

Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Angin Berbasis IoT

Handaru Ramadhani ^{1*}, Heru Abrianto ²

Teknik Elektro

Universitas Tama Jagakarsa

email : handaruramadhani23@gmail.com

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik saat ini masih bergantung pada sumber energi fosil yang menimbulkan dampak lingkungan serta ketergantungan jangka panjang. Energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin hadir sebagai alternatif, namun performanya sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca dan kondisi lingkungan sehingga memerlukan sistem pemantauan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan tenaga angin (PLTA) berbasis internet of things (IoT) yang mampu mengamati parameter kelistrikan secara langsung (real-time). Metode yang digunakan berupa perancangan sistem dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor tegangan serta modul PZEM-004T untuk mengukur arus, tegangan, dan daya, kemudian mengirimkan data melalui jaringan internet ke dashboard yang dapat diakses pengguna. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sensor mendekati hasil alat ukur dengan selisih (0,5144) dan persentase error (1,94%) alat bekerja dengan baik dan sistem dapat menyajikan data secara real time, meningkatkan efektivitas pemantauan, serta mempermudah akses informasi kinerja pembangkit dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem monitoring berbasis IoT ini dapat menjadi solusi yang efisien dalam meningkatkan keandalan serta pengelolaan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT), Sistem monitoring, Energi terbarukan, PLTS, PLTA, Pemantauan Real-Time, Arduino, ESP32.*

Abstract

The increase in the need for electrical energy currently still depends on fossil energy sources that cause environmental impacts and long-term dependence. Renewable energy such as solar and wind power is present as an alternative, but its performance is greatly influenced by weather factors and environmental conditions so it requires an optimal monitoring system. This research aims to design and develop an internet of things (IoT) based monitoring system for solar power plants (PLTS) and wind power (PLTA) that is able to observe electricity parameters directly (real-time). The method used is in the form of system design by utilizing Arduino Mega 2560 and ESP32 microcontrollers integrated with voltage sensors and PZEM-004T modules to measure current, voltage, and power, then transmit data through the internet network to a dashboard that can be accessed by users. The results obtained are expected to show that the system can present data in real-time, increase monitoring effectiveness, and facilitate access to plant performance information remotely. Thus, this IoT-based monitoring

system can be an efficient solution in improving the reliability and management of renewable energy that is more environmentally friendly and sustainable.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Monitoring system, Renewable energy, solar PV, hydropower, Real-Time monitoring, Arduino, ESP32.*

I. LATAR BELAKANG

Saat ini kebutuhan energi listrik di berbagai wilayah dunia, khususnya di negara-negara berkembang, masih banyak bergantung pada sumber energi fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Ketergantungan tersebut menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain keterbatasan cadangan energi, peningkatan emisi gas rumah kaca, serta dampak lingkungan yang semakin besar sehingga diperlukan upaya transisi menuju sumber energi yang lebih berkelanjutan [1]. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi sumber daya energi baru terbarukan (EBT) yang sangat besar, terutama energi surya dan energi angin yang tersedia secara alami sepanjang tahun. Pemanfaatan EBT menjadi salah satu solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan energi nasional sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengurangan emisi karbon [1] [2]

Peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan perkembangan teknologi telah menyebabkan kebutuhan energi listrik terus meningkat dari tahun ke tahun. Kondisi ini harus diimbangi dengan penyediaan tenaga listrik yang andal, aman, dan ramah lingkungan guna menjaga keberlangsungan sistem ketenagalistrikan nasional [2]. Salah satu alternatif yang banyak dikembangkan adalah pemanfaatan sistem pembangkit listrik hybrid yang mengombinasikan lebih dari satu sumber energi terbarukan. Kombinasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) dinilai mampu meningkatkan kontinuitas pasokan energi karena karakteristik kedua sumber energi tersebut saling melengkapi. Pada saat intensitas matahari menurun, energi angin masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkitan listrik, begitu pula sebaliknya [3] [4].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) turut memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan sistem pembangkit energi terbarukan. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat dan sensor terhubung ke jaringan internet sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time tanpa harus berada di lokasi pembangkit [1]. Implementasi IoT pada sistem energi terbarukan telah banyak diterapkan untuk memonitor parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, serta kondisi lingkungan yang memengaruhi kinerja pembangkit [5]. Selain meningkatkan efisiensi operasional, sistem monitoring berbasis IoT juga mempermudah proses pengambilan keputusan, pemeliharaan, dan deteksi dini terhadap gangguan yang mungkin terjadi pada sistem pembangkitan. [6]

