

MONITORING KINERJA SISTEM HYBRID PLTS DAN PLTB UNTUK SKALA RUMAH TINGGAL DI DAERAH PERBUKITAN BERBASIS IOT

Yohanes Justianus Ariyanto Lalo¹, Ir. Kartiko Ardi Widodo², Widamuri Anistia³

Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

¹riintolalo@gmail.com, ²tiko_@lecturer.itn.ac.id, ³widamuri@lecturer.itn.ac.id

Abstract—Sistem *hybrid* yang menggabungkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu menawarkan solusi yang efisien dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi rumah tangga di daerah perbukitan. Efektifitas pembangkit *hybrid* dapat diketahui setelah dilakukan sebuah *monitoring* yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* yang dapat memantau kinerja sistem *hybrid* PLTS dan PLTB secara *real-time* pada skala rumah tinggal di daerah perbukitan. Sistem ini menggunakan sensor untuk mengukur arus, tegangan, dan kecepatan angin. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke *Thinkspeak* melalui jaringan internet. Platform *IoT* yang digunakan menyediakan penyimpanan, analisis, dan visualisasi data dalam bentuk grafik dan laporan yang mudah dipahami. Dengan adanya sistem *monitoring* ini, pengguna dapat memantau kinerja sistem *hybrid* mereka, mendeteksi anomali, dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan secara efisien. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* berbasis *IoT* dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan dari sistem *hybrid* PLTS dan PLTB untuk skala rumah tinggal di daerah perbukitan.

Kata Kunci: Pembangkit Hybrid, Monitoring, IoT

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

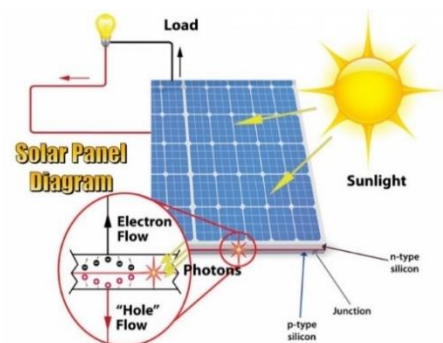
Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting di kehidupan dunia saat ini, sehingga semua masyarakat sangat membutuhkan listrik di kehidupan sehari-hari tidak terkecuali masyarakat yang ada di daerah perbukitan yang belum mendapatkan pasokan listrik dari PLN [1]. Dalam Revolusi Industri 4.0 menuntut untuk adanya pemanfaatan perkembangan teknologi dan perubahan besar dalam menggunakan sebuah peralatan yang multi fungsi untuk menghemat tempat, waktu, serta biaya. Sistem *IoT* digunakan untuk *memonitoring* daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, kincir angin, dan tujuan evaluasi [2].

Proses *monitoring* pada Pembangkit *hybrid* berbasis *IoT* dirancang untuk mengukur berapa banyak energi yang

tersedia untuk penggunaan langsung (cerah), sebagian bertenaga baterai (cuaca mendung), bertenaga baterai penuh (malam hari). Sumber energi baru terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik dengan potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang bisa digunakan di wilayah-wilayah yang terpencil dengan menggunakan sistem pembangkit *hybrid* [3].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

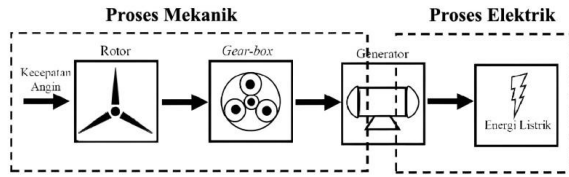


Gambar 1. Prinsip kerja PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi radiasi matahari kemudian di ubah menjadi energi listrik (proses *photovoltaic*) [4]. Modul surya terdiri dari sel surya yang disusun dengan cara yang efektif untuk menyerap energi matahari. Komponen *photovoltaic* sel surya berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik DC. Secara umum, sel *photovoltaic* terbagi atas 2 tipe yaitu *poly-crystalline* dan *mono-crystalline*. Pada penelitian ini menggunakan panel surya *poly-crystalline* 100 wp.

Panel surya jenis *mono-crystalline* memiliki efisiensi sampai dengan 14-17%. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah efisiensinya akan turun saat cuaca berawan efisiensi konversi sel surya jenis *polycrystalline* berkisar antara 11,5%-14% [5].

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu



Gambar 2. Proses mekanik menjadi elektrik pada PLTB

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi angin menjadi energi listrik [6]. Kincir angin merupakan alat yang memanfaatkan kecepatan atau energi kinetik angin, mengkonversinya ke dalam energi mekanik melalui putaran pada poros, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan tenaga listrik. Di lapangan mengalami kecepatan angin yang relatif tinggi. Turbin angin sumbu *horizontal* memiliki poros rotor utama dan generator listrik yang diarahkan oleh baling-baling angin. Turbin angin berukuran besar menggunakan sebuah sensor angin yang digerakan oleh servo motor. Dimana terdapat *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar [7]. Kincir VAWT adalah sejenis generator bayu dengan poros dimana berorientasi sejajar dengan arah mata angin. Rotor generator VAWT mampu bergerak ke segala arah. Salah satu keunggulan VAWT adalah kemampuannya berputar secara efisien pada kecepatan angin rendah karena torsinya yang tinggi. Namun, VAWT juga mempunyai kelemahan, dimana efisiensinya rendah daripada HAWT [8].

$$P = \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times v^3 \quad (1)$$

Keterangan:

P = Daya Angin (watt)

ρ_a = Ketetapan angin (1,225 kg/s)

v = Kecepatan angin di waktu tertentu (m/s)

