

SMART FARMING DENGAN PEMBANGKIT HYBRID BERBASIS IOT SEBAGAI KONTROL DAN MONITORING DI AREA PERTANIAN

Alfarid Hendro Yuwono, Irmalia Suryani Faradisa, Rizqi Cahyo M Putra

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Pembangkit listrik hybrid merupakan kombinasi dua sumber energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Kedua jenis pembangkit ini memiliki potensi untuk menggantikan peran pembangkit listrik fosil yang masih umum digunakan. Penggunaan PLTS dan PLTB sangat sesuai untuk aplikasi di area pertanian, memberikan peluang kepada petani untuk memanfaatkan sumber daya energi baru terbarukan (EBT) yang memiliki potensi sebesar 3.686 gigawatt (GW). Dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan pembangkit hybrid, diperkenalkan sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT). Parameter yang dimonitor mencakup tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit, sementara untuk memantau kondisi area pertanian melibatkan suhu dan kelembapan. Beban yang dikontrol adalah pompa air irigasi pertanian. Hasil energi yang dihasilkan dari pembangkit hybrid dimonitoring secara real-time dan digunakan secara efektif untuk sistem irigasi pertanian, sehingga sistem manajemen energi menggunakan IoT lebih efektif dan efisien. Komponen pendukung sistem ini termasuk panel surya 50Wp, kincir angin, sensor tegangan, sensor arus INA219, sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan YL-69, dan sensor iradiasi BH1750. Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan manajemen sumber daya energi di sektor pertanian.

Kata kunci: *t* Pembangkit Hybrid, Internet of Thing (IoT), Irigasi

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai banyak energi yang berasal dari alam yang dapat dimanfaatkan secara terus menerus (EBT), seperti energi surya, energi angin, panas bumi, energi air, bioenergy, dan juga laut yang total potensinya 3.686 gigawatt(GW). Namun, pada tahun 2022, kapasitas pembangkit listrik yang sudah terpasang hanya mencapai 81,2 gigawatt). Namun, pada tahun 2022, kapasitas pembangkit listrik yang sudah terpasang hanya mencapai 81,2 gigawatt. Saat ini, ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap pasokan listrik dari PLN masih tinggi, dimana listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik konvensional berbahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh persepsi bahwa biaya investasi untuk beralih ke energi terbarukan masih dianggap mahal, sehingga masyarakat lebih memilih listrik PLN yang dianggap lebih ekonomis [1].

Meskipun demikian, pemanfaatan sumber energi terbarukan di Indonesia dapat dijadikan sebagai opsi alternatif untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan akibat eksploitasi sumber daya [2]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan contoh implementasi dari upaya tersebut. Penggunaan PLTS dan PLTB menjadi relevan terutama dalam konteks pertanian cerdas, terutama di daerah yang memiliki kondisi berangin dan mendapatkan intensitas cahaya yang optimal. Salah satu contohnya adalah Nganjuk, sebuah daerah di Jawa Timur yang memiliki iklim berangin dan intensitas cahaya yang memadai. Pernyataan Soni Fahruri, Tenaga Ahli VII DPR RI, mendukung pandangan ini dengan menyatakan bahwa

Nganjuk dapat diakui sebagai kota listrik bayu berdasarkan reputasinya sebagai kota angin.

Penerapan konsep penggabungan dua jenis pembangkit atau Pembangkit Listrik Hibrida (PLTH) sangat relevan untuk berbagai sektor, terutama di sektor pertanian. Kabupaten Nganjuk, yang memiliki potensi unggulan dalam produksi bawang merah, merupakan contoh yang sesuai dengan konsep ini, seperti yang ditegaskan oleh Sekretaris Daerah (Sekda) Yasin. Kabupaten ini bahkan mencatatkan prestasi sebagai penghasil bawang merah terbesar di Provinsi Jawa Timur, dengan mencapai produksi sebanyak 1.936.524 kuintal pada tahun 2021 dan 1.939.881 kuintal pada tahun 2022, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur. Implementasi PLTH dapat memberikan kontribusi positif dalam memenuhi kebutuhan energi di sektor pertanian yang menjadi salah satu pilar ekonomi daerah tersebut.