Energi surya dan energi angin merupakan dua sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia karena didukung oleh kondisi geografis yang beragam, terutama pada wilayah pesisir, tambak, dan dataran tinggi. [7] Namun demikian, pengoperasian pembangkit listrik berbasis energi terbarukan masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah keterbatasan sistem monitoring yang mampu menampilkan data operasional secara akurat dan berkelanjutan. Keterlambatan dalam memperoleh informasi

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

mengenai kondisi pembangkit dapat menyebabkan penurunan performa sistem, kesulitan dalam proses pemeliharaan, serta meningkatkan risiko kerusakan peralatan. [8] Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu menyajikan data operasional secara real-time sehingga kondisi pembangkit dapat diketahui setiap saat oleh operator.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem monitoring berbasis IoT pada pembangkit energi terbarukan mampu meningkatkan efektivitas pengawasan dan pengelolaan energi [5]. mengembangkan sistem monitoring dan pengukuran PLTS serta PLTA berbasis IoT yang mampu menampilkan data listrik secara daring. [4] Merancang sistem monitoring pada pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin menggunakan platform IoT sehingga pengguna dapat memantau kinerja sistem melalui perangkat bergerak. [3] juga berhasil mengimplementasikan sistem monitoring dan manajemen energi pada pembangkit hybrid PLTS, PLTA, dan PLN berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi. Selain itu, penelitian [8] [6] [9] [10] menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, dan platform IoT mampu menghasilkan sistem pemantauan yang lebih efektif dan mudah diakses dari berbagai lokasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring pembangkit listrik tenaga hybrid PLTA dan PLTS berbasis *Internet of Things* (IoT) pada lingkungan tambak di Babelan. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan pembangkit, kemudian mengirimkan data tersebut secara real-time ke smartphone melalui aplikasi Blynk. Dengan adanya sistem ini diharapkan proses pemantauan kinerja pembangkit dapat dilakukan secara lebih mudah, cepat, dan efisien sehingga mendukung optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan pada lingkungan tambak.

II. METODE PENELITIAN

Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTA/PLTS) Berbasis IoT

Urgensi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia Kebutuhan listrik global, terutama di negara berkembang termasuk Indonesia, saat ini masih didominasi oleh bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi yang ketersediaannya terus menipis [1]. Pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya permintaan listrik menuntut sistem ketenagalistrikan yang berkelanjutan, andal, aman, dan ramah lingkungan melalui usaha pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang kontinu [2]. Oleh karena itu, pengembangan EBT seperti energi matahari, angin, air, biofuel, dan panas bumi menjadi solusi strategis karena sifatnya yang berkelanjutan dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan [1].

Potensi Energi Hybrid (Angin dan Surya) Sebagai negara kepulauan dengan wilayah pesisir dan dataran tinggi, Indonesia memiliki potensi geografis yang besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai energi alternatif. Penggabungan kedua energi ini (sistem hybrid) diharapkan mampu mengurangi ketergantungan pada energi fosil di berbagai daerah. Namun, pengoperasiannya masih menghadapi kendala teknis, khususnya keterbatasan sistem monitoring yang dapat menyajikan data operasional secara akurat dan real-time. [7]

Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam Monitoring Pembangkit Sistem pembangkit listrik yang tidak terpantau secara kontinu berisiko mengalami penurunan kinerja dan

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

kerusakan peralatan akibat keterlambatan informasi operasional. Untuk meningkatkan keandalan (reliability) sistem, diperlukan integrasi teknologi Internet of Things (IoT). Sistem IoT memungkinkan objek atau perangkat terhubung ke internet, sehingga proses pemantauan parameter listrik (seperti arus, tegangan, dan daya) dapat dilakukan secara efisien oleh operator dari jarak jauh tanpa perlu kontak fisik melalui smartphone menggunakan aplikasi seperti Blynk [1].