A = Luas daerah sapuan angin (m²)

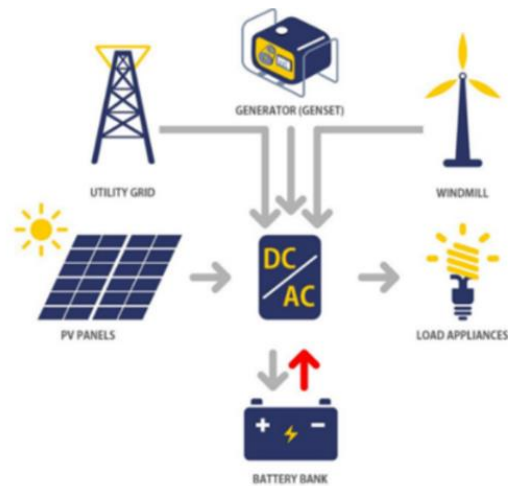
Untuk mencari luas daerah sapuan angin pada kincir angin menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = \pi \times r^2 \quad (2)$$

Keterangan:

π = Ketetapan (3,14 atau $\frac{22}{7}$)

C. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid



Gambar 3. System hybrid PLTS dan PLTB

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid adalah pembangkit listrik yang menggunakan dua atau lebih sumber energi sebagai sumber penghasil energi listrik, yang bertujuan untuk menjaga keberlangsungan *supply* energi secara terus menerus. Pada pembangkit *hybrid* ini dikonversi dengan cara menyatukan tegangan dan arus yang sama, semisal ingin menggunakan beban DC, maka kedua pembangkit harus memiliki output arus dan tegangan DC dan ketika ingin menggunakan beban AC, maka kedua pembangkit harus konversi tegangan dan arus AC.

Tabel 1. Kebutuhan alat dan bahan

Nama Perangkat	Kuantitas (buah)	Jenis
Panel Surya 100 Wp	4	<i>Polycrystalline</i>
Kincir Angin	1	Sumbu <i>horizontal</i>
<i>Solar Charge Controller</i>	1	MPPT
Inverter	1	<i>Off grid</i>
<i>Breaking Resistor</i>	1	1000W 5 RJ
Baterai	2	SMT Power
<i>Modul Step Down</i>	3	LM2596
ESP 32	3	<i>Dev-Module</i>
Sensor Arus	3	ACS712
Sensor Tegangan ZMPT101B	1	AC
Sensor Tegangan	2	DC
Sensor Kecepatan Angin	1	<i>Anemometer</i>

D. Solar Charge Controller

Perangkat elektronik yang disebut *Solar Charge Controller* berfungsi untuk mengontrol dan menstabilkan arus searah ke baterai dan arus dari baterai ke beban. Dengan *solar controller*, dapat mengontrol secara otomatis proses pemutusan aliran listrik dari panel surya ke baterai dan pemindahan beban listrik dari baterai ke beban. Kendali panel surya yang paling umum digunakan ada 2 jenis sebagai berikut: SCC tipe *Pulse Widht Modulation* adalah tipe SCC

yang menunjukkan bahwa pengontrol pengisian daya bekerja dengan memancarkan pulsa listrik ke baterai (*accu*) dengan panjang gelombang yang bervariasi [9].

solar charge controller berjenis MPPT yang dimana MPPT lebih unggul dibandingkan PWM. *Maximum Power Point Tracker* merupakan teknik pelacakan titik daya keluaran sistem PV maksimal. Prinsip kerja MPPT adalah membaca setiap titik keluaran di kurva karakteristik $P - V$ pada panel surya. Sistem kendali MPPT akan mengubah titik kerja sehingga *converter* memaksakan kerja panel surya sesuai kemampuan untuk selalu mencapai titik daya maksimum [10].

E. Inverter

Inverter merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50/60 Hz [11].

F. Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari [12]. Baterai menyimpan energi sebagai cadangan, ketika panel surya tidak menghasilkan listrik, seperti pada malam hari atau ketika cuaca mendung, tegangan keluaran sistem akan lebih stabil. Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah 12V 65Ah.

G. Breaking Resistor

Braking resistor digunakan untuk menerima limpahan energi sisa dari motor akibat dikurangi kecepatannya maupun saat dilakukan pengereman. Permukaan tabung keramik dilapisi oleh lapisan pelapis yang tahan terhadap *flaming* dan suhu tinggi, sebagai kerangka kawat resistansi.

H. Mikrokontroler

Mikrokontroler beroperasi berdasarkan program (*software*) yang tertanam di dalamnya. Dengan adanya *port output*, *mikrokontroler* dapat mengendalikan perangkat seperti sensor tegangan, arus, kecepatan angin dan sebagainya. Pada *mikrokontroler* ini sudah tersedia modul *WiFi* dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* [13].

I. Sensor Arus ACS712

Sensor arus adalah modul yang dapat mendeteksi arus yang mengalir melalui kabel tembaga di suatu rangkaian. Sensor arus ini mendeteksi arus berdasarkan jenis variasi arus maksimum yaitu 5A, 20A, 30A [14]. Sensor arus yang digunakan adalah tipe ACS712. ESP32 disambungkan ke pin VCC sensor arus ACS712 dengan tegangan 5V melalui kabel coklat. Selanjutnya, ESP32 disambungkan ke pin *ground* melalui kabel orange, Pin 34 dan 35 ESP32, serta sensor arus ACS712, dihubungkan ke pin sinyal keluar dengan kabel merah.