Petani sering menghadapi tantangan dalam sistem pengairan lahan pertanian, khususnya di wilayah yang jauh dari sumber air. Hal ini mendorong para petani untuk melakukan upaya ekstra, seperti menyediakan air secara manual dengan menggunakan tenaga fisik mereka agar lahan pertanian dapat mendapatkan pengairan yang memadai. Bagi petani yang memiliki modal terbatas, menggunakan listrik PLN dengan menarik kabel listrik yang panjang menjadi solusi yang tidak efektif. Kedua pendekatan tersebut tidak hanya tidak efisien, tetapi juga memerlukan usaha yang besar.

Dalam menghadapi kendala tersebut, opsi pemanfaatan energi terbarukan seperti Pembangkit

Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dalam sistem pengairan lahan pertanian dengan menggunakan pompa menjadi alternatif yang lebih efektif [3]. Pendekatan ini tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga dapat mengurangi beban kerja petani serta menjamin ketersediaan air yang mencukupi untuk tanaman.

Keunggulan yang mencolok dari pemanfaatan Pembangkit Listrik Hibrida adalah kemampuannya yang dapat dipindahkan dengan mudah sesuai kebutuhan para petani. Fleksibilitas ini memberikan kesempatan kepada petani untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan di berbagai lokasi lahan pertanian mereka, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan usaha pertanian.

Pemanfaatan sistem pembangkit listrik hibrida terbukti sangat efisien dalam mendukung kegiatan pertanian. Untuk meningkatkan efisiensi operasional, penting bagi pembangkit listrik hibrida untuk dilengkapi dengan sistem pemantauan tegangan, arus, dan daya [4]. Langkah ini memungkinkan para petani untuk melakukan pemantauan sistem secara online melalui jaringan internet. Selain memantau pembangkit listrik, petani juga dapat memantau kondisi lahan pertanian dan mengontrol beban seperti pompa air untuk memberikan irigasi saat diperlukan. Sistem ini dapat diterapkan dengan efektif di area pertanian yang sering terpapar angin dan memiliki intensitas matahari yang mencukupi. Oleh karena itu, permasalahan penelitian difokuskan pada perancangan sistem yang dapat menjawab tantangan di atas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam beberapa situasi khusus, lahan pertanian bawang merah memerlukan kondisi tanah dengan tingkat kelembapan minimal sebesar 60%. Oleh karena itu, apabila kelembapan tanah turun di bawah ambang tersebut, tindakan penyiraman diperlukan agar menjaga kelembapan tanah tetap optimal [5]. Unikinya, bawang merah sebagai komoditas pertanian memiliki kebutuhan air yang relatif rendah selama masa pertumbuhannya. Dengan demikian, penyiraman bawang merah hanya perlu dilakukan dua kali pada awal pertumbuhan dan satu kali penyiraman setelahnya.

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan jenis pembangkit listrik fotovoltaik yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik [5]. Proses kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terjadi ketika panel surya menangkap radiasi matahari, bukan panas matahari, dan radiasi ini dapat diperoleh dari pagi hingga sore hari.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi energi angin untuk menghasilkan listrik. Proses kerja PLTB melibatkan konversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik menggunakan turbin angin dan generator.

Rectifier AC to DC, atau penyearah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC), merupakan salah satu komponen kunci dalam sistem pembangkit listrik. Fungsinya adalah mengubah arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, baik yang berasal dari tenaga surya maupun tenaga bayu, menjadi arus DC. Komponen ini memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi listrik untuk memastikan keluaran energi sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi perangkat elektronik.

2.1. Sensor Tegangan

Modul Sensor tegangan 25V DC beroperasi berdasarkan prinsip pembagi tegangan resistif. Dalam prinsip ini, modul mampu menghasilkan tegangan input yang lebih rendah, tepatnya lima kali lebih kecil dari tegangan aslinya. Dengan penjabaran lain, ketika tegangan input analog yang diterima oleh Arduino mencapai 5V, maka nilai tegangan yang terdeteksi oleh modul mencapai nilai maksimum sebesar $5V \times 5 = 25V$.

2.2. Sensor arus INA219

Modul Sensor Arus INA219 memiliki kemampuan lebih dari sekadar mengukur arus, karena sensor ini juga mampu mengukur tegangan [6]. Sensor ini dirancang khusus untuk mengukur tegangan dan arus pada sumber daya searah (DC). Dengan kombinasi kemampuan ini, modul INA219 memberikan fleksibilitas dalam pemantauan dan pengukuran parameter listrik, menjadikannya pilihan yang efektif untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran arus dan tegangan secara simultan.

