengan pembaruan data setiap beberapa detik. Parameter-parameter seperti tegangan dan arus, ditampilkan dalam antarmuka yang user-friendly, sehingga memudahkan pengguna untuk memantau kinerja panel surya secara efektif. Selain itu, aplikasi juga memberikan indikator ketika sumber yang sedang digunakan, seperti sumber Plts, Pln atau Genset yang

sedang digunakan.

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu memberikan kemudahan akses, akurasi data, dan fleksibilitas bagi pengguna untuk memantau kinerja panel surya hybrid kapan saja dan di mana saja. Hal ini memberikan solusi praktis dalam optimalisasi penggunaan energi serta meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Pengujian monitoring di Hp

Sumber Ke-	Kondisi indikator Sumber listrik	Tampilan di hp	Keterangan
1	Setelah Plts Hidup		Sesuai
2	Setelah Pln Hidup		Sesuai
3	Setelah Genset Hidup		Sesuai

Tampilan awal indicator output sumber pasti menampilkan sumber listrik dari Plts, Karena sumber listrik utama dari server internet adalah dari Plts. Dan apabila sumber listrik dari plts habis maka sumber listrik akan berganti menjadi sumber listrik dari Pln, dan nantinya output sumber listrik akan berubah tampilan menjadi sumber listrik dari Pln. Dan apabila sumber listrik dari Pln padam maka sumber listrik akan berganti menjadi sumber listrik dari Genset, dan nantinya output sumber listrik akan berubah tampilan menjadi sumber listrik dari Genset. Dari pengujian ketiga indicator sumber listrik memiliki hasil yang sesuai semua dengan yang diharapkan sehingga dapat dinyatakan indicator sumber listrik 100 % berhasil.

Hasil Pengujian Sumber Tegangan Dan Arus

1. Pengujian Sumber Tegangan dan Arus

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi tegangan dan Arus apakah di alat ukur manual sesuai dengan alat ukur sensor. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus di setiap sumber tegangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 32.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus PLTS

Hari Ke-	Multimeter		Monitoring IoT	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	18,8	4,2	17,6	4,0
2	16,8	3,7	15,2	2,8
3	19,4	4,4	18,2	3,6
4	15,6	4,8	14,8	2,8
5	16,2	2,8	16,2	3,3
6	19,7	3,6	15,4	3,2
7	18,3	3,8	15,8	3,4
Rata-Rata	17,8	3,9	16,1	3,3

Dengan selisih yang dihasilkan diantara kedua cara pengukuran, dapat dihitung presentase perbedaan antara pengukuran menggunakan multimeter dengan pengukuran menggunakan monitoring seperti berikut ini :

Selisih Pengukuran Tegangan :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{17,8 - 16,1}{17,8} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,09\%$$

Selisih Pengukuran Arus :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{3,9 - 3,3}{3,9} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,15\%$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus PLN

Hari Ke-	Multimeter		Monitoring IoT	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	210,4	0,47	210,8	0,44
2	210,8	0,44	218,2	0,50
3	208,2	0,5	213,6	0,46
4	210,4	0,28	210,4	0,32
5	214,2	0,42	212,8	0,38
6	210,2	0,48	210,2	0,38
7	210,6	0,22	209,8	0,20
Rata-Rata	210,6	0,40	212,2	0,38

Dengan selisih yang dihasilkan diantara kedua cara pengukuran, dapat dihitung presentase perbedaan antara pengukuran menggunakan multimeter dengan pengukuran menggunakan monitoring seperti berikut ini :

Selisih Pengukuran Tegangan :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{210,6 - 212,2}{210,6} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,008\%$$

Selisih Pengukuran Arus :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{0,40 - 0,38}{0,40} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,05\%$$

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus Generator

Hari Ke-	Multimeter		Monitoring IoT	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	210,4	0,45	218,8	0,41
2	206,8	0,48	210,2	0,50
3	208,2	0,26	210,6	0,26
4	210,4	0,33	206,4	0,38
5	218,2	0,48	212,8	0,28
6	210,2	0,24	210,8	0,42
7	214,6	0,28	211,8	0,44
Rata-Rata	211,2	0,36	185,0	0,38

Selisih Pengukuran Tegangan :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{211,2 - 185,0}{211,2} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,12\%$$

Selisih Pengukuran Arus :

$$= \frac{\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Pengukuran Monitoring}}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100 \%$$