J. Sensor Tegangan ZMPT101B

Adalah sebuah modul sensor yang dirancang untuk mengukur tegangan AC. Modul ini memanfaatkan transduser tegangan ZMPT101B, yang merupakan komponen utama

yang mampu mendeteksi dan mengukur tegangan AC dengan akurasi tinggi.

K. Sensor Tegangan DC

Sensor Tegangan DC modul yang dikenal sebagai sensor tegangan dapat mendeteksi tegangan yang mengalir pada rangkaian yang terhubung melalui kabel tembaga [15]. Kabel warna putih ke pin VCC sensor tegangan akan dihubungkan ke 5V ESP32, kemudian *ground* ESP32 melalui kabel abu-abu dengan pin *ground*, kemudian kabel hitam digunakan untuk pin sinyal *output* yang dihubungkan ke pin 32 dan 33 pada ESP32.

L. Sensor Kecepatan Angin

Wind Speed Sensor Anemometer merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin [16]. Alat ini biasanya terdiri dari beberapa roda berputar yang masing-masing memiliki banyak bilah, yang disusun sedemikian rupa sehingga mereka dapat memutar ketika terkena angin.

M. Modul Step Down

Modul step down yaitu komponen penurun tegangan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan agar dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Sistem yang akan dibuat ini menggunakan jenis modul DC LM2596. *Modul step down* DC LM2596 berguna untuk menurunkan tegangan dari 24 VDC menjadi tegangan 5V DC yang berfungsi sebagai tegangan masukan dari arduino.

N. Internet Of Things

Merupakan sebuah rancangan untuk menghubungkan semua instrumen ke internet, dan perangkat *IoT* bisa saling berkomunikasi dengan internet.. Pemilihan komponen *IoT*, seperti perangkat sensor, protokol komunikasi, penyimpanan data, dan komputasi, harus sesuai dengan aplikasi yang diinginkan saat membuat aplikasi *IoT*, yang merupakan tahap pertama dalam merancang sistem *IoT* [17]. Penggunaan internet di Indonesia meningkat setiap tahunnya yang menyebabkan banyaknya pengguna internet, ini bisa menjadi sebuah inovasi digital yang perlu dikembangkan.

O. Cloud ThingSpeak

ThingSpeak merupakan *Platform IoT* yang dibuat berbasis pada matlab pada *platform* ini user dapat *upload* data sensor dari berbagai macam *website* yang ada [18]. *ThingSpeak* dapat menghubungkan perangkat *IoT* ke internet dan mengirim data ke *cloud ThingSpeak*. Setelah data berada di *cloud*, data tersebut dapat disimpan, dianalisis, dan ditampilkan secara langsung. Saat ESP32 menerima data hasil bacaan sensor dan terhubung ke *server ThingSpeak*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Desa Sumbersekar, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, pelaksanaan dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024 dari pukul 07:00 hingga 23:00 untuk pengambilan data tegangan, arus dan kecepatan angin.

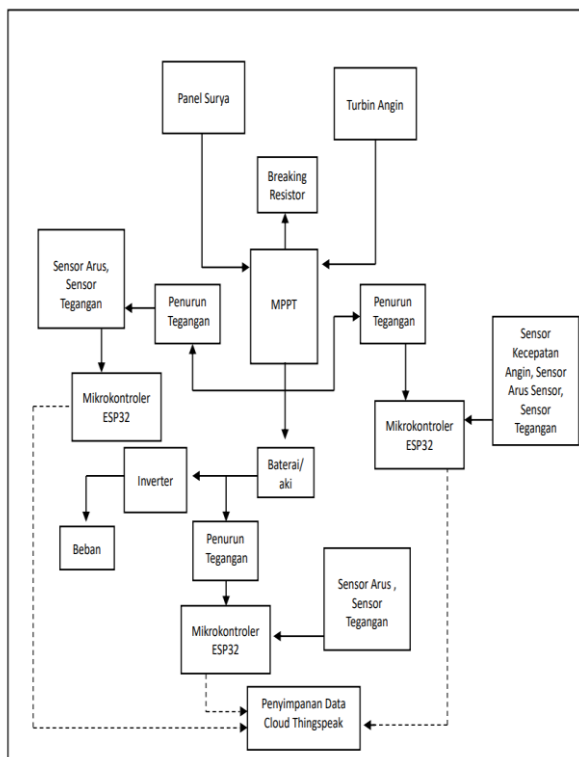
B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari komponen berikut:

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan

Nama Perangkat	Kuantitas (buah)
Panel Surya 100 Wp	4
Kincir Angin	1
Solar Charge Controller	1
Inverter	1
Breaking Resistor	1
Baterai	2
Modul Step Down	3
ESP 32	3
Sensor Arus ACS712	3
Sensor Tegangan DC	2
Sensor Tegangan ZMPT101B	1
Sensor Kecepatan Angin	1

C. Blok Diagram



Gambar 4. Blok diagram

Untuk penjelasan dari gambar 4 diatas yaitu :

1. Sumber menggunakan PLTS 100 Wp 4 buah untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya pada panel surya dan PLTB sumbu *horizontal*,

