



Sistem *Monitoring Prototype* Energi Listrik *Hybrid* menggunakan Panel Surya, Turbin Angin & *Piezoelektrik* Diatas Kapal

Bagus Firdha Mahendra ^{1*}, Sri Mulyanto H ², Prihastono ³

¹⁻³ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Email: mahendrabagusfirdha@gmail.com *

Alamat : Jl. Gunung Anyar Lor No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

*Penulis Korespondensi

Abstract. Renewable energy is non-fossil energy that can be renewed and managed sustainably, such as solar, wind, water, and biomass. To overcome dependence on weather conditions, this energy can be combined with alternative energy sources such as piezoelectric sensors, which can convert pressure into electrical energy. This study aims to design a prototype monitoring system for hybrid electric energy using solar panels, wind turbines, and piezoelectric elements as alternative energy sources on board ships. The use of Internet of Things (IoT) technology is key to monitoring and managing these energy sources in real-time and automatically through integrated sensors and software. This research uses the Research and Development (R&D) method by creating a prototype that combines solar panels, wind turbines, and piezoelectric components as energy sources and designing a monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the Kodular application. Several system components were tested through two types of testing: static and dynamic testing. The test results showed that the solar panel had the most stable performance with a voltage of approximately 16.50V and a current of 2.41A occurring between 13:00 and 16:00 WIB. The wind turbine was able to operate at low wind speeds and reached its highest voltage of 3.63V and current of 1.14A on the fifth day at 20:00 WIB with a wind speed of 1.1 knots. The piezoelectric system generated power according to the pressure and frequency of footstep impacts. The highest voltage recorded for a 70kg subject was 4.11V with a current of 0.19A. This hybrid system has the potential to be an environmentally friendly energy support solution on board ships.

Keywords: ESP32, Hybrid energy, Kodular Application, Monitoring system, Research and Development (R&D).

Abstrak. Energi terbarukan adalah energi non-fosil yang dapat diperbarui dan dikelola secara berkelanjutan, seperti matahari, angin, air, dan biomassa. Untuk mengatasi ketergantungan pada cuaca, energi ini dapat dikombinasikan dengan sumber energi alternatif seperti sensor *piezoelektrik* yang dapat mengubah tekanan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring prototype* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin, & *piezoelektrik* sebagai sumber energi listrik alternatif di atas kapal. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi kunci untuk memantau dan mengelola sumber energi tersebut secara *real-time* dan otomatis melalui sensor dan perangkat lunak yang terintegrasi. Pada penelitian ini jenis metode yang digunakan yaitu metode *Research and Development* (R&D) dengan membuat *prototype* dengan menggabungkan panel surya, turbin angin, & *piezoelektrik* sebagai sumber energi listrik dan mendesain sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi kodular. Beberapa komponen sistem akan diuji melalui dua jenis pengujian, yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya memiliki kinerja paling stabil dengan nilai tegangan yang didapat sekitar 16.50V dan arus sebesar 2.41A yang terjadi pada pukul 13.00 - 16.00 WIB. Turbin angin mampu bekerja pada kecepatan angin rendah dan mendapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 3.63V dan arus sebesar 1.14A yang terjadi di hari kelima pada pukul 20.00 WIB dengan kecepatan angin sebesar 1.1 knot. *Piezoelektrik* menghasilkan daya sesuai dengan tekanan dan frekuensi injakan. Tegangan tertinggi yang didapat pada subjek BB 70kg menghasilkan tegangan sebesar 4.11V dan arus sebesar 0.19A. Sistem *hybrid* ini berpotensi menjadi solusi pendukung energi ramah lingkungan di atas kapal.

Kata kunci : Aplikasi Kodular, Energi *hybrid*, ESP32, *Research and Development* (R&D), Sistem *monitoring*.

1. PENDAHULUAN

Di zaman modern saat ini, kebutuhan akan sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin meningkat. Penggunaan energi terbarukan seperti energi surya, angin, dan *piezoelektrik* merupakan salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi masalah perubahan iklim yang terjadi di Indonesia.

Penggabungan ketiga sumber energi ini dalam sistem *hybrid* tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi, namun juga memberikan solusi dalam menggunakan sumber energi. Selama cuaca buruk atau ketika salah satu sumber energi tidak tersedia, sistem dapat beroperasi menggunakan sumber energi lain seperti menggunakan *piezoelektrik*. Selain itu, integrasi sistem *hybrid* ini membutuhkan pengelolaan yang cermat agar distribusi daya antar sumber energi tetap optimal sesuai kebutuhan.

Internet of Things (IoT) berperan penting dalam mengelola sumber daya energi secara optimal, *Internet of Things (IoT)* merupakan konsep yang menghubungkan perangkat fisik ke internet, memungkinkan untuk saling berkomunikasi dan bertindak secara otomatis (Solusi et al., 2024). Pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan kinerja sumber energi apa pun seperti panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik* secara *real-time* sehingga dapat *ter-monitoring* secara efisien.

Sensor dan perangkat lunak (*software*) adalah komponen kunci dalam sistem *Internet of Things (IoT)*, Sensor dan *software* dapat menganalisis data tentang produksi energi dari panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik*. Penyajian data dari hasil produksi energi dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi masing-masing sumber energi, serta membantu mendeteksi sumber energi mana yang bekerja kurang efisien. Informasi ini sangat penting dalam pengambilan keputusan mengenai pengelolaan sumber daya energi secara optimal.

Monitoring adalah salah satu bagian dari proses pengumpulan informasi maupun data yang bertujuan untuk menilai hasil yang dilakukan secara berkelanjutan, objektif, meningkatkan efisiensi dan efektivitas program atau kegiatan yang didasarkan pada satuan target dan aktivitas yang direncanakan (Misnaniarti & Najmah, 2021). Sistem *monitoring* ini sudah banyak digunakan & dikembangkan di berbagai aspek dalam berbagai bidang tertentu. Salah satu bentuk kelebihan sistem *monitoring* dapat memantau dengan jarak jauh dan secara *real-time*.

Kemajuan teknologi saat ini telah membuka peluang baru bagi pengembangan sistem *monitoring* berbasis aplikasi. Aplikasi *mobile* telah menjadi alat yang cukup efektif untuk memantau parameter secara *real-time*. Platform seperti kodular memungkinkan pengembangan

dan membangun aplikasi android tanpa menulis kode secara manual, sehingga mempercepat proses pengembangan dan membuat informasi lebih mudah diakses oleh pengguna.