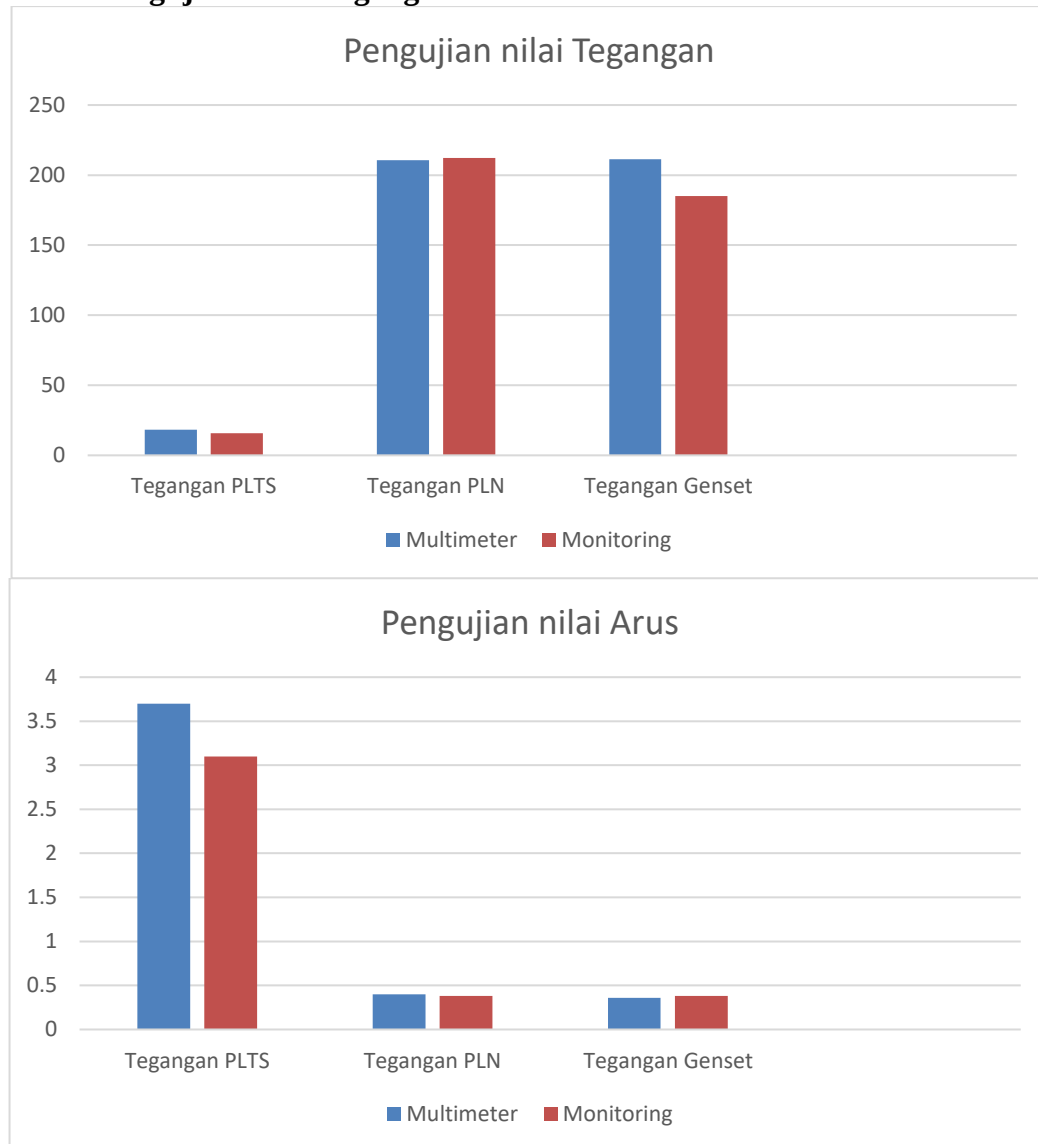
$$\text{Selisih Pengukuran Tegangan} = \frac{03,6 - 03,8}{03,6} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Selisih Pengukuran Tegangan} = 0,5\%$$

Dari hasil Uji Tegangan Dan arus sumber listrik Plts, Pln Dan Genset diatas yang dilakukan, **Nilai selisih pengukuran** adalah perbedaan antara hasil pengukuran menggunakan dua metode atau alat yang berbeda. Selisih ini dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti tingkat akurasi alat ukur, kondisi lingkungan, atau kesalahan dalam proses pengukuran. Dalam konteks pengujian tegangan dan arus pada PLTS, PLN, dan generator, selisih pengukuran dihitung dengan membandingkan hasil dari multimeter sebagai alat referensi dengan sistem monitoring IoT. Perbedaan yang muncul kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase untuk memahami sejauh mana penyimpangan terjadi. Semakin kecil persentase selisih, semakin akurat metode pengukuran dibandingkan dengan alat referensi. Sebaliknya, jika selisih cukup besar, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap

faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut, dan dinyatakan bahwa pengukuran terhadap sumber yang digunakan 100% berhasil.