Rumus Menghitung Daya DC

Daya listrik DC () adalah jumlah energi yang dikonsumsi atau disalurkan oleh suatu komponen dalam suatu rangkaian listrik arus searah per satuan waktu. Rumus dasar daya DC Adalah:

Dimana

- P_{DC} = Daya DC (Watt, W)
- V_{DC} = Tegangan DC (Volt,V)
- I_{DC} = Arus DC (Ampere,A) (rumus 2.1)

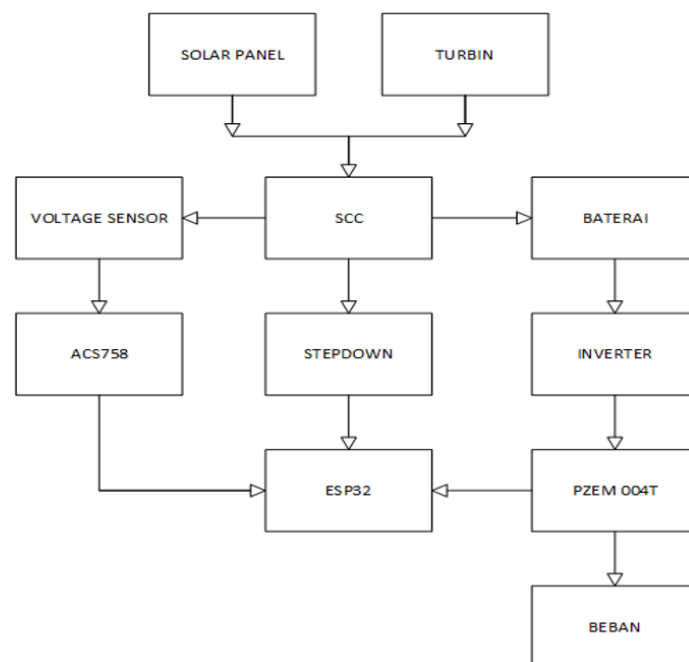
Contoh perhitungan:

Jika sebuah panel surya dan turbin angin menghasilkan tegangan 13.80 V dan arus DC 2.66 maka daya DC yang dihasilkan adalah

$$P_{DC} = V_{DC} \times I_{DC} = 13.80 \times 2.66 = 36,708$$

Berarti panel surya dan turbin angin mampu menyediakan daya sebesar 36,71 watt (W), (dibulatkan ke dua angka dibelakang koma).

Metode Penelitian

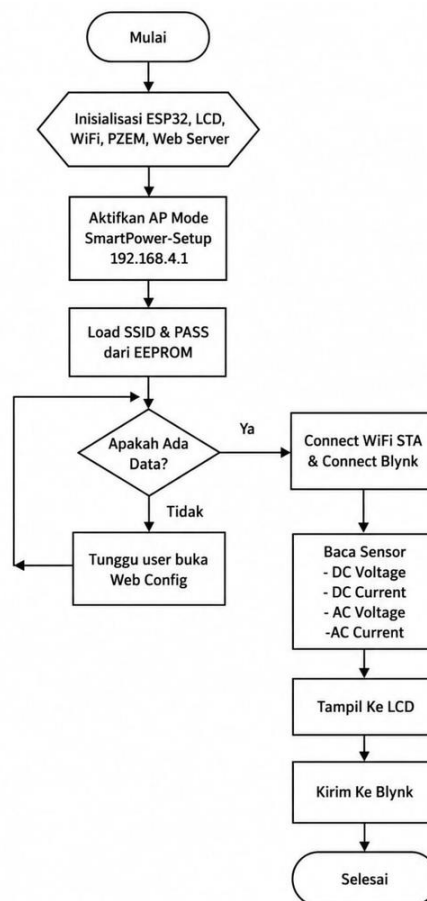


Gambar 1. Blok diagram Sistem Monitoring PLTS&PLTA Berbasis IoT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

Sistem pembangkit listrik hybrid ini menggunakan panel surya dan turbin angin sebagai sumber energi utama yang menghasilkan arus searah (DC). Energi tersebut dialirkan ke Solar Charge Controller (SCC) untuk mengatur pengisian dan melindungi baterai sebagai media penyimpanan daya. Untuk menyuplai beban arus bolak-balik (AC), listrik DC dari baterai dikonversi oleh inverter menjadi arus AC.

Selama proses berlangsung, voltage sensor, sensor arus ACS758, dan sensor PZEM-004T memantau parameter listrik (tegangan, arus, daya) sistem dan beban. Seluruh data sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32—yang dayanya disuplai aman menggunakan modul step-down—untuk kemudian dikirim dan ditampilkan secara real-time melalui platform IoT.