Kemampuan kolaborasi ini memungkinkan penulis melihat dan menganalisis data dan konsumsi energi dengan mudah dari beberapa perangkat. Hal ini sangat berguna untuk memantau perubahan data secara langsung serta mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat waktu. Data yang telah diperoleh dari sistem *monitoring* akan disimpan dan diperbarui secara otomatis di Google Sheets, sehingga memudahkan proses pencatatan, pengelolaan, dan analisis data secara terpusat. Dengan integrasi aplikasi kodular dan google sheets, data yang dikumpulkan oleh sensor dan perangkat pemantauan dapat disimpan secara terstruktur dan dapat diakses kapanpun dan dimana saja.

Perancangan sistem *monitoring* ini bertujuan untuk memberikan kontribusi & edukasi dalam penggunaan energi listrik bersumber dari panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik*. Dengan memanfaatkan dan efektifitas teknologi *Internet of Things (IoT)*, aplikasi tidak hanya membantu penulis untuk memantau energi listrik yang dihasilkan, namun juga menyediakan analisis data untuk membantu menentukan efisiensi energi listrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem monitoring

Monitoring adalah salah satu bagian dari proses pengumpulan informasi maupun data yang bertujuan untuk menilai hasil yang dilakukan secara berkelanjutan, objektif, meningkatkan efisiensi dan efektivitas program atau kegiatan yang didasarkan pada satuan target dan aktivitas yang direncanakan (Misnaniarti & Najmah, 2021). Siklus kegiatan *monitoring* mencakup pengumpulan data, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi yang diperoleh dari suatu proses. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai dengan rencana (on track) (Karlin & Wright, 2013).

ESP32

Mikrokontroler ESP32 dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini terintegrasi dengan modul *Wi-Fi* dan dual-mode bluetooth dalam bentuk chip (SoC) sehingga sangat mendukung dalam pengaplikasian *Internet of Things (IoT)* (Tresna Umar Syamsuri et al., 2023). ESP32 sangat cocok untuk aplikasi IoT karena kemampuannya dalam mengelola pengolahan data, komunikasi jaringan, dan berfungsi sebagai server web.

Internet of Things

Internet of Things merupakan konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. *Internet of Things* membuat

internet menjadi meluas dan berkembang dengan memungkinkan akses dan interaksi yang mudah dengan beragam perangkat seperti *actuator*, *display*, kamera cctv (closed circuit television) sensor pemantauan dan sebagainya (Jokanan et al., 2022).

Aplikasi Kodular

Kodular adalah situs web yang digunakan untuk membuat aplikasi android yang menggunakan metode drag-and-drop *programming*. Metode ini memudahkan bagi pengguna karena tidak perlu lagi untuk mengetik layaknya pemrograman lainnya (Winarto et al., 2023).

Sensor INA219

Sensor INA219 adalah sebuah modul sensor yang memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya secara simultan. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengalirkan arus melalui kabel tembaga di dalamnya, yang menghasilkan medan magnet yang kemudian ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan yang berbanding lurus (Ade Wahyu et al., 2024).

Google Sheet

Google sheets adalah sebuah *software* atau perangkat lunak berbasis web yang dikembangkan oleh Google, untuk membuat tabel, perhitungan sederhana, atau pengolahan data. Sama dengan bekerja pada Microsoft Excel, bedanya bahwa di Google Sheet beberapa pengguna dapat bekerja bersama-sama dalam satu lembar kerja Secara online (Situmorang, 2024).

Salah satu keunggulan google sheets yang ditunjukkan pada gambar 2.4 diatas yaitu sebagai database yang dapat diakses dari mana saja dengan koneksi internet. Selain itu, fitur kolaborasi *real-time* memungkinkan banyak pengguna untuk mengedit dan memperbarui data secara bersamaan tanpa risiko kehilangan informasi.

Sensor Anemometer

Sensor anemometer yang didefinisikan sebagai alat untuk mengukur kecepatan dan tekanan angin, yang biasa digunakan di hampir semua stasiun cuaca. Istilah "anemometer" berasal dari bahasa Yunani 'anemos', yang berarti angin. Alat ini penting bagi para ahli meteorologi untuk mempelajari pola cuaca dan pergerakan udara (*Detail-Opac @ Balaiyanpus.Jogjaprovo.Go.Id*, n.d.). Dalam konteks sistem pemantauan cuaca berbasis *IoT*, anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin secara *real-time*.

Sensor Suhu DHT 22

DHT22 merupakan sensor dengan kalibrasi yang menerapkan teknik pengumpulan sinyal digital dan teknologi penginderaan kelembaban. DHT22 memiliki fitur kalibrasi dan koefisien yang sangat akurat (Samsinar et al., 2020).

Sensor kapasitif di dalam DHT22 mengukur perubahan kapasitas yang terjadi akibat kelembaban di udara. Ketika kelembaban meningkat, kapasitas sensor juga meningkat, dan ini diubah menjadi sinyal digital. Termistor yang ada dalam sensor mengubah resistansinya berdasarkan suhu. Perubahan resistansi ini juga diubah menjadi sinyal digital. Setelah pengukuran selesai, sensor mengirimkan data suhu dan kelembaban dalam bentuk sinyal digital ke mikrokontroler yang terhubung.

Sensor DS18B20

DS18B20 adalah sensor yang dapat membaca perubahan temperatur lingkungan dan mengkonversikannya menjadi data digital. Sensor ini memiliki tingkat akurasi tinggi ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) dan dapat bekerja pada rentang suhu -55°C hingga 125°C , dengan tegangan kerja 3V hingga 5,5V. Sensor ini juga hanya membutuhkan satu pin untuk komunikasi 1-wire (Ii et al., 1997)

Android

Android adalah sistem operasi untuk perangkat mobile yang mencakup sistem operasi, middleware, dan aplikasi. Android dirancang sebagai platform terbuka yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri (Nazrudin Safaat H, 2012).

3. METODE PENELITIAN

Sistem *monitoring* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin dan *piezoelektrik* bekerja. Dalam sistem *monitoring*-nya sensor INA219 sebagai sensor arus & tegangan mengukur parameter tegangan, arus dan daya guna mengetahui kinerja dari sistem pembangkit listrik tersebut. Pengujian alat pada perancangan sistem *monitoring* energi listrik berbasis IoT yang mengintegrasikan panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik* akan dilakukan secara statis dan dinamis untuk memastikan kinerja dan keakurasinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Statis

Pengujian mikrokontroler ESP32

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa ESP32 dapat bekerja secara normal atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan menghidupkan ESP32. Ketika ESP32 di aliri daya, maka indikator lampu pada ESP32 akan menyala berwarna merah. Berdasarkan pengujian ESP32 mikrokontroler ESP32 menunjukkan lampu indikator menyala berwarna merah yang menandakan ESP32 berfungsi secara normal dan baik.