2. Grafik Pengujian Nilai Tegangan dan Arus



Gambar 3 Grafik Pengukuran Tegangan dan Arus

Dari grafik pengukuran tegangan dan arus di atas untuk pengukuran yang berwarna biru itu pengukuran menggunakan multimeter dan yang berwarna merah itu adalah pengukuran menggunakan monitoring, dan dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengukuran di atas antara pengukuran dengan multimeter dan pengukuran dengan monitoring pasti ada selisih besar maupun kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan sistem monitoring yang telah dibuat dan diuji, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Sistem monitoring tegangan dan arus IoT telah berhasil dibuat. Setiap pembacaan tegangan dan arus dilakukan secara berurutan dan otomatis melalui sistem mikrokontroler berupa arduino uno.

2. Sistem mikrokontroler, dan komponen sensor *input*, komponen sensor *output* telah berhasil diintegrasikan menjadi sebuah sistem monitoring yang berjalan dengan baik.
3. Pengoperasian sistem yang telah dibuat hanya dengan cara memasang sensor tegangan dan arus pada sumber tegangan yang ingin di monitoring. Dan proses monitoring dapat dipantau menggunakan aplikasi MIT APP pada Hp dengan otomatis data tampil secara real time. Hal tersebut memberi kemudahan untuk pemantauan jarak jauh pada alat yang dimonitoring.

Saran

Dalam penulisan laporan maupun proses perakitan sistem monitoring tegangan dan arus berbasis IoT, penulis menyadari masih adanya kekurangan dari hasil yang di kerjakan. Oleh karena itu, Untuk pengembangan, perbaikan, maupun penelitian dimasa mendatang penulis memiliki beberapa saran yaitu :

1. Adanya penambahan Lcd untuk menampilkan data tanpa monitoring lewat Hp.
2. Menerapkan sensor yang bukan hanya mendeteksi tegangan dan arus saja tetapi dapat menghitung daya secara *real* nya.
3. Membuat proses pemrograman yang lebih untuk proses perhitungan daya energi listrik.

Demikian yang dapat penulis sampaikan apabila terdapat kesalahan penulis menyampaikan mohon maaf dan terima kasih kepada pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi, 2021, OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station, 86 hal. 18.
- Hadi S, Purwanto A, Purnomo H. IoT-based solar power monitoring system for hybrid energy applications. *International Journal of Renewable Energy Engineering*. 2021;8(3):203-211.
- Kumar M, Sharma R. Design and implementation of IoT-based solar power management system. *Int J of Solar Energy*. 2019;7(4):114-121.
- Li J, Zhang X. Smart grid and IoT-based monitoring system for solar power generation. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2020;67(2):1356-1363. doi: 10.1109/TIE.2020.2968782.
- Prasetyo E, Wibowo A, Setiawan M. Sistem monitoring tegangan dan arus pada panel surya hybrida berbasis IoT. *J Teknol Energi Terbarukan*. 2023;10(2):45-58.
- Ray, Pius Aditya Kurnia, Rony Seto Wibowo, and Feby Agung Pamuji. 2021. "Studi Kelayakan Pemasangan PLTS 80 KW Pada Sistem Kelistrikan PT. Indonesia Kendaraan Terminal." *Jurnal Teknik ITS* 10(1).
- Riawan, Govinda, I Nyoman Satya Kumara, and W. G. Ariastina. 2022. "Analisis Performansi Dan Ekonomi PLTS Atap 10 KWp Pada Bangunan Rumah Tangga Di Desa Batuan Gianyar." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 21(1): 63.
- Santosa R, Sutikno M. Monitoring and control of hybrid solar power systems using IoT and wireless sensors. *J Eng and Tech*. 2020;12(1):56-65.
- Suryanto D, Wahyudi M, Nugroho R. Pengembangan sistem monitoring untuk pemantauan kinerja panel surya menggunakan teknologi IoT. *J Energi dan Teknologi*. 2022;15(4):89-97.
- Wicaksono, Chrysti Adi, Imam Supriyadi, M Sidik Boedoyo, and Universitas Pertahanan. 2020. "Analisa Biaya Dan Manfaat Penggunaan Plts Dan Pltd (Hybrid) Dalam Memenuhi Kebutuhan Listrik Satuan Radar (Satrad) Di Perbatasan (Studi Kasus Perencanaan Satrad Tni Au Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai)." 6: 10-27.