2.3. Solar Charger Controller

Solar Charger Controller (SCC) merupakan perangkat elektronik yang berperan penting dalam mengatur arus listrik yang mengalir ke baterai, khususnya pada sistem panel surya off grid [7]. Dalam konteks ini, sistem off grid menunjukkan bahwa panel surya tersebut tidak terhubung dengan jaringan listrik utama.

Fungsi utama SCC adalah mengoptimalkan dan melindungi baterai dari risiko overcharge (pengisian berlebih) dan overdischarge (penggunaan berlebih). Melalui pengendalian arus yang masuk dan keluar dari baterai, SCC memastikan bahwa baterai tetap berada dalam kondisi optimal tanpa risiko kerusakan. Selain itu, SCC juga dapat memberikan informasi tentang status pengisian baterai dan performa panel surya, menjadikannya perangkat yang esensial untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem energi surya baik secara off grid maupun on grid [8].

2.4. Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang mengadopsi prinsip one wire, yang artinya hanya memerlukan satu pin sebagai jalur data untuk proses komunikasinya. Kelebihan yang dimiliki oleh sensor ini adalah seri 64 bit, memungkinkan penggunaan

beberapa sensor pada satu bus daya yang sama. Fitur ini memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk melakukan pengukuran suhu pada berbagai titik atau lokasi dalam satu sistem atau proyek, dengan efisiensi dan kepraktisan yang tinggi.

2.5. Sensor YL-69

Soil Moisture merupakan jenis sensor yang dirancang khusus untuk mengukur atau mendeteksi tingkat kelembapan tanah sekitarnya. Sensor ini dapat terhubung dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP, dan perangkat sejenisnya. Aplikasi utama dari sensor ini melibatkan berbagai sektor, seperti pertanian, perkebunan, hidroponik, dan lain-lain.

Soil Moisture merupakan jenis sensor yang dirancang khusus untuk mengukur atau mendeteksi tingkat kelembapan tanah sekitarnya. Sensor ini dapat terhubung dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP, dan perangkat sejenisnya. Aplikasi utama dari sensor ini melibatkan berbagai sektor, seperti pertanian, perkebunan, hidroponik, dan lain-lain.

Salah satu contoh jenis sensor kelembapan tanah, yaitu YL-69, sering digunakan dalam sistem penyiraman otomatis atau untuk pemantauan kelembapan tanah secara langsung [9]. Pemanfaatan sensor ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tanah secara real-time, yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan jadwal penyiraman dan menjaga keadaan tanah yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman.

2.6. Sensor BH1750

Sensor BH1750 merupakan modul sensor irradiasi matahari dengan antarmuka bus I2C. IC ini dirancang untuk mengukur cahaya ambien atau intensitas cahaya di sekitar sensor dengan tingkat resolusi sekitar 16-bit. Kelebihan antarmuka I2C pada sensor ini mempermudah integrasi dengan mikrokontroler atau perangkat lain yang mendukung protokol komunikasi tersebut. Sensor BH1750 sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pemantauan intensitas cahaya, seperti proyek-proyek IoT atau sistem pengendalian otomatis yang berbasis cahaya, karena kemampuannya memberikan hasil pengukuran yang akurat dengan tingkat detail yang tinggi.

2.7. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler terintegrasi yang menonjol dengan fitur lengkap dan kinerja tinggi, merupakan kelanjutan pengembangan dari modul ESP8266. Mikrokontroler ini didukung oleh dua prosesor komputasi, yakni prosesor jaringan WiFi dan Bluetooth, dan prosesor yang mengelola aplikasi. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan memori RAM yang cukup besar, memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data secara efisien. Kombinasi fitur tersebut membuat ESP32 menjadi pilihan yang sangat populer dalam berbagai proyek pengembangan

elektronika dan IoT, terutama yang membutuhkan konektivitas nirkabel.