Pengujian Sensor INA219

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui serta memastikan bahwa sensor INA219 bekerja dengan baik. Sensor INA219 ini berfungsi untuk mengukur, membaca arus dan tegangan. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengalirkan arus melalui kabel tembaga di dalamnya, yang menghasilkan medan magnet yang kemudian ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan yang berbanding lurus.

Pengujian terhadap sensor INA219 dilakukan dengan menghubungkan sensor dengan sumber tegangan DC. Tegangan dan arus yang dibaca oleh sensor dibandingkan dengan nilai referensi yang diukur menggunakan multimeter sebagai alat pembanding.

Table 1. Pengujian statis tegangan sensor INA219.

No	Tegangan	Multimeter	Selisih	Error
1.	2.33V	2.45V	0.12V	4.90%
2.	1.42V	1.54V	0.12V	7.79%
3.	3.03V	3.03V	0V	0%
4.	4.50V	4.51V	0.01V	0.22%
5.	5.87V	5.85V	0.02V	0.34%

Sumber : Dokumen pribadi

Table 2. Pengujian statis arus sensor INA219.

No	Arus	Multimeter	Selisih	Error
1.	0.02A	0.04A	0.02A	50%
2.	0.57A	0.60A	0.03A	5.0%
3.	1.03A	1.10A	0.07A	6.36%
4.	1.56A	1.56A	0A	0%
5.	1.58A	1.60A	0.02A	1.25%

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian pada sensor suhu DS18B20 ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor suhu DS18B20 dalam kondisi lingkungan yang tetap dan berubah. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor mampu memberikan data suhu yang konsisten dan sesuai dengan nilai referensi pada suhu ruang. Sensor diuji dengan cara mendekatkan panas korek api ke titik sensor.

Pengujian sensor DS18B20 dilakukan pembacaan sebanyak lima kali. Hasil pembacaan sensor didekatkan dengan sumber panas dari korek api. Pada table 4.3 dibawah ini terlihat keakurisian pada sensor tersebut.

Table 3. Pengujian statis sensor DS18B20.

No	Sensor DS18B20	Thermogun
1.	31.75°C	31.70°C
2.	31.44°C	31.42°C
3.	30.62°C	31.10°C
4.	43.88°C	43.58°C
5.	52.64°C	51.94°C

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian Sensor Suhu DHT22

Pengujian pada sensor suhu DHT22 dilakukan untuk mengetahui performa dan akurasi pembacaan suhu dalam kondisi lingkungan yang tetap atau berubah secara signifikan. Pada tahap ini, sensor diletakkan di luar ruangan dengan melibatkan paparan langsung sinar matahari. Sensor DHT22 dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dan dilakukan pembacaan data suhu sebanyak lima kali dengan interval waktu tertentu.

Table 4. Pengujian statis sensor DHT22.

No	waktu	Hasil pembacaan suhu	Humidity	Thermometer
1.	09.00	29°C	81.5%	28.92°C
2.	10.00	29°C	83%	29.01°C
3.	11.00	30°C	87.4%	30,28°C
4.	12.00	31.0°C	89.2%	31.0°C
5.	13.00	32°C	91.2%	32.12°C

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian sensor anemometer

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa sensor anemometer sebelum diimplementasikan dalam sistem secara keseluruhan. Pada pengujian ini, sensor anemometer diletakkan pada posisi di luar ruangan untuk mengukur kecepatan angin di lingkungan sekitar.

Sensor anemometer dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dan sistem pembacaan data secara real-time menggunakan perangkat lunak yang telah diprogram sebelumnya. Pembacaan data dilakukan sebanyak lima kali dalam interval waktu tertentu.

Table 4. Pengujian statis sensor anemometer.

No	waktu	Nilai output anemometer	Keterangan
1.	12.00	2.34 knot	Sedang

2.	13.00	2.58 knot	Sedang
3.	14.00	3.34 knot	Kencang
4.	16.00	0.21 knot	Sangat lemah
5.	18.00	0 knot	Sangat lemah

Sumber : Dokumen pribadi

Hasil pengujian pada Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa sensor dalam kondisi baik dengan memberikan nilai keluaran yang berbeda pada setiap masing-masing waktu, yang mengindikasikan bahwa sensor berada dalam kondisi baik. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan klasifikasi terhadap kecepatan angin guna mempermudah analisis performa turbin angin terhadap variasi kondisi angin yang ada. Klasifikasi ini dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu: sangat lemah, lemah, sedang dan kencang. Dikategorikan sangat lemah : saat kecepatan angin berada pada 0 knot, yang mengindikasikan tidak adanya pergerakan udara. Kategori lemah: saat kecepatan angin berkisar antara 1–2 knot, yang menunjukkan adanya sedikit hembusan angin. Kategori sedang: saat kecepatan angin berada pada kisaran 2–3 knot, di mana turbin mampu berputar secara stabil dan menghasilkan energi. Kategori kencang: saat kecepatan angin mencapai 3–4 knot atau lebih, kondisi ini dianggap ideal untuk operasional turbin karena mampu menghasilkan daya listrik yang lebih optimal.

Table 5. Kategori kecepatan angin.

Kategori	Kecepatan
Sangat lemah	0 knot
Lemah	1 - 2 knot
Sedang	2 – 3 knot
Kencang	3 – 4 knot

Sumber : Dokumen pribadi

Pengujian Aplikasi Kodular

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan mengevaluasi tampilan aplikasi yang telah dirancang secara signifikan. Hal ini meliputi pengecekan tampilan awal aplikasi, integrasi antar-komponen seperti tombol, label, sensor, serta koneksi ke database. Dengan melakukan pengujian ini diharapkan dapat mengetahui apakah fitur – fitur yang diimplementasikan berfungsi dengan baik, apakah aplikasi responsif atau tidak, serta untuk mengetahui apakah ada masalah atau bug yang perlu diperbaiki. Data yang ditampilkan pada aplikasi.