2. Kemudian *ouput* dari PLTB dan PLTS akan masuk ke *wind solar controller* untuk mengontrol baterai dalam pengisian dari turbin angin dan solar panel secara kombinasi tegangan dan arus untuk pengisian baterai agar baterai tidak mengalami *over voltage*,
3. Dan jika arus balik dari motor pada PLTB lebih besar maka ada *breaking resistor* untuk mengerem tegangan dan arus tersebut ,
4. Setelah tegangan dan arus distabilkan, maka *ouput* dari *wind solar controller* akan masuk ke baterai.
5. Baterai digunakan sebagai penyimpanan energi listrik, ketika tidak ada pasokan cahaya matahari atau angin
6. *Ouput* dari baterai akan bisa menghidupkan pemakaian beban pada skala rumah tinggal,
7. Kemudian untuk menyalakan sistem *monitoring* dan kontrol IoT ESP 32, akan disuplai dari *wind solar controller* melalui trafo *step down* 5 Volt.
8. Selanjutnya untuk sensor arus, sensor tegangan dan sensor kecepatan angin berfungsi untuk mendeteksi arus, tegangan dan kecepatan angin pada PLTS dan PLTB data dikirim ke ESP 32,



Gambar 5. Wiring diagram

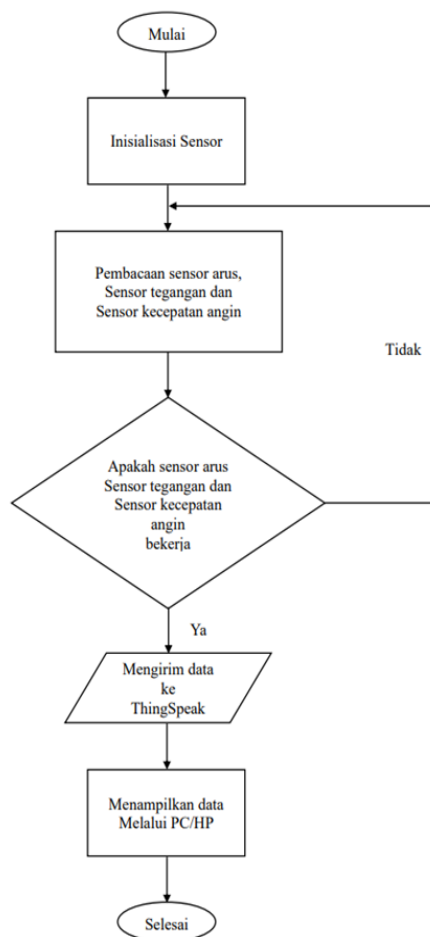
Penjelasan gambar 5 dari wiring diagram diatas yaitu :

1. Sumber Energi (Panel Surya dan Turbin Angin) keduanya mengalirkan energi yang mereka hasilkan ke *Solar Charge Controller*.
2. *Solar Charge Controller* mengelola pengisian baterai dan memastikan *output* yang tepat. Energi yang terakumulasi dikirim ke baterai.
3. Baterai menyimpan energi dan mengalirkan daya ke *inverter*, yang kemudian memasok arus AC ke beban.

4. Sensor dan *Mikrokontroler* Sensor memantau berbagai aspek sistem kemudian *memonitoring* arus, tegangan dan kecepatan angin sementara *mikrokontroler* mengirimkan data ini ke *platform ThingSpeak* untuk analisis *real-time*.
5. Kabel-kabel pada diagram ini menghubungkan berbagai komponen seperti sumber energi, sensor, *mikrokontroler*
6. Aliran daya utama dari panel surya dan turbin angin masuk ke *charge controller*, kemudian disalurkan ke baterai, dan dari sana ke *inverter* untuk menggerakkan perangkat yang terhubung.
7. *Mikrokontroler* menerima *input* dari sensor, mengolah data, dan mengirimkan hasil pengukuran ke *cloud* melalui *ThingSpeak*.

Dan untuk sistem *IoT* nya kita bisa *memonitoring* arus, tegangan dan kecepatan angin yang dikirim dari ESP 32 ke *ThingSpeak*

D. Flowchart Internet Of Things



Gambar 6. Flowchart IoT

Penjelasan *flowchart* internet Of Thingst pada gambar 6 sebagai berikut :

1. Mulai,
2. Inisialisasi sensor,
3. Mulai pembacaan pada sensor arus, sensor tegangan dan sensor kecepatan angin.
4. Apakah sensor arus, sensor tegangan dan sensor

kecepatan angin mulai bekerja?

5. Jika tidak bekerja maka kembali ke pengecekan sensor,
6. Jika bekerja maka data dari sensor arus, sensor tegangan dan sensor kecepatan angin dikirim ke *ThinkSpeak*.
7. Lalu data dari sensor bisa ditampilkan melalui PC/HP,
8. Selesai.

IV. HASIL DAN ANALISIS

Bagia Pada penelitian ini akan membahas pengukuran arus, tegangan pada pembangkit listrik tenaga surya (panel surya) dan mengukur arus, tegangan dan kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga bayu (kincir angin) serta mengukur arus dan tegangan dari beban keluaran *inverter*.

A. Deskripsi Perancangan Alat

Deskripsi alat pada penelitian ini membahas mengenai rancang modul *monitoring* pembangkit *hybrid* menggunakan energi baru terbarukan panel surya dan kincir angin di daerah perbukitan berbasis *IoT*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana *memonitoring* arus, tegangan dan kecepatan angin,



Gambar 7. Perancangan system monitoring

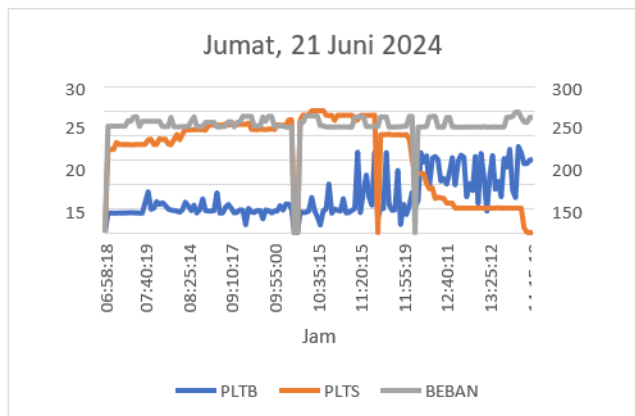
B. Hasil Pengukuran Tegangan

Pada tahap ini, pengukuran keluaran tegangan pada pembangkit *hybrid* dilakukan selama 4 hari, dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024. Pengukuran dari pukul 07.00 – 23.00 di Desa Sumbersekar, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Untuk contoh hasil pengukuran hari ke-1, tanggal 21 Juni 2024 sebagai berikut:

Tabel 3. Pengukuran sensor tegangan

Waktu (WIB)	Tegangan Panel surya (V)	Tegangan kincir angin (V)	Tegangan Beban (V)	Cuaca
07.00	20.05	8.03	220.00	Cerah berawan
09.00	20.13	4.24	218.07	
11.00	22.49	3.98	220.02	
13.00	25.00	4.47	220.18	
15.00	20.15	5.76	218.00	
17.00	5.04	16.02	218.00	
19.00	2.01	16.45	218.01	
21.00	0	15.00	220.00	
23.00	0	17.01	220.01	

Dari hasil pengukuran menunjukkan hasil pengukuran, yang menunjukkan bahwa keluaran tegangan dari pembangkit mengalami *fluktuasi*. Hal tersebut dipengaruhi oleh cuaca di lingkungan sekitar, sehingga didapatkan hasil grafik sebagai berikut:

Gambar 8. Tegangan *output* terhadap waktu

Dari gambar 8 Tegangan yang dihasilkan oleh PLTB sangat bervariasi, menunjukkan ketergantungan yang tinggi pada kondisi angin yang berubah-ubah sepanjang hari tegangan PLTB mengalami kenaikan pada jam 16:00 sampai jam 23:00. Tegangan dari PLTS menunjukkan stabilitas yang baik selama pagi hingga awal sore, mengindikasikan bahwa panel surya bekerja optimal selama periode tersebut. Penurunan drastis setelah pukul 14:15 bisa diakibatkan oleh perubahan cuaca atau penurunan intensitas sinar matahari. Tegangan beban yang relatif stabil menunjukkan bahwa sistem beban listrik dapat mempertahankan stabilitas tegangan meskipun ada variasi dalam *input* dari PLTB dan PLTS. Penurunan singkat pada tegangan beban dapat mengindikasikan gangguan sementara atau lonjakan beban yang dapat mempengaruhi kestabilan sistem. Grafik pengukuran menunjukkan bahwa hasil keluarantegangan, karena pada saat itu kecepatan angin

tinggi, selama periode pengukuran dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024 cahaya matahari dan kecepatan angin mengalami *fluktuasi* dan tidak bisa diprediksi.

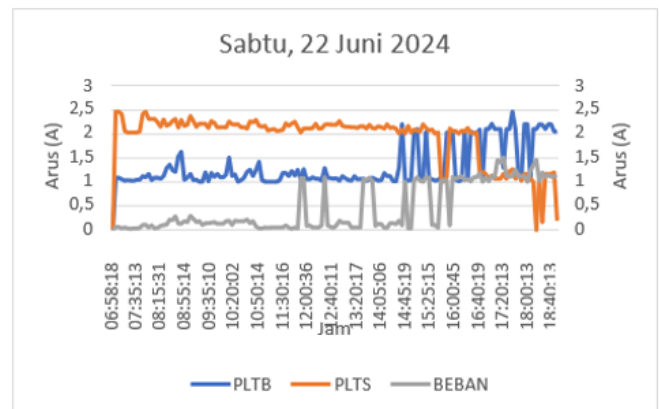
C. Hasil Pengukuran Arus

Pada tahap ini, hasil pengukuran arus pada pembangkit *hybrid* dilakukan selama 4 hari, dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024. Pengukuran dari jam 07.00 – 23.00 di Desa Sumbersekar, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Untuk contoh hasil pengukuran hari ke-3, tanggal 23 Juni 2024 sebagai berikut :

Tabel 4. Pengukuran sensor arus

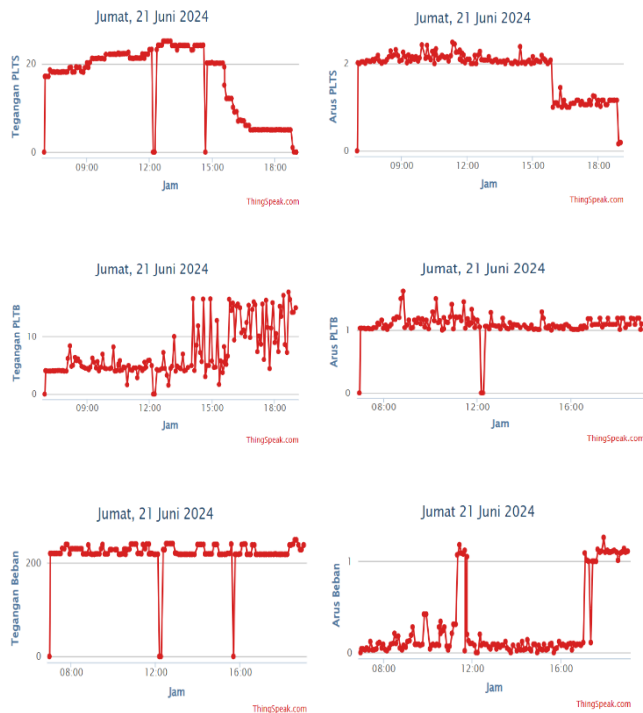
Waktu (WIB)	Arus Panel surya (A)	Arus Kincir Angin (A)	Arus Beban (A)	Cuaca
07.00	2.02	0.03	0.04	Cerah berawan
09.00	2.08	1.03	0.06	
11.00	2.14	0.02	0.07	
13.00	1.02	2.16	1.01	
15.00	1.03	2.16	0.08	
17.00	2.09	2.16	1.09	
19.00	0.19	2.01	1.11	
21.00	0	2.15	1.00	
23.00	0	2.17	1.03	