2.8. ESP8266

ESP8266, atau yang sering disebut NodeMCU, adalah sebuah mikrokontroler yang dapat dianggap sebagai pilihan yang lebih canggih dan bertenaga dibandingkan dengan Arduino. Modul ESP8266 memiliki kemampuan yang lebih luas dan daya yang lebih besar, menjadikannya pilihan yang sangat sesuai untuk pembuatan perangkat berbasis Internet of Things (IoT).

Salah satu keunggulan utama ESP8266 adalah kemampuannya untuk terhubung ke jaringan WiFi, memungkinkan pengembang untuk menciptakan proyek IoT yang dapat terkoneksi dengan internet tanpa memerlukan perangkat keras tambahan. Tak hanya itu, daya komputasi yang memadai pada ESP8266 memungkinkan eksekusi aplikasi IoT yang kompleks. Dengan demikian, NodeMCU atau ESP8266 menjadi pilihan favorit dalam proyek-proyek IoT yang mengharapkan konektivitas nirkabel dan daya komputasi yang handal.

2.9. Thingspeak

Thingspeak merupakan platform Internet of Things (IoT) yang dapat digunakan secara open source, dirancang untuk menjalankan aplikasi dan menyediakan antarmuka pemrograman aplikasi (API). Pengguna dapat mengirimkan, menyimpan, dan mengambil data dari berbagai perangkat yang terhubung menggunakan protokol Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Untuk berinteraksi dengan Thingspeak, diperlukan koneksi internet atau Local Area Network (LAN).

Platform ini memungkinkan penyimpanan dan akses data dari sensor atau perangkat ke dalam channel yang dapat diakses dengan mudah. Thingspeak juga menyediakan API yang memfasilitasi integrasi dengan berbagai aplikasi dan sistem, memberikan fleksibilitas kepada pengembang untuk menggunakan data yang terkumpul untuk analisis, pemantauan, dan implementasi berbagai aplikasi IoT.

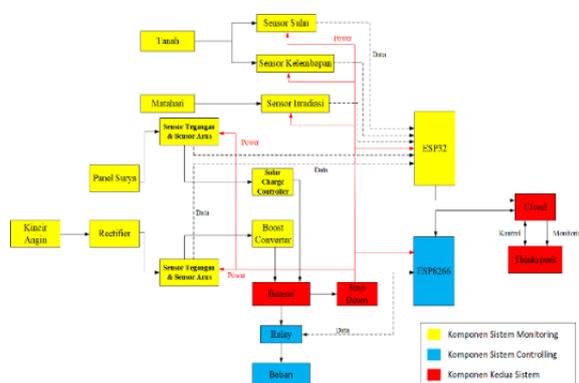
3. METODE PENELITIAN

Dalam segmen ini, diuraikan metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi. Bab perancangan alat membahas tentang komponen-komponen pendukung yang digunakan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi pertanian dengan menggunakan pembangkit listrik hybrid. Perancangan sistem ini mencakup dua aspek utama, yaitu rancangan hardware dan rancangan software. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang kedua rancangan tersebut:

3.1. Rancangan Hardware

Konsep perancangan hardware ini mencakup langkah-langkah di mana penulis merancang suatu

sistem monitoring dan kontrol yang terintegrasi, direpresentasikan dalam bentuk diagram blok sistem. Proses perancangan hardware melibatkan pemilihan komponen-komponen fisik yang akan digunakan dalam sistem, serta penentuan hubungan dan koneksi antar komponen tersebut. Diagram blok sistem digunakan sebagai alat visual untuk menggambarkan struktur keseluruhan dari perangkat keras yang akan dikembangkan. Beberapa tahapan perancangan hardware termasuk identifikasi komponen utama yang diperlukan, pemilihan sensor dan perangkat keras yang sesuai, serta merancang hubungan dan koneksi antara komponen-komponen tersebut. Hasil dari perancangan ini tercermin dalam diagram blok sistem, yang memberikan gambaran visual tentang struktur dan interaksi keseluruhan sistem. Berikut diagram blok sistem secara keseluruhan:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Rancangan hardware pada penelitian ini melibatkan dua sistem utama, yaitu sistem monitoring dan sistem controlling. Komponen-komponen sistem monitoring, yang ditandai dengan warna kuning dan merah, difokuskan pada pemantauan pembangkit hybrid (PLTS dan PLTB), kondisi tanah pertanian, serta tingkat irradiasi matahari. Beberapa komponen kunci pada sistem monitoring mencakup:

- a. Panel dan Kincir

Berperan sebagai sumber energi atau pembangkit listrik. Untuk PLTB, sinyal AC diarahkan melalui rectifier untuk diubah menjadi DC.
- b. Sensor Tegangan dan Arus

Mengukur tegangan dan arus dari kedua pembangkit hybrid (PLTS dan PLTB) menggunakan sensor tegangan DC dan sensor arus INA219. Data hasil pengukuran digunakan sebagai input untuk pemantauan sistem.
- c. Step-down 5V

Modul ini bertugas menurunkan tegangan untuk menyuplai daya ke sensor dan ESP32, memastikan bahwa tegangan yang dibutuhkan oleh komponen tersebut sesuai.

- d. Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu

Sensor soil moisture digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, sementara sensor suhu digunakan untuk memantau suhu di area pertanian.
- e. Sensor Irradiasi Matahari

Sensor ini berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya matahari pada lokasi tertentu.
- f. SCC dan Boost Converter

Modul ini berperan sebagai pengatur charger baterai, mengelola tegangan dan arus masukan dari PLTS dan PLTB.
- g. ESP32

Mikrokontroler ini berperan sebagai otak utama dalam sistem, bertanggung jawab untuk mengumpulkan, memproses data dari sensor, dan mengirimkannya ke sistem kontrol.

Rancangan ini memiliki tujuan utama untuk menghasilkan integrasi yang holistik antara komponen-komponen monitoring, sehingga data yang relevan dapat diakses dan dianalisis secara efektif. Hal ini bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam operasional sistem irigasi pertanian yang memanfaatkan pembangkit listrik hybrid. Peran sentral ESP32 sebagai pengolah data menjadi kunci dalam mengirimkan data ke cloud, di mana informasi tersebut dapat dipantau dan dianalisis melalui platform Thingspeak.

Pada sisi sistem controlling, berbagai komponen seperti baterai sebagai sumber daya, step-down 5V sebagai suplai untuk ESP8266 (mikrokontroler), serta relay sebagai pengendali beban, khususnya pompa air, turut berperan dalam menjaga stabilitas dan kendali pada sistem. Adanya step-down 5V sebagai suplai daya untuk ESP8266 memastikan bahwa mikrokontroler dapat mengolah data dengan optimal. Data yang telah diolah oleh ESP8266 kemudian dikirimkan ke cloud, memberikan kemampuan untuk memantau dan mengendalikan sistem melalui perangkat lunak Thingspeak. Dengan integrasi yang sejalan antara sistem monitoring dan controlling, diharapkan rancangan ini dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam pengelolaan irigasi pertanian, menggabungkan keunggulan pembangkit listrik hybrid dan teknologi Internet of Things (IoT) [10].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab pembahasan mengenai perancangan sistem monitoring dan controlling, beberapa sub-bab akan membahas aspek-aspek khusus dari sistem yang telah dirancang. Berikut adalah beberapa sub-bab yang dapat dijelaskan:

4.1. Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrasi

Dalam sub-bab pembahasan ini, dilakukan perbandingan antara nilai yang dihasilkan oleh sensor dalam sistem dengan nilai yang diukur menggunakan alat ukur konvensional. Tujuan utama pengujian ini

adalah untuk mengevaluasi ketepatan dan akurasi sensor yang digunakan dalam sistem. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat error yang mungkin terjadi selama proses pengukuran.

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai error adalah sebagai berikut:

$$\frac{| \text{nilai dari alat ukur} - \text{nilai dari sensor} |}{\text{nilai dari alat ukur}} \times 100 \quad (1)$$



Gambar 2. Sensor Tegangan dan Multimeter

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ke -	Sensor Tegangan (V)	Multi-Meter (V)	Selisih sensor dan multimeter	Nilai Error (%)
1	13,42	13,32	0,1	0,75%
2	11,95	11,98	0,03	0,25%
3	11,64	11,73	0,09	0,77%
4	24,39	24,21	0,18	0,74%
5	22,88	23,12	0,24	1,04%