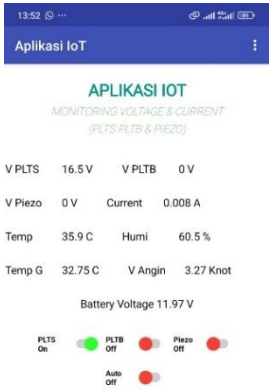

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen telah terhubung dengan benar sesuai dengan rancangan awal. Tidak ditemukan error atau ketidaksesuaian pada struktur blok pemrograman yang dapat menyebabkan malfungsi aplikasi saat dijalankan,

Pengujian Dinamis

Pengujian sensor INA219

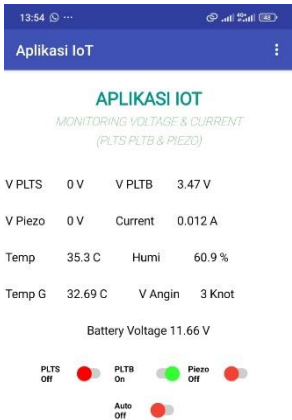
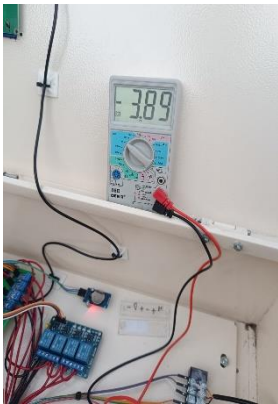
Berikut adalah dokumentasi dari pengujian sensor INA219 yang diaplikasikan pada sistem panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik*. Sensor INA219 digunakan untuk mengukur besaran arus dan tegangan secara *real-time* pada masing-masing sumber energi. Hasil pembacaan nilai sensor ditampilkan melalui aplikasi Kodular yang telah terintegrasi dengan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things (IoT)*, sehingga pengguna dapat memantau performa dari setiap sumber energi secara langsung dan akurat.

Table 6. Pengujian sensor INA219 pada panel surya.

Kodular	Multimeter	Keterangan
		Kodular : (16,5V & 0.08A), Avometer : (19.10) Keadaan cuaca : (cerah berawan)

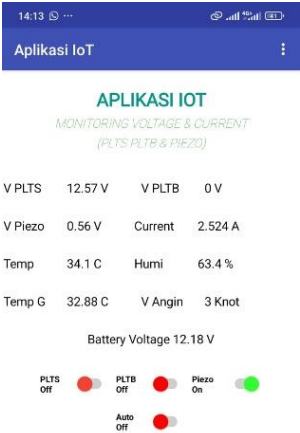
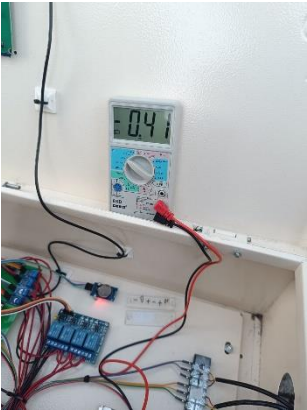
Sumber : Dokumen Pribadi

Table 7. Pengujian sensor INA219 pada turbin angin.

Kodular	Multimeter	Keterangan
		Kodular : (3.47V & 0.12A), Multimeter : (3.89V)

Sumber : Dokumen Pribadi

Table 8. Pengujian sensor INA219 pada piezoelektrik.

Kodular	Multimeter	Keterangan
		<p>Kodular : (0.56V & 0.02A), Multimeter : ().41V</p>

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian sensor DHT22 & DS18B20

Berikut adalah dokumentasi dari pengujian sensor DHT22 & DS18B20. Hasil pembacaan nilai sensor dapat dilihat berapa temperature generator, temperature dan humidity di luar ruangan pada aplikasi Kodular pada table 10 dibawah .

Table 9. Pengujian sensor DHT22.

Kodular	Thermogun & Thermometer	Keterangan
		<p>Temperature Generator : 32.75°C Temperature : 35,9°C Humidity : 60.5%</p>



Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian sensor anemometer

Pada table 11 dibawah adalah dokumentasi dari pengujian sensor anemometer yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin di lingkungan sekitar. Sensor ini terintegrasi

dengan *sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT)* dan hasil pembacaan nilai kecepatan angin ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Kodular. Data kecepatan angin yang diperoleh sangat penting untuk menganalisis performa turbin angin, mengingat tingkat efisiensinya sangat dipengaruhi oleh variasi kecepatan angin. Dengan adanya pemantauan ini, pengguna dapat memahami pola angin serta mengoptimalkan kinerja sistem pembangkit tenaga angin secara lebih efektif.

Table 10. Pengujian sensor anemometer.

Kodular	Sensor Anemometer	Keterangan
		Kecepatan angin : 3 Knot (Kencang)

Sumber : Dokumen pribadi

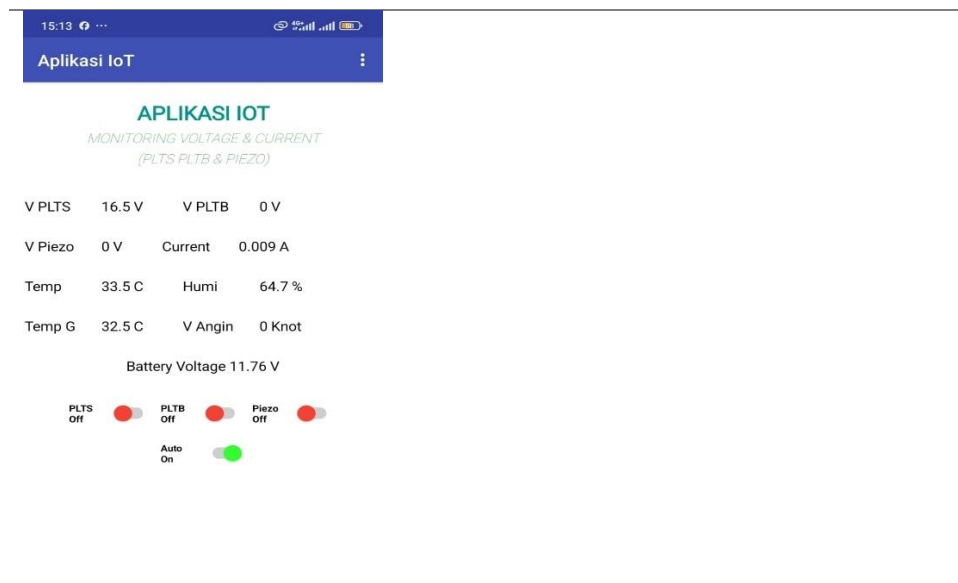
Penyajian Data

Panel Surya

Pada tabel 12 dibawah menunjukkan dokumentasi hasil pengujian panel surya dan ditampilkan pada aplikasi kodular & database google sheets mulai dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh pada pukul 06:00 sampai pukul 16:00 WIB.

Table 11. Tampilan kodular & Spreadsheets pengujian panel surya.