Keluaran arus dari pembangkit mengalami *fluktuasi*, seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengukuran yang disajikan pada tabel 4 Hal tersebut dipengaruhi oleh beban yang terhubung

Gambar 9. Arus *output* terhadap waktu

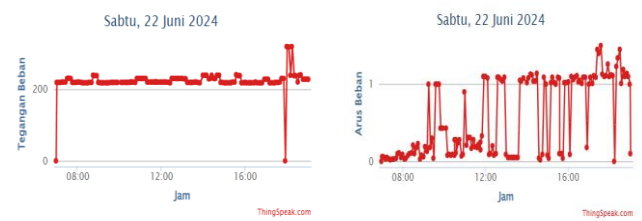
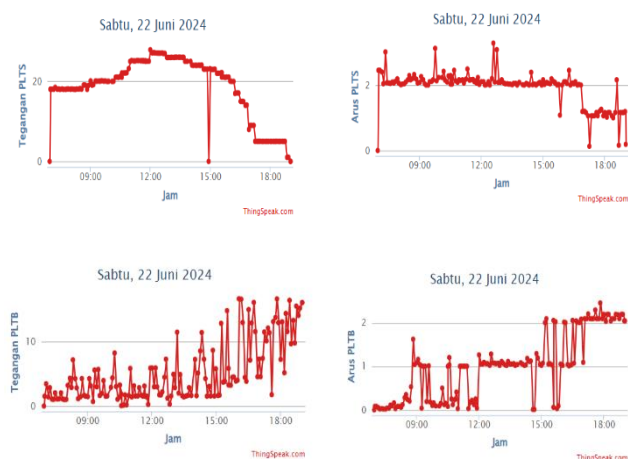
Dari gambar 9. Grafik pengukuran menunjukkan bahwa hasil keluaran arus kedua pembangkit sama-sama mengalami kenaikan dan penurunan, yang mana pada hari ke-2 arus panel surya paling kecil 1.90 Ampere, sedangkan arus tertinggi pada hari ke-4 2.80 Ampere, arus pada kincir angin mengalami penurunan di hari ke-3 0.33 Ampere, sedangkan arus beban paling kecil pada hari ke-4 0.27 Ampere, hal tersebut bisa terjadi karena beban yang harus disuplai oleh pembangkit, maupun sistem pengecasan pada baterai membutuhkan arus yang besar.

D. Hasil Monitoring Arus dan Tegangan Dalam 1 Hari

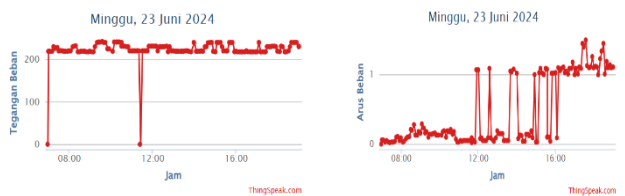
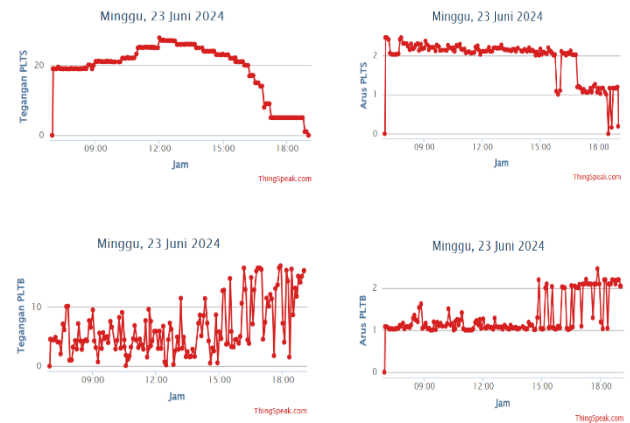


Gambar 10. Tampilan *Thinkspeak* Jumat, 21 Juni 2024

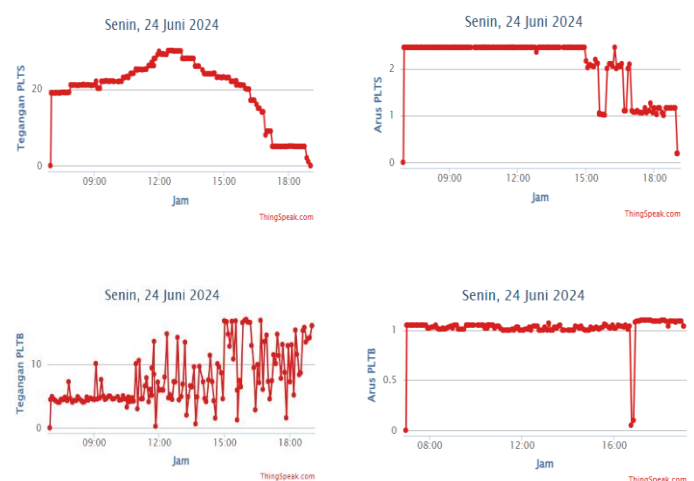
Hasil *monitoring* arus dan tegangan *thingspek* pada hari Jumat, 21 Juni 2024, dapat dilihat tegangan pada PLTS mulai meningkat dan stabil sebelum pukul 09:00 setelah stabil, tegangan tetap konsisten dengan sedikit *fluktuasi* kecil dari pukul 09:00 hingga pukul 15:00 tegangan tetap relatif stabil, setelah pukul 15:00 tegangan mulai mengalami penurunan secara bertahap. Untuk tegangan PLTB mulai mengalami kenaikan pada sore hari disebabkan oleh perubahan pola angin yang lebih tinggi di sore hari. Hasil *monitoring* arus sendiri mengalami *fluktuasi* tergantung dari beban yang sedang digunakan.