Gambar 2. Flowchart Sistem Monitoring PLTS&PLTA Berbasis IoT

Flowchart pada portototype sistem ini menjelaskan alur kerja sistem monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (Io) menggunakan mikrokontroler ESP32 melakukan inisialisasi terhadap seluruh komponen yang di gunakan, seperti LCD, Wifi, sensor PZEM, dan web server. Setelah proses inisialisasi selesai, ESP32 mengaktifkan mode *Acces Point* (AP Mode)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

dengan nama jaringan *Smartpower-Setup* dan alamat IP 192,168.4.1. Mode ini digunakan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan konfigurasi jaringan Wifi pada sistem.

Selanjutnya, sistem membaca data SSID dan password Wifi Yang tersimpan pada memori EEPROM. Jika data tersedia, ESP32 akan terhubung ke jaringan WIFI dalam mode *station* (STA) dan melanjutkan koneksi ke platform Blynk. Namun, apabila data belum tersedia, sistem akan menunggu pengguna membuka halaman konfigurasi web server untuk memasukkan SSID dan password WIFI. Setelah data berhasil di simpan, sistem kembali melakukan proses koneksi jaringan agar dapat terhubung ke internet dan menjalankan proses monitoring.

Setelah koneksi berhasil dilakukan, ESP32 mulai membaca data dari sensor berupa tegangan DC, arus DC, tegangan AC, dan arus AC. Data hasil pembacaan tersebut kemudian ditampilkan pada layar LCD sebagai informasi monitoring secara langsung. Selain itu, data juga dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara real-time menggunakan smartphone. Dengan alur kerja tersebut, sistem mampu melakukan monitoring kelistrikan secara otomatis, stabil dan lebih efisien.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Melakukan uji coba kembali untuk memastikan rangkaian kontrol berfungsi dengan normal. Pengujian ini dilakukan dengan menyalakan sistem dan mengamati respon setiap komponen sesuai dengan skenario operasional yang dirancang. Terlihat digambar bahwa sensor berfungsi dengan baik dengan ditandai munculnya WiFi Connecting pada layar LCD. Proses ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa tidak ada koneksi kabel yang longgar, tidak terpasang dengan baik, atau bahkan putus selama tahap pemasangan. Jika ditemukan indikasi masalah, seperti komponen yang tidak berfungsi atau adanya ketidaksesuaian dalam respon sistem dilakukan pengecekan kembali terhadap jalur kabel dan koneksi.



Gambar 3. Pengujian Monitoring PLTS dan PLTA Berbasis IoT

Pengujian Akurasi Monitoring Arus, Tegangan, dan Daya pada Sensor

Pengujian akurasi monitoring arus, tegangan, dan daya dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor yang digunakan pada sistem *Smart Power Monitor* dalam membaca parameter listrik DC dan AC. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi yang telah terkalibrasi, seperti multimeter digital. Parameter yang

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

diuji kemudian di analisis berdasarkan selisih nilai pengukuran dan persentase error yang diperoleh.

Proses pengujian di awali dengan menghubungkan sistem *Smart Power Monitor* pada sumber tegangan dan beban listrik. Selanjutnya, sensor melakukan pembacaan nilai tegangan, arus, dan daya yang kemudian ditampilkan pada LCD serta dashboard Blynk. Pada saat yang bersamaan dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur referensi kemudian di catat dan dibandingkan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem.

Tabel 1. Perbandingan Pengujian Arus DC

Deskripsi	Hasil Pengukuran		Selisih	Error (%)	Keterangan
	Sensor	Multimeter			
Percobaan 1			0	0	Ketika pakan ikan otomatis belum beroperasi arus AC 0,02A
Percobaan 2			0	0	Ketika pakan ikan sudah beroperasi arus AC menjadi 0,34A
Percobaan 3			0	0	Pakan ikan kembali beroperasi arus AC tetap di 0,34

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

Percobaan 4			0	0	Arus AC berubah menjadi 0,13A karena Pemakaian-nya charger ponsel
----------------	---	---	---	---	---

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pengukuran yang di peroleh sensor memiliki perbedaan yang relatif kecil dibandingkan dengan alat ukur referensi. Perbedaan tersebut dapat di sebabkan oleh toleransi sensor, fluktuasi sumber listrik, karateristik beban digunakan, serta tingkat ketelitian alat ukur referensi. Namun demikian, seluruh hasil pengujian masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima sehingga sistem Smart Power Monitor dinyatakan mampu melakukan monitoring arus, tegangan, dan daya secara akurat serta dapat digunakan untuk pemantuan kondisi listrik secara *real-time*.