KODULAR	SPREED SHEETS			
	V BATTERY	V PLTS	V PLTB	V PIEZO
	12.18	16.50	0.00	0.00
	12.10	16.50	0.00	0.00
	12.06	16.50	2.11	0.58
	0.00	16.50	1.38	0.47
	12.04	12.45	2.12	0.00
	0.00	16.50	1.38	0.00
	12.12	12.02	0.41	0.46
	12.25	12.25	0.00	0.00
	11.81	16.50	0.00	0.00
	12.13	16.50	0.00	0.59
	12.07	16.50	0.00	0.00
	12.04	16.50	0.00	0.00
	12.00	16.50	0.00	0.00
	12.00	16.50	0.00	0.00
	12.02	16.50	0.00	0.86
	12.00	16.50	0.74	0.00
	12.02	16.50	2.12	0.00
	0.00	16.50	0.85	0.00



Sumber : Dokumen pribadi

Pada tabel dibawah menunjukkan hasil pengujian alat pada panel surya dengan mode auto switch ON mulai dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh pada pukul 06:00 sampai pukul 16:00 WIB dengan pengambilan data yang diambil berupa tegangan, arus dan cuaca.

Table 12. Penyajian data panel surya hari ke-1.

HARI KE 1					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	8.51	0.1	29.8	89%	Cerah
07.00	9.13	0.2	29.1	87%	Cerah
08.00	9.38	0.2	29.9	84%	Cerah
09.00	10.50	0.6	30.2	78%	Cerah
10.00	12.54	1.0	30.7	77%	Cerah
11.00	14.76	1.2	30.4	74%	Cerah
12.00	15.70	1.5	31.3	75%	Cerah
13.00	16.21	1.6	32.8	67%	Cerah
14.00	16.50	1.8	33.5	62%	Cerah
15.00	16.50	2.1	33.2	71%	Cerah
16.00	16.50	2.4	33.3	79%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 14. Penyajian data panel surya hari ke-2.

HARI KE 2					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	6.2	0.30	28.1°C	90%	Cerah
07.00	8.3	0.80	28.3°C	88%	Cerah
08.00	10.4	1.20	28.9°C	84%	Cerah
09.00	12.43	1.31	30.2°C	79%	Cerah
10.00	15.32	1.43	32.1°C	75%	Cerah
11.00	15.60	1.52	32.3°C	72%	Cerah

12.00	16.21	1.63	32.1°C	70%	Cerah
13.00	16.50	1.78	33.1°C	68%	Cerah
14.00	16.50	2.00	33.4°C	71%	Cerah
15.00	16.50	2.01	33.4°C	75%	Cerah
16.00	16.50	2.10	33.7°C	76%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 13. Penyajian data panel surya hari ke-3.

HARI KE 3					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	10,9	1,13	25,5°C	90%	Cerah
07.00	11,2	1,77	27,7°C	75%	Cerah
08.00	12,6	1,85	30°C	83%	Cerah
09.00	14,5	1,62	30,1°C	78%	Cerah
10.00	14,5	1,09	30,8°C	63%	Cerah
11.00	15,6	2,19	30°C	73%	Cerah
12.00	15,6	1,66	31,1°C	63%	Cerah
13.00	14,3	1,88	32,3°C	60%	Cerah
14.00	16,3	1,81	34,4°C	63%	Cerah
15.00	15,7	2,94	34,5°C	56%	Cerah
16.00	15,4	2,94	30,2°C	73%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 14. Penyajian data panel surya hari ke-4.

HARI KE 4					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	0	0	25.6°C	78%	Hujan
07.00	0	0	25.4°C	78%	Hujan
08.00	0	0	27.9°C	73%	Mendung
09.00	8.9	0.81	29.5°C	84%	Cerah
10.00	10.9	0.98	30.2°C	69%	Cerah
11.00	11	1.26	30.8°C	81%	Cerah
12.00	13.5	1.14	31.5°C	67%	Cerah
13.00	12.4	1.42	32.8°C	57%	Cerah
14.00	14.7	1.24	33.4°C	64%	Cerah
15.00	15.9	1.52	33.6°C	62%	Cerah
16.00	15.5	1.76	33.2°C	55%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 15. Penyajian data panel surya hari ke-5.

HARI KE 5					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	10,9	1,33	29,5°C	66%	Cerah
07.00	12,4	1,81	29,9°C	80%	Cerah
08.00	13,2	2,56	27,6°C	70%	Cerah
09.00	13,5	2,16	33,9°C	77%	Cerah
10.00	15,9	1,26	28,6°C	70%	Cerah

11.00	15,3	1,27	29,6°C	72%	Cerah
12.00	16,3	1,62	33°C	58%	Cerah
13.00	15,2	2,94	34,8°C	71%	Cerah
14.00	15,1	2,94	34,6°C	66%	Cerah
15.00	15,3	2,18	30,6°C	58%	Cerah
16.00	16,3	2,41	34,1°C	55%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 16. Penyajian data panel surya hari ke-6.

HARI KE 6					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	0,1	0,1	28,6°C	79%	Mendung
07.00	0,8	0,2	28,4°C	68%	Mendung
08.00	0,3	0,1	28,5°C	85%	Mendung
09.00	0,6	0,1	28,3°C	78%	Mendung
10.00	0,6	0,1	29,8°C	79%	Mendung
11.00	4,3	1,21	29,7°C	70%	Cerah
12.00	10,5	1,20	29,5°C	79%	Cerah
13.00	11,6	1,22	30,2°C	78%	Cerah
14.00	14,3	1,23	31,8°C	63%	Cerah
15.00	13,3	1,21	31,4°C	71%	Cerah
16.00	13,6	1,26	31,5°C	69%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 17. Penyajian data panel surya hari ke-7.

HARI KE 7					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Humidity (%)	Cuaca
06.00	9.94	0,89	28,1°C	84%	Cerah
07.00	9.99	1,81	28,7°C	82%	Cerah
08.00	10.21	1,89	28,1°C	78%	Cerah
09.00	9.80	1,84	28.4°C	61%	Cerah
10.00	9.72	1,94	29.2°C	74%	Cerah
11.00	9.72	1,58	29,4°C	74%	Cerah
12.00	10.84	1,92	30,6°C	62%	Cerah
13.00	10.76	1,80	31,5°C	67%	Cerah
14.00	10.69	1,95	32,1°C	73%	Cerah
15.00	16,32	1,97	32.3°C	66%	Cerah
16.00	16.50	2,13	33,5°C	61%	Cerah

Sumber : Dokumen pribadi

Turbin Angin

Pada tabel 20 dibawah menunjukkan dokumentasi hasil pengujian turbin angin yang ditampilkan pada aplikasi kodular & database google sheets mulai dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh pada pukul 16:00 sampai pukul 06:00 WIB.

Table 18. Tampilan kodular & Spreadsheet pengujian turbin angin.