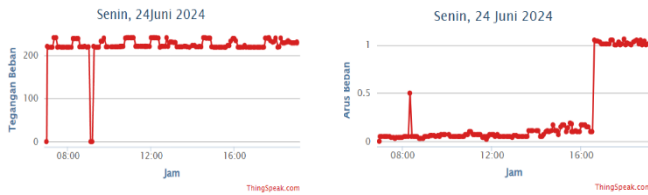


Gambar 11. Tampilan *Thinkspeak* Sabtu, 22 Juni 2024



Gambar 12. Tampilan *Thinkspeak* Minggu, 23 Juni 2024





Gambar 13. Tampilan *Thinkspeak* Senin, 24 Juni 2024

Melalui *Thinkspeak* ini kita bisa *memonitoring* data hasil pengukuran, tanpa harus mengukurnya secara langsung, dari Gambar 11 hingga Gambar 13, di dapatkan hasil analisa yang *fluktuatif*, dikarenakan cuaca dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024 tidak bisa diprediksi dari hasil keluaran tegangan, arus dan kecepatan angin.

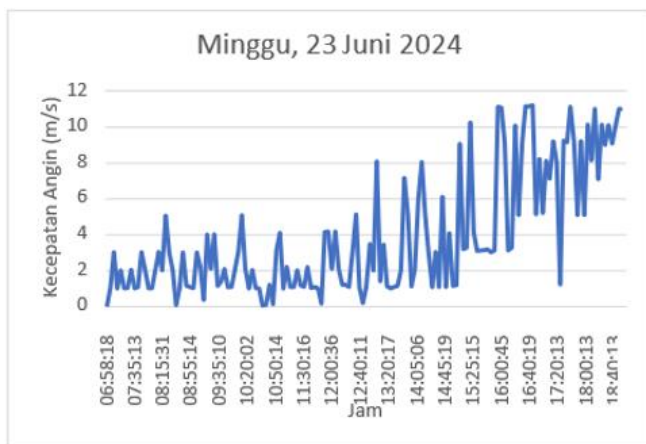
E. Hasil pengukuran Kecepatan Angin

Pada tahap ini, pengukuran kecepatan angin dari tanggal 21 hingga 24 Juni 2024 dalam waktu 4 hari, Pengukuran dari jam 07.00 – 23.00 di Desa Sumbersekar, Kecamatan Dau, kabupaten Malang.

Tabel .5. Nilai kecepatan angin hari ke-1

Waktu (WIB)	Kecepatan Angin (M/S)	Cuaca
07.00	2.02	Cerah berawan
09.00	2.08	
11.00	2.14	
13.00	1.02	
15.00	1.03	
17.00	2.09	
19.00	0.19	
21.00	10.05	
23.00	4.02	

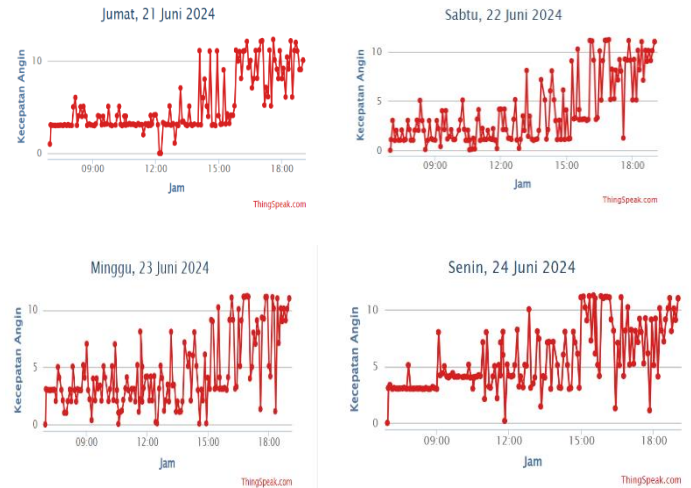
Dari hasil pengukuran pada tabel 5 bahwa kecepatan angin mengalami *fluktuasi*. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan cuaca berawan disekitar. Sehingga di dapatkan hasil grafik rata rata kecepatan angin sebagai berikut:



Gambar 14. Grafik rata-rata kecepatan angin

Dari Gambar 14 grafik menunjukkan bahwa tingkat kecepatan angin mengalami kenaikan dan penurunan tergantung kondisi angin, kecepatan angin mengalami penurunan di hari ke-3 1.16 m/s, dan mengalami kenaikan paling tinggi di hari ke-6 5.65 m/s.