Berdasarkan tabel 1 rata-rata selisih antara sensor dan multimeter adalah 0 dan rata-rata error sebesar 0%. Hal ini menunjukka bahwa sensor mampu membaca daya dan arus AC dengan presisi sempurna sesuai dengan pengukuran multimeter pada semua kondisi percobaan. Percobaan pertama hingga keempat menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi perubahan daya dan arus AC secara tepat, baik ketika sistem pakan ikan belum beroperasi, saat beroperasi normal, maupun ketika terjadi perubahan karena perangkat tambahan (*charger ponsel*)

Tabel 2 Perbandingan Pengujian Akurasi Tegangan DC

Deskripsi	Hasil Pengukuran		Selisih	Error (%)	Keterangan
	Sensor	Multimeter			
Percobaan 1			0,05	4,46	Sensor mampu memantau tegangan DC panel surya dan turbin angin dengan tingkat akurasi yang baik, pembacaan tegangan DC sensor valid dengan adanya selisih

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

Percobaan 2			0	0	Hasil pengukuran tegangan DC oleh sensor sesuai dengan hasil pengukuran multimeter tanpa selisih
Percobaan 3			0,03	2,14	Hasil pengukuran tegangan DC oleh sensor mendekati hasil pengukuran multimeter, dinyatakan bekerja dengan baik pada sistem panel surya dan turbin angin
Percobaan 4			0	0	Hasil pengukuran cukup akurat dan tegangan keluar sistem berada dalam kondisi stabil selama pengujian berlangsung

Berdasarkan tabel 2 perhitungan, rata-rata selisih sensor dengan multimeter adalah 0,02 sedangkan rata rata error sebesar 1,65%. Nilai rata-rata selisih yang sangat presisi. Hal ini juga diperkuat dengan nilai error yang rendah, dibawah 2%, menegaskan bahwa sensor memiliki akurasi yang tinggi dan mampu memberikan pengukuran yang valid.

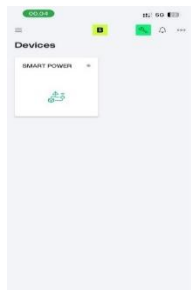
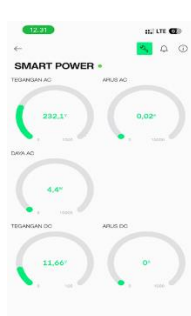
Hasil percobaan menunjukkan konsistensi sensor dalam memantau tegangan DC pada sistem panel surya dan turbin angin. Percobaan pertama dan ketiga menunjukkan sedikit deviasi, tetapi masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, sedangkan percobaan kedua dan keempat menunjukkan pembacaan sensor yang tepat sama dengan multimeter.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

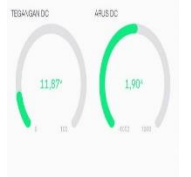
Pengujian Prototype

Setelah perakitan prototype selesai semua, selanjutnya pada tahap ini dilakukan beberapa tahapan pengujian dan analisa dari prototype ini, berikut beberapa tahapan pengujian dan analisa yang dilakukan :

Tabel 3. Pengujian Prototype

No	Deskripsi Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Gambar	Kesimpulan
1	Pengujian ESP32 dengan memberikan catu daya dan menjalankan program	Status "disconnected" Akan berubah menjadi "connected" dan data monitoring yang di dapat alat akan di tampilkan pada aplikasi	Hasil offline pada aplikasi akan hilang, itu menandakan bahwa server sudah connect dengan Blynk		ESP32 mampu bekerja dengan baik sebagai pengendali utama sistem smart power monitor dan seluruh fungsi utama berjalan sesuai perancangan
2	Pengujian dashboard Blynk dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pembacaan sensor dapat tampil pada aplikasi monitoring	Semua parameter tegangan, arus, dan daya dapat tampil pada dashboard secara real-time	Data sensor berhasil ditampilkan dan berubah sesuai kondisi sistem yang sedang berjalan		Dashboard monitoring dapat menampilkan seluruh data sensor secara real-time sesuai kebutuhan system
3	Pengujian LCD I2C dilakukan untuk memastikan LCD dapat menampilkan hasil monitoring secara langsung pada perangkat.	LCD mampu menampilkan tegangan, arus, dan daya listrik AC maupun DC dengan jelas.	LCD berhasil menampilkan seluruh parameter monitoring secara bergantian sesuai program		LCD bekerja normal dan dapat digunakan sebagai tampilan monitoring langsung pada prototype