KODULAR

16:02

Aplikasi IoT

APLIKASI IOT

MONITORING VOLTAGE & CURRENT

(PLTS PLTB & PIEZO)

V PLTS16.5 V

V PLTB8.68 V

V Piezo0 V

Current0.013 A

Temp31.6 C

Humi69 %

Temp G31.31 C

V Angin0 Knot

Battery Voltage11.59 V

PLTS OFF

PLTB OFF

Piezo OFF

Auto On

SPREED SHEETS

V BATTERY	V PLTS	V PLTB	V PIEZO
12.18	16.50	0.00	0.00
12.10	16.50	0.00	0.00
12.06	16.50	2.11	0.58
0.00	16.50	1.38	0.47
12.04	12.45	2.12	0.00
0.00	16.50	1.38	0.00
12.12	12.02	0.41	0.46
12.25	12.25	0.00	0.00
11.81	16.50	0.00	0.00
12.13	16.50	0.00	0.59
12.07	16.50	0.00	0.00
12.04	16.50	0.00	0.00
12.00	16.50	0.00	0.00
12.00	16.50	0.00	0.00
12.02	16.50	0.00	0.86
12.00	16.50	0.74	0.00
12.02	16.50	2.12	0.00
0.00	16.50	0.85	0.00

Sumber : Dokumen pribadi

Pada tabel dibawah menunjukkan hasil pengujian pada turbin angin dengan mode auto switch ON mulai dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh pada pukul 16:00 sampai pukul 06:00 WIB dengan pengambilan data berupa tegangan, arus, kecepatan angin dan suhu generator DC.

Table 19. Penyajian data turbin angin hari ke-1.

Hari ke 1					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	2,79	0,05	1,56	32	Sedang
17.00	1,96	0,06	1,03	29,7	Lemah
18.00	3,12	0,1	2,68	30,5	Sedang
19.00	2,24	0,13	1,5	32,6	Sedang
20.00	0	0.0	0.0	32,7	Sangat lemah
21.00	0	0.0	0,1	33,2	Sangat lemah
22.00	1,27	0,11	0,85	33,1	Lemah
23.00	0,00	0,00	0	33,7	Sangat lemah
00.00	0,00	0,00	0	33,3	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	32,6	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	33,4	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	33,9	Sangat lemah

04.00	0,00	0,00	0	34,6	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	32,5	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	32,7	Sangat lemah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 20. Penyajian data turbin angin hari ke-2.

Hari ke 2					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	0,87	0,1	0,89	29,6	Lemah
17.00	1,45	0,08	1,37	32,6	Lemah
18.00	2,24	0,04	1,65	30,1	Lemah
19.00	0,21	0,15	0,89	35,6	Lemah
20.00	0,00	0,00	0	30,2	Sangat lemah
21.00	0,00	0,00	0	31,8	Sangat lemah
22.00	0,00	0,00	0	31,9	Sangat lemah
23.00	0,00	0,00	0	30,7	Sangat lemah
00.00	0,00	0,00	0	30,7	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	31,2	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	30,6	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	29,9	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	28,1	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	28,3	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	29,1	Sangat lemah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 21. Penyajian data turbin angin hari ke-3.

Hari ke 3					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	1,34	0,11	0,83	30,1	Lemah
17.00	1,02	0,04	0,31	33,7	Lemah
18.00	0,50	0,09	0,94	32,2	Lemah
19.00	0,04	0,22	0,74	32,2	Lemah
20.00	0,95	0,02	0,36	31,1	Lemah
21.00	0,00	0,00	0	30,4	Sangat lemah
22.00	0,00	0,00	0	33,1	Sangat lemah
23.00	0,00	0,00	0	31,5	Sangat lemah
00.00	0,00	0,00	0	29,2	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	32,2	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	31,6	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	33,1	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	31,9	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	28,3	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	28,4	Sangat lemah

*Sumber : Dokumen pribadi***Table 22.** Penyajian data turbin angin hari ke- 4.

Hari ke 4					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	0,19	0,01	0,24	29	Lemah
17.00	1,18	0,01	0,98	29,3	Lemah
18.00	1,35	0,14	1,11	32	Lemah
19.00	0,48	0,099	1,27	30,9	Lemah
20.00	0,00	0,00	0	30,1	Sangat lemah
21.00	0,00	0,00	0	29,1	Sangat lemah

22.00	0,00	0,00	0	30,2	Sangat lemah
23.00	0,00	0,00	0	31	Sangat lemah
00.00	1,75	0,87	1,01	31,5	Lemah
01.00	1,14	0,98	0,96	30,3	Lemah
02.00	0,00	0,00	0	30,1	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	29,7	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	29,2	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	28,2	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	28,1	Sangat lemah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 23. Penyajian data turbin angin hari ke-5.

Hari ke 5					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	0,00	0,00	0	31	Sangat lemah
17.00	0,00	0,00	0	29,3	Sangat lemah
18.00	0,00	0,00	0	30,3	Sangat lemah
19.00	0,00	0,00	0	29,8	Sangat lemah
20.00	3,63	1,14	1,1	30,5	Sedang
21.00	2,79	0,05	1,56	31,7	Sedang
22.00	1,96	0,06	1,03	32	Lemah
23.00	0,00	0,00	0	30,2	Sangat lemah
00.00	0,00	0,00	0	30,6	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	30	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	29,4	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	30,5	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	30,6	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	29,4	Sangat lemah

06.00	0,00	0,00	0	28,7	Sangat lemah
--------------	------	------	---	------	--------------

Sumber : Dokumen pribadi

Table 24. Penyajian data turbin angin hari ke-6.

Hari ke 6					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	2,71	0,071	0.36	31.0	Lemah
17.00	4,85	0,06	2,36	31,3	Sedang
18.00	1,62	0,075	1,11	35	Lemah
19.00	3,93	0,49	2,79	32,5	Sedang
20.00	2,47	0,38	1,24	33,5	Sedang
21.00	0,00	0,00	0	31	Sangat lemah
22.00	0,00	0,00	0	32,5	Sangat lemah
23.00	0,00	0,00	0	31,1	Sangat lemah
00.00	0,00	0,00	0	32,6	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	29	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	30,6	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	29,4	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	29,8	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	29,2	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	29,9	Sangat lemah

Sumber : Dokumen pribadi

Table 25. Penyajian data turbin angin hari ke-7.