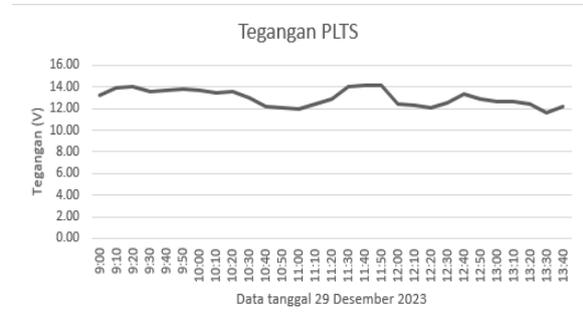
Dari hasil pengujian pada tabel di atas, terlihat bahwa rata-rata nilai error dari selisih pengukuran antara sensor tegangan dengan multimeter sebesar 0,71%. Pengujian sensor tegangan melibatkan variasi suplai tegangan, termasuk dari PLTS, power supply 12V, dan power supply 24V.



Gambar 3. Pengujian Monitoring PLTS 50Wp

Monitoring PLTS 50Wp dilakukan untuk mengambil data tegangan dan arus yang dihasilkan

oleh pembangkit. Data ini digunakan baik untuk pengisian baterai maupun langsung oleh beban. Data tersebut mencakup informasi tentang tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTS. Data ini memiliki signifikansi penting untuk memahami performa PLTS dan memastikan konsistensi serta akurasi pengukuran tegangan menggunakan sensor.



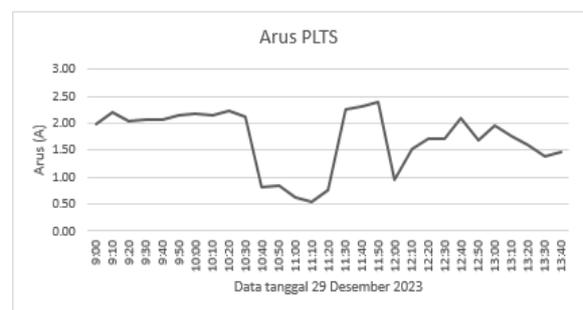
Gambar 4. Grafik Tegangan PLTS 50Wp

Gambar yang disajikan menggambarkan grafik hasil output tegangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 50Wp. Fluktuasi pada grafik terkait dengan kondisi cuaca pada saat pengambilan data, di mana kondisi berawan memengaruhi pencahayaan panel surya dan oleh karena itu, tegangan outputnya mengalami naik turun.

Pada rentang waktu antara jam 09.00 sampai 10.30, terlihat kestabilan grafik karena panel surya mendapat intensitas matahari yang cukup. Namun, pada jam 10.40 hingga 11.20, terjadi penurunan tegangan akibat kondisi berawan yang mempengaruhi performa panel surya.

Pada jam 11.20 hingga 11.50, terjadi peningkatan tegangan dalam waktu singkat, kemungkinan karena adanya peningkatan intensitas matahari. Namun, setelah jam 12.00, grafik mengalami perubahan tak beraturan yang disebabkan oleh fluktuasi kondisi cuaca yang tidak stabil.

Rata-rata tegangan output yang dihasilkan dari panel surya 50Wp sebesar 13V. Analisis grafik memberikan pemahaman tentang respons PLTS terhadap variasi kondisi cuaca, memperlihatkan tantangan yang mungkin dihadapi dalam mendapatkan output yang stabil dalam kondisi cuaca yang berubah-ubah.

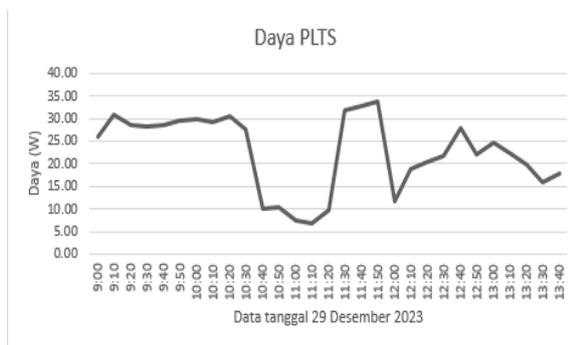


Gambar 5. Grafik Arus PLTS

Grafik di atas merepresentasikan data arus yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) saat terhubung ke beban, khususnya ke Solar Charger Controller (SCC) untuk proses pengecasan baterai. Data arus PLTS ini mencerminkan karakteristik arus dalam kondisi pengisian baterai, dan beberapa aspek yang dapat dianalisis dari grafik tersebut adalah sebagai berikut:

1. Keterkaitan dengan Tegangan PLTS:
Arus PLTS mengikuti fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh PLTS. Terlihat bahwa perubahan tegangan memiliki dampak langsung pada arus yang mengalir.
2. Stabilitas Arus selama Pengecasan:
Grafik menunjukkan fluktuasi arus selama proses pengecasan baterai. Variasi ini mencerminkan respons PLTS terhadap perubahan tegangan dan beban yang terhubung.
3. Pengaruh Tegangan terhadap Arus:
Adanya korelasi yang jelas antara tegangan dan arus. Peningkatan tegangan menyebabkan peningkatan arus, dan sebaliknya.
4. Rata-rata Arus Pengisian baterai:
Rata-rata arus yang digunakan untuk pengisian baterai adalah sebesar 1.71A. Hal ini memberikan gambaran tentang seberapa besar arus yang diperlukan dalam proses pengisian baterai.

Analisis grafik ini memberikan wawasan tentang respons arus PLTS dalam situasi pengecasan baterai, menggambarkan bagaimana fluktuasi tegangan berdampak pada perubahan arus yang terukur.



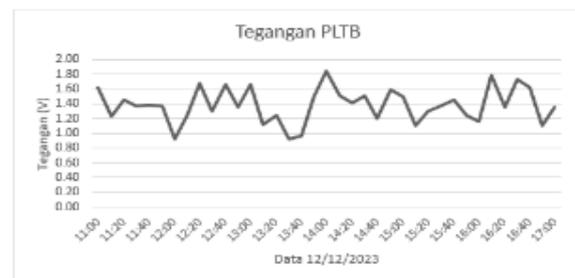
Gambar 6. Grafik Arus PLTS 50Wp

Data monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh pembangkit. Informasi ini diperlukan baik untuk proses pengisian baterai maupun untuk memasok daya langsung ke beban. Berikut adalah rangkuman data yang dihasilkan pada periode tertentu.



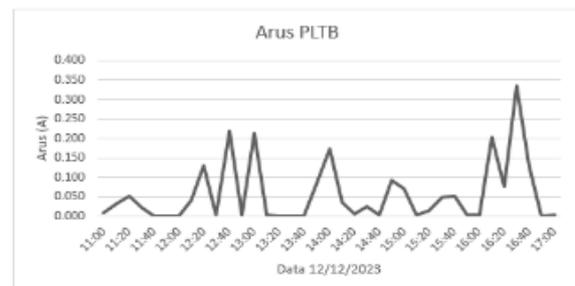
Gambar 7. Pengujian PLTB

Grafik tegangan kincir angin mencerminkan ketidakstabilan yang disebabkan oleh kurangnya angin untuk menggerakkan generator motor kincir. Fluktuasi yang terjadi pada grafik menunjukkan respons langsung terhadap variasi kecepatan angin yang tidak konsisten. Dalam kondisi di mana angin tidak mencukupi, kincir angin mengalami naik turun yang tidak stabil dalam menghasilkan tegangan.



Gambar 8. Grafik Tegangan PLTB

Rata-rata tegangan kincir angin sebesar 1,38V memberikan gambaran tentang tingkat produksi daya pada periode tertentu. Meskipun mengalami fluktuasi, nilai rata-rata tersebut menjadi indikator kinerja kincir angin dalam menghasilkan tegangan dalam situasi kekurangan angin. Analisis lebih lanjut dapat memberikan wawasan tentang efisiensi dan performa kincir angin dalam kondisi angin yang terbatas.



Gambar 9. Grafik Arus PLTB

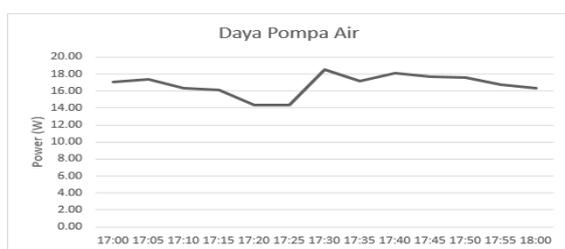
Grafik arus Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) mencerminkan ketidakstabilan yang sejalan dengan fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh kincir angin. Pada kondisi di mana kincir angin tidak menerima angin yang cukup, terlihat bahwa grafik menunjukkan nilai 0, mengindikasikan ketiadaan arus pada saat tersebut.