F. Hasil Monitoring Kecepatan Angin



Gambar 15. Monitoring kecepatan angin dengan *Thinkspeak*

Dari hasil pemantauan menggunakan *ThingSpeak*, diperoleh data pengukuran yang ditampilkan pada gambar 15. Dalam kondisi cuaca cerah, hasil pembacaan menunjukkan: pembacaan pada sensor kecepatan angin mengalami kenaikan dan penurunan karena kondisi kecepatan angin berubah-ubah, nilai kecepatan angin lebih tinggi pada saat sore-malam hari, nilai kecepatan angin paling tinggi pada hari Senin, 24 Juni 2024 pada pukul 15:20 sebesar 11,24 m/s.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil *monitoring system hybrid PLTS dan PLTB* yang dilakukan melalui pengambilan data dari sensor yang terpasang pada panel surya dan turbin angin, termasuk pengukuran arus, tegangan dan kecepatan angin ini merupakan langkah penting untuk melakukan monitoring yang akurat pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Ketika panel surya tidak menghasilkan listrik pada saat kondisi dimalam hari, maka bisa dibantu dengan kincir angin untuk memantau dan menganalisis kinerja gabungan PLTS dan PLTB. Dengan sistem ini, data *real-time* dapat diperoleh, memudahkan dalam pengambilan keputusan terkait perawatan, optimalisasi, dan efisiensi penggunaan energi dari kedua sumber terbarukan tersebut. Untuk jam efektif yang dihasilkan oleh PLTS itu berada pada pukul 12:00 sampai pukul 14:00, untuk PLTB efektif pada pukul 16:00 sampai pukul 23:00. Tetapi dari pembangkit PLTS dan PLTB ini tidak bisa di prediksi cuacanya. untuk sistem pemantauan berbasis *IoT* yang dapat

mengontrol data secara *real-time* menggunakan *Thingspeak*. Jika tidak terhubung dengan jaringan internet yang stabil, maka untuk pemantauan data akan *delay* sekitar 1 hingga 5 menit

B. Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan diatas terdapat saran untuk mengembangkan penelitian selanjutnya agar dapat dikembangkan lagi untuk mengintegrasikan teknologi terbaru dalam sistem *monitoring*, seperti penggunaan sensor-sensor yang lebih canggih, menyiapkan jaringan internet yang cukup stabil sehingga pengiriman data bisa lebih akurat, atau penggunaan platform *IoT* yang lebih maju.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Saleh, M. Ammar, and R. Andriyani, "Transformasi Sosial Dan Lingkungan Melalui Energi Terbarukan: Studi Dampak PLTB Sidrap Di Sulawesi Selatan".
- [2] M. R. Putri, F. X. A. Setyawan, and S. Sumadi, "Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet Of Things," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 3, Aug. 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i3.2640.
- [3] A. Kurniawan, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic – Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi," vol. 2, 2022.
- [4] L. E. Nuryanto, "Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLN Dan PLTS) Kapasitas 800 Wp," vol. 17, no. 3, 2021.
- [5] Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil,) E-ISSN : 2723-7052 url: <https://ceredindonesia.or.id/index.php/mesil> Vol.1, No.2, Desember 2020, Hal 99-106 99 Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal.
- [6] H. Desrizal and I. H. Rosma, "Analisis Ketersediaan Sistem Pembangkit Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," vol. 5, 2018.
- [7] S. Saodah and N. Hariyanto, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Dengan Kapasitas 3 Kva," 2019.
- [8] S. S. Putri, . S., and . Y., "Analisis Cara Kerja Turbin Angin Sumbu Vertikal," *J. Pendidik. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1034–1036, Dec. 2023, doi: 10.47233/jpst.v2i2.1356.
- [9] A. Indriani, G. Manurung, N. Daratha, and H. Hendra, "Perancangan Turbin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus di Kota Bengkulu)," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. ELEKTRO DAN Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–6, Nov. 2019, doi: 10.33369/jamplifier.v9i2.15376.
- [10] N. F. Wahidin, E. Yadie, and M. A. Putra, "Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid*, vol. 3, no. 1, p. 12, Jun. 2022, doi: 10.46964/poligrid.v3i1.1490.
- [11] R. R. Ramadhana, "1,2,3,4 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar," vol. 14, 2022.
- [12] M. Idris, "Rancang Panel Surya Untuk Instalasi Penerangan Rumah Sederhana Daya 900 Watt," vol. 1, 2019.
- [13] M. S. Pandang, N. Nachrowie, and R. D. J. K. Sari, "Prototype Kendali Arus dan Tegangan Menggunakan Internet of Things (IoT)," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 191–197, Oct. 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i2.351.
- [14] M. A. R. Effendy, "Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Arduino Uno Pada PLTS Pematang Johar," vol. 1, no. 1, 2023.
- [15] E. Prihatini, Y. Irdyanti, and M. Y. Alphidah, "Analysis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Sebagai Resource Reserve Pada Pembibitan Ayam Pedaging Berbasis Internet Of Things (IoT)," vol. 17, no. 2.
- [16] M. Fernando, L. Jasa, and R. S. Hartati, "Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 135, Jul. 2022, doi: 10.24843/MITE.2022.v21i01.P18.
- [17] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review," *J. MENTARI Manaj. Pendidik. Dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [18] A. Herlan, I. Fitri, and R. Nuraini, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Data Sebaran Covid-19 Secara Real-Time menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. JTIK J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 5, no. 2, p. 206, Apr. 2021, doi: 10.35870/jtik.v5i2.212.

VII. BIODATA PENULIS



Yohaens Justianus Ariyanto Lalo , lahir di Maumere 06 Juni 2000. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDK Nita II 2012 dilanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Nita 2015 dan Sekolah Menengah Atas di SMK Negeri 1 Maumere 2018. Kemudian pada tahun 2020 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang prodi Teknik Elektro S-1 Teknik Energi Listrik. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikan skripsi ini yang berjudul "*Monitoring Kinerja Sistem Hybrid PLTS dan PLTB Untuk Skala Rumah Tinggal Di Daerah Perbukitan Berbasis IoT*".