Hari ke 7					
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin (Knot)	Temperature generator (°C)	Kondisi angin
16.00	4,09	0,271	3,09	34,9	Sedang
17.00	2,76	0,192	1,27	32,5	Lemah
18.00	0,00	0,00	0	29,9	Sangat lemah
19.00	0,00	0,00	0	30,7	Sangat lemah
20.00	3,76	0,059	1,51	34,4	Sedang

21.00	2,79	0,11	0,36	32,3	Lemah
22.00	3,07	0,284	2,42	34,6	Sedang
23.00	2,29	0,183	2,08	32,6	Sedang
00.00	0,00	0,00	0	29,4	Sangat lemah
01.00	0,00	0,00	0	30,6	Sangat lemah
02.00	0,00	0,00	0	29,9	Sangat lemah
03.00	0,00	0,00	0	28,4	Sangat lemah
04.00	0,00	0,00	0	28,2	Sangat lemah
05.00	0,00	0,00	0	29,4	Sangat lemah
06.00	0,00	0,00	0	29,6	Sangat lemah

Piezoelektrik

Pada tabel 28 dibawah menunjukkan dokumentasi hasil pengujian piezoelektrik yang ditampilkan pada aplikasi kodular & database google sheets. Pengujian alat ini berdasarkan klasifikasi berat badan mulai dari 50kg, 55kg, 60kg, 65kg, dan 70kg dengan dilakukan dengan 10x percobaan pada setiap berat badan yang berbeda.

Table 26. Tampilan kodular & Spreadsheet pengujian piezoelektrik.

KODULAR

15:14

Aplikasi IoT

APLIKASI IOT

MONITORING VOLTAGE & CURRENT

(PLTS PLTB & PIEZO)

V PLTS16.5 V

V PLTB0.13 V

V Piezo0.43 V

Current0.008 A

Temp33.4 C

Humi64.3 %

Temp G32.38 C

V Angin

D Knot

Battery Voltage11.67 V

PLTS OFF

PLTB OFF

Piezo OFF

Auto On

SPREED SHEETS

V BATTERY	V PLTS	V PLTB	V PIEZO
12.18	16.50	0.00	0.00
12.10	16.50	0.00	0.00
12.06	16.50	2.11	0.58
0.00	16.50	1.38	0.47
12.04	12.45	2.12	0.00
0.00	16.50	1.38	0.00
12.12	12.02	0.41	0.46
12.25	12.25	0.00	0.00
11.81	16.50	0.00	0.00
12.13	16.50	0.00	0.59
12.07	16.50	0.00	0.00
12.04	16.50	0.00	0.00
12.00	16.50	0.00	0.00
12.00	16.50	0.00	0.00
12.02	16.50	0.00	0.86
12.00	16.50	0.74	0.00
12.02	16.50	2.12	0.00
0.00	16.50	0.85	0.00

Sumber : Dokumen pribadi

Pada tabel dibawah menunjukkan hasil pengujian alat pada piezoelektrik. Dilakukan 10x percobaan pada setiap 5 orang yang memiliki berat badan yang berbeda beda. Dengan pengambilan data yang diambil berupa tegangan, arus, dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk piezoelektrik menghasilkan daya listrik.

Table 29. Penyajian data piezoelektrik BB 50kg.

BB 50kg				
Percobaan	Tegangan	Arus	Jumlah Injakan	Waktu (s)
1x	0.32	0,10	5	3
2x	0.67	0,10	10	7
3x	0.98	0,11	15	11
4x	1.12	0,11	20	15
5x	1.45	0,12	25	19
6x	1.98	0,16	30	23
7x	2.34	0,17	35	27
8x	2.67	0,17	40	31
9x	2.98	0,19	45	33
10x	3.11	0,20	50	34

*Sumber : Dokumen pribadi***Table 27.** Penyajian data piezoelektrik BB 55kg.

BB 55kg				
Percobaan	Tegangan	Arus	Jumlah Injakan	Waktu (s)
1x	0.78	0.02	5	3
2x	1.61	0.05	10	6
3x	2.11	0,14	15	10
4x	2.62	0,15	20	14
5x	2.94	0,15	25	18
6x	3.12	0,16	30	26
7x	3.14	0,16	35	28
8x	3.24	0,17	40	30
9x	3.38	0,17	45	32
10x	3.41	0,19	50	33

*Sumber : Dokumen pribadi***Table 28.** Penyajian data piezoelektrik BB 60kg.

BB 60kg				
Percobaan	Tegangan	Arus	Jumlah Injakan	Waktu (s)
1x	1.17	0.06	5	3
2x	1.78	0.08	10	7
3x	1.90	0.10	15	10
4x	2.21	0.11	20	14
5x	2.56	0.13	25	18
6x	2.67	0.15	30	21
7x	2.90	0.16	35	25
8x	3.21	0.17	40	28
9x	3.46	0.19	45	29
10x	3.48	0.21	50	31

Sumber : Dokumen pribadi

Table 29. Penyajian data piezoelektrik BB 65kg.

BB 65kg				
Percobaan	Tegangan	Arus	Jumlah Injakan	Waktu (s)
1x	1.82	0.06	5	3
2x	2.35	0.08	10	6
3x	2.87	0.10	15	10
4x	3.10	0.11	20	13
5x	3.31	0.13	25	17
6x	3.34	0.15	30	20
7x	3.53	0.17	35	24
8x	3.75	0.18	40	27
9x	3.91	0.18	45	30
10x	3.93	0.18	50	32

Table 30. Penyajian data piezoelektrik BB 70kg.

BB 70kg				
Percobaan	Tegangan	Arus	Jumlah Injakan	Waktu (s)
1x	1.93	0.07	5	3
2x	2.32	0.09	10	6
3x	2.87	0.11	15	10
4x	3.12	0.13	20	13
5x	3.42	0.14	25	16
6x	3.54	0.15	30	20
7x	3.87	0.15	35	23
8x	3.91	0.16	40	26
9x	3.96	0.18	45	29
10x	4.11	0.19	50	32

Analisis Data

Panel surya

Berdasarkan hasil pengujian selama 7 hari berturut-turut mulai pukul 06:00 sampai dengan 16:00 WIB, panel surya menunjukkan performa yang baik dengan peningkatan tegangan dan arus seiring meningkatnya intensitas cahaya matahari (maksimal 21 V untuk tipe 50 Wp). Tegangan tertinggi yang tercatat adalah 16,50 V dan arus maksimum mencapai 2,41 A, yang terjadi pada pukul 13.00 - 16.00 WIB saat cuaca cerah. Kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca, di mana pada hari-hari cerah panel mampu menghasilkan energi secara optimal, sedangkan saat cuaca mendung atau hujan (seperti pada hari keempat dan keenam), tegangan dan arus turun drastis bahkan hingga 0 V dan 0 A pada pagi hari.

Turbin angin

Berdasarkan hasil pengujian sistem monitoring turbin angin selama tujuh hari berturut-turut pada pukul 16:00 hingga 06:00 WIB, didapatkan bahwa nilai tegangan tertinggi yang

tercatat adalah sebesar 3,63 Volt dan arus sebesar 1.14 A yang terjadi pada hari kelima pukul 20:00 WIB, dengan kondisi angin sedang dan kecepatan angin sebesar 1,1 knot. Secara umum, produksi daya listrik oleh turbin angin masih dapat terdeteksi meskipun sebagian besar kondisi angin tergolong sangat lemah hingga lemah, dengan kecepatan angin yang dominan berada di bawah 2 knot, dan hanya sesekali mencapai kondisi sedang. Rata-rata suhu generator selama pengujian berkisar antara 28,3°C hingga 37,7°C, yang masih dalam batas aman. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun turbin angin mampu menghasilkan energi dalam kondisi angin yang kurang optimal, performa maksimalnya belum dapat tercapai secara konsisten karena terbatasnya kecepatan angin di area pengujian.