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

4	Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk membaca tegangan, arus, dan daya Listrik AC dari sumber listrik utama	Sensor mampu membaca parameter Listrik AC dan mengirimkan data ke ESP32	Nilai tegangan, arus, dan daya berhasil di tampilkan pada LCD dan dashboard		Sensor PZEM-004T bekerja dengan baik dan pembacaan data sesuai kondisi sumber listrik AC.
5	Pengujian sensor DC dilakukan pada jalur tegangan dan arus untuk memastikan pembacaan daya DC berjalan normal	Sensor mampu membaca tegangan dan arus DC dengan stabil.	Nilai tegangan dan arus DC berhasil terbaca serta tampil pada sistem monitoring		Sensor DC mampu membaca parameter dengan baik sesuai perancangan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya dan bayu berbasis Internet of things (IoT), maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya dan bayu berbasis IoT berhasil dirancang dan di realisasikan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor tegangan DC, sensor arus ACS758, sensor PZEM-004T, LCD I2C, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. Sistem mampu melakukan pemantauan parameter kelistrikan secara real-time.
2. Sistem mampu membaca dan menampilkan parameter listrik berupa tegangan DC, arus DC, tegangan AC, arus AC, serta daya listrik AC dengan baik. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung pada LCD dan dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet
3. Berdasarkan pengujian akurasi sensor, diperoleh nilai pengukuran yang mendekati hasil alat ukur dengan selisih (0,5144) dan persentase error (1,94%) yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak digunakan sebagai perangkat monitoring pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dan bayu

V. REFERENSI

- [1] Mursid, M., Shiddieqy, R. H. A., Raafi'u, B., Zain, A. T., & Patrialova, S. N. (2021). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin dan surya menerapkan konsep hybrid technology berbasis Internet of Things.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA BOGOR

- [2] Desrizal, H., & Rosma, I. H. (2018). Analisis ketersediaan sistem pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). JOM FTEKNIK, 5(1), 1–8.
- [3] Abdillah, H., Asrori, T., Baihaqi, M. A., Prasetyo, D. H. T., & Muhammad, A. (2023). Sistem monitoring dan manajemen energi pada pembangkit hybrid PLTS, PLTA, dan PLN berbasis Internet of Things. Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer (JASIEK), 5(2).
- [4] Saputra, R., & Sulaiman, S. (2024). Rancang bangun sistem monitoring pada pembangkit listrik dual hybrid panel surya dan tenaga angin berbasis Internet of Things. Jurnal Pendidikan Tambusai, 8(2), 20246–20261.
- [5] Hermanto, I. D. W., Kartini, U. T., Suprianto, B., & Endryansyah. (2022). Sistem monitoring dan pengukuran pembangkit listrik surya dan angin berbasis Internet of Things (IoT). Jurnal Teknik Elektro, 11(3), 371–378.
- [6] Wicaksono, D. H., Djuniadi, & Apriaskar, E. (2023). Monitoring sistem pembangkit listrik tenaga angin berbasis Internet of Things. Jurnal Teknologi Elektro, 14(2).
- [7] Setiawan, K. (2021). Sistem monitoring pembangkit listrik tenaga hybrid PLTA PLTS berbasis IoT.
- [8] Abduh, S. R., Lisapaly, L., & Pangaribuan, T. (2024). Disain dan implementasi sensor monitoring jarak jauh berbasis IoT terhadap kinerja panel surya. Journal of Renewable Energy, Electrical Engineering, and Artificial Intelligence, 1(1), 19–26.
- [9] Baswara, A. R. C., & Alfaqi, R. (2023). Rancang bangun sistem monitoring pembangkit listrik tenaga mikro hidro berbasis Internet of Things (IoT). Jurnal Teknologi Elektro, 14(1).
- [10] Wicaksono, R. (2022). MPPT (Maximum Power Point Tracker) system in PLTS and micro hydro based on IoT (Internet of Things). Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering, 5(2), 50–55.