Rata-rata arus PLTB sebesar 0,056A memberikan gambaran mengenai tingkat produksi arus selama periode tertentu. Meskipun mengalami ketidakstabilan, nilai rata-rata ini memberikan indikasi seberapa efisien kincir angin dalam menghasilkan arus, terutama pada kondisi angin yang terbatas. Analisis lebih lanjut dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang performa dan efektivitas PLTB dalam menghadapi variasi angin yang terjadi.



Gambar 10. Pengujian Beban Pompa Air

Dalam sistem pengendalian pompa air, kontrol dan monitoring dilakukan melalui Thingspeak, dan daya yang digunakan oleh pompa diukur selama satu jam penggunaan. Hasil pengukuran daya ini memberikan gambaran tentang konsumsi energi selama operasional pompa air selama periode tertentu. Data ini berguna untuk memahami seberapa efisien dan berkelanjutan penggunaan pompa air pada waktu yang spesifik, serta dapat membantu dalam pengelolaan dan pemantauan konsumsi energi dalam konteks irigasi pertanian.



Gambar 11. Daya Pompa Air

Dalam gambar diatas, terlihat tampilan sistem kontrol, di mana indikator lampu menyala saat pompa air aktif dan sebaliknya. Selain lampu indikator, terdapat juga layar display yang memberikan informasi langsung tentang status pompa air, apakah sedang aktif (dengan nilai 1) atau non-aktif (dengan nilai 0). Tampilan ini memberikan pemantauan visual yang jelas terkait status operasional pompa air,

memudahkan pengguna untuk melihat dan memahami kondisi sistem dengan cepat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian komponen individu hingga sistem monitoring dan kontrol secara keseluruhan, beberapa kesimpulan dapat diambil dari laporan penelitian ini, yaitu: Hasil perbandingan sensor dan alat ukur menunjukkan bahwa sensor-sensor yang digunakan dalam sistem memiliki nilai error yang relatif kecil, sehingga dapat dianggap akurat dan dapat diandalkan untuk aplikasi pengukuran dalam sistem. Hasil data daya output pada panel surya dan kincir angin menunjukkan bahwa panel surya lebih efektif saat digunakan di area yang terpapar sinar matahari, sementara kincir angin dapat efektif di lokasi dengan kecepatan angin yang tinggi, seperti dataran rendah atau daerah Pantai. Sistem kontrol untuk menyalakan pompa air dengan menggunakan Thingspeak dapat diakses dari mana saja dan dimana saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. N. Janardana dan I. W. A. Wijaya, "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Listrik Pada Kelompok Usaha Pertanian," *SPEKTRUM*, vol. VIII, no. 3, p. 54, March 2021
- [2] I. A. Medina, I. A. D. Giriantari dan I. W. Sukerayasa, "Kajian dan Evaluasi Sistem Suplai Energi Listrik PLTS dan PLTB di Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. XVII, no. 9-12, pp. 311-312, 2018
- [3] F. A. Syuhada dan Z. Fuadi, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida untuk Menggerakkan Pompa Air di Area Pertanian," *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, vol. IV, no. 6, pp. 1-2, 2016
- [4] I. Ramadhan dan D. B. Santoso, "Penerapan Internet Of Things Pada Sistem Monitoring Pembangkit Hibrida," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. VIII, no. 8, pp. 170-171, 2022
- [5] A. Rezki, I. G. P. W. W. Wirawan and A. Zubaidi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Internet of Things," no. 8, 2021
- [6] AH Yuwono, M Rivai, TA Sardjono, "Solar Panel-based Wireless Battery Charging System using Fuzzy Control Method," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 847 (1), 012088
- [7] I. D. W. Hermanto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. XI, pp. 371-373, 2022.
- [8] D. Wijayanto, "Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan

- Aplikasi Telegram,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. XI, p. 448, 2022.
- [9] I. G. E. Darmawan, E. Yadie dan H. Subagyo, “Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno,” *Poligrad*, vol. I, no. 6, p. 32, 2020.
- [10] T. Sutikno, J. Alfahri dan H. S. Purnama, “Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. XXII, no. 1-6, p. 154, 2023.