Piezoelektrik

Sensor piezoelektrik diuji berdasarkan 10 kali percobaan untuk masing-masing dari 5 orang dengan berat badan berbeda, yaitu: 50 kg, 55 kg, 60 kg, 65 kg, dan 70 kg. Setiap percobaan dilakukan dengan jumlah injakan kelipatan 5 kali, mulai dari 5 hingga 50 pijakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar berat badan subjek dan semakin banyak jumlah pijakan, maka tegangan serta arus yang dihasilkan meningkat. Sebagai contoh: (1) Subjek dengan berat badan 50 kg menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 3.11 V dan arus sekitar 0,20 A pada 50 pijakan, (2) Subjek dengan berat 70 kg dapat menghasilkan tegangan hingga 4.11 V dan arus sebesar 0.19 A pada jumlah pijakan yang sama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem monitoring daya listrik panel surya, turbin angin, dan piezoelektrik berbasis ESP32 menggunakan aplikasi Kodular dan database Google Sheet, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem monitoring energi listrik hybrid menggunakan panel surya, turbin angin, & piezoelektrik telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Perancangan sistem monitoring ini meliputi integrasi sensor-sensor pada panel surya, turbin angin, dan piezoelektrik dengan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses data. Data yang terkumpul kemudian dikirimkan secara *real-time* dan divisualisasikan melalui aplikasi Android yang dikembangkan dengan Kodular. Kemudian data dari sensor dikirimkan ke database Google Sheet yang memungkinkan pengguna memantau kinerja ketiga pembangkit listrik secara efektif.
2. Hasil pengujian pada energi listrik hybrid menggunakan panel surya, turbin angin, & piezoelektrik ini menunjukkan kinerja yang bervariasi untuk setiap pembangkit listriknya.

- a) Panel surya menunjukkan kinerja paling stabil dan efisien, dengan tegangan maksimum mencapai 16,50 V dan arus tertinggi 2,41 A, terutama saat cuaca cerah pada pukul 13:00–16:00 WIB. Namun, pada kondisi mendung atau hujan, performanya menurun drastis hingga 0 V dan 0 A, menandakan bahwa intensitas cahaya matahari sangat menentukan kinerja panel surya.
- b) Turbin angin masih mampu menghasilkan daya meskipun dalam kondisi angin yang relatif lemah. Tegangan tertinggi tercatat sebesar 3,63 V dan arus maksimum 1,14 A, dengan suhu generator yang stabil di bawah batas aman, namun secara umum performa turbin belum maksimal akibat kecepatan angin yang sebagian besar berada di bawah 2 knot.
- c) *Piezoelektrik* menunjukkan konsistensi yang baik terhadap tekanan dan frekuensi injakan, semakin besar berat badan dan jumlah injakan, semakin tinggi daya yang dihasilkan. Tegangan maksimum tercapai sebesar 4,11 V dan arus sekitar 0,20 A pada 50 injakan oleh subjek berbobot 70 kg.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, Penulis menyadari sepenuhnya bahwa sistem *monitoring prototype* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin dan sensor *piezoelektrik* ini belum begitu sempurna, maka dari itu penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya tidak fokus pada rancang bangun saja atau monitoring, tetapi juga kegunaan atau outputnya agar lebih bermanfaat. Selain itu juga pengembangan alat ini disesuaikan dengan kemajuan teknologi khususnya dibidang pelayaran

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Wahyu, A., Nur Atika, C., Abd Halik Lateko, A., & Nasri, A. (2024). Desain Data Logger untuk Output Panel Surya menggunakan MySQL Database. *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, 16(1), 10–23.
- Detail-Opac @ Balaiyanpus.Jogjaprovo.Go.Id. (n.d.). <http://balaiyanpus.jogjaprovo.go.id/opac/detail-opac?id=13102> Diakses pada tanggal 9 November 2024
- Hidayatullah, M., & Pratama, R. (2021). Rancang bangun sistem monitoring penggunaan energi listrik rumah tangga berbasis ESP8266. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 10(2), 88–97.
- Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang bangun alat monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan Firebase dan aplikasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47–55.

- Karlin, F., & Wright, R. (2013). *On the track* (pp. 9–23).
- Misnaniarti, & Najmah, M. (2021). Monitoring ketersediaan obat terhadap pelayanan kesehatan masyarakat di Dinas Kesehatan Kota Lubuklinggau. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2006(39).
- Ningsih, D., & Prasetyo, A. (2023). Penerapan IoT untuk sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang server berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Informatika*, 9(1), 22–31.
- Putri, R., & Santoso, A. (2020). Pemanfaatan database MySQL dalam pengembangan aplikasi berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi*, 14(1), 55–63.
- Rahman, F., & Nugroho, P. (2022). Sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT untuk mendukung pertanian cerdas. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(3), 145–152.
- Samsinar, R., Septian, R., & Fadlioni, F. (2020). Alat monitoring suhu, kelembapan, dan kecepatan angin dengan akuisisi database berbasis Raspberry Pi. *RESISTOR (ElektRONika KEndali TelekomunikaSI Tenaga LiSTrik KOmputeR)*, 3(1), 29–36.
- Situmorang, D. (2024). Pemanfaatan Google Form dan Google Sheet dalam pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 2, 23–26.
- Solusi, J., Pengabdian, A., Studi, P., Informatika, T., Teknik, F., Malikussaleh, U., City, S., Tracker, D. T., & Tracker, H. E. (2024). Pengenalan Internet of Things (IoT) pemanfaatan dalam kehidupan sehari-hari bagi siswa dan siswi SMK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 82–85.
- Syamsuri, T. U., Amalia, R. N., Mudjiono, & Imron, A. (2023). Rancang bangun alat monitoring daya listrik di asrama berbasis web menggunakan ESP32. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 139–145.
- Winarto, I. Z. L., Kholis, N., & Anifah, L. (2023). Rancang bangun purwarupa aplikasi masjid pintar menggunakan platform Kodular berbasis internet di masjid. *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 2(2), 61–71.
- Yulianto, A., & Hidayat, T. (2021). Implementasi Internet of Things (IoT) untuk sistem monitoring kualitas udara berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 7(2), 115–124.