

Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN Berbasis *Internet of Things*

Hartawan Abdillah ^{a,1,*}, Tamam Asrori ^{a,2}, Mas Ahmad Baihaqi ^{a,3}, Dani Hari Tunggal Prasetyo ^{a,4}, Alief Muhammad ^{a,5}

^a Universitas Panca Marga, Jln. Yos Sudarso, No. 107, Pabean, Dringu Probolinggo, Indonesia

¹ hartawanabdillah@upm.ac.id*; ² tamam.asrori@upm.ac.id; ³ baihaqi@upm.ac.id; ⁴ dani.hari59@gmail.com;

⁵ aliefmuhammad@upm.ac.id

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Histori Artikel

25 Agustus 2023

08 Oktober 2023

28 Desember 2023

Kata Kunci

PLTS

PLTB

Hybrid

Internet of Things

Topologi baru dalam hybrid yaitu kedua pembangkit yang mengoptimalkan energi listrik yang dibangkitkan serta dapat termonitoring melalui Internet of Things (IoT). Dalam sistem pembangkit hybrid, IoT dapat digunakan untuk mengumpulkan data tentang produksi energi listrik dari setiap sumber seperti panel surya, turbin angin dan PLN. Data ini dapat dianalisis secara real-time untuk memantau kinerja sistem dan meningkatkan efisiensi energi. Hasil penelitian menunjukkan parameter intensitas cahaya matahari, temperatur dan kecepatan angin sangat berpengaruh pada daya output dari PLTS dan PLTB sedangkan sumber PLN digunakan ketika daya dari kedua pembangkit dalam keadaan *blackout*.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](#).



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada era globalisasi dan meningkatnya jumlah populasi penduduk menyebabkan kebutuhan energi listrik semakin meningkat [1]. Konsumsi energi listrik yang terus meningkat menjadi salah satu permasalahan yang harus segera ditangani [2]. Hal ini dikarenakan energi listrik yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas semakin berkurang serta keberadaannya tidak dapat diperbarui [3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi permasalahan tersebut yaitu beralih kepenggunaan energi alternatif, upaya penggunaan energi alternatif perlu dilakukan agar kestabilan cadangan energi dan upaya mengganti energi fosil menjadi energi terbarukan dapat segera terwujud [4]. Salah satu upaya pemerintah untuk ikut berpartisipasi dalam perubahan dari energi fosil ke energi baru terbarukan melalui Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik “ pada tanggal 13 September 2022. “Peraturan Presiden No.112/2022” tersebut mengatur mengenai penyusunan rencana usaha penyediaan tenaga listrik, penyusunan peta jalan percepatan pengakhiran masa operasional PLTU, pelaksanaan pembelian tenaga listrik, serta dukungan pemerintah dalam upaya percepatan pengembangan energi terbarukan [5].

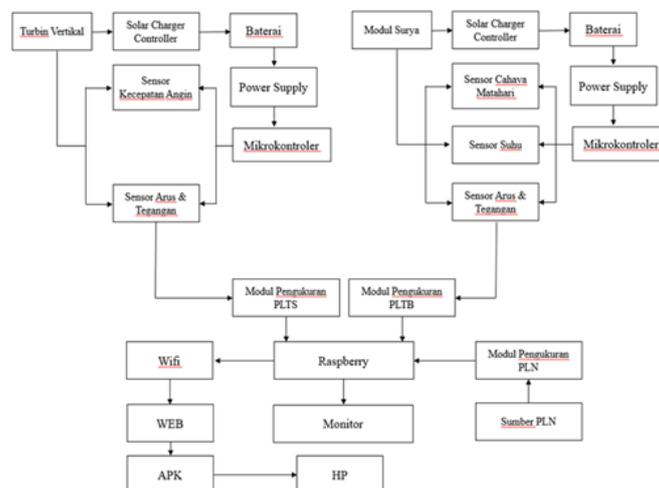
International Renewable Energy Agency (IRENA) menyebutkan bahwa energi surya di Indonesia memiliki potensi lebih dari 400 GW, energi angin memiliki potensi yaitu sebesar 150 GW. Upaya yang telah dilakukan untuk mengimplementasikan target penggunaan EBT di Indonesia, hingga tahun 2020 implementasi energi surya mencapai 172 MW, energi angin mencapai 154 MW. Kedua jenis teknologi energi terbarukan ini memiliki potensi besar untuk menghasilkan listrik yang bersih, ramah lingkungan dan berkelanjutan [6]. Namun pada masing-masing sumber energi memiliki kekurangan yaitu energi surya dan angin tergantung pada cuaca, sehingga tidak dapat diproduksi secara konsisten dalam cuaca buruk atau di malam hari [7]. Hal ini dapat mempengaruhi ketersediaan energi listrik dan menimbulkan ketidakstabilan pada jaringan listrik maka perlu menggabungkan pembangkit listrik atau disebut dengan sistem hybrid yaitu menggabungkan dua atau lebih sumber pembangkit yang berbeda tersebut dengan jaringan PLN [8]. Kestabilan pasokan energi dapat ditingkatkan karena PLN dapat menyediakan energi tambahan ketika PLTS dan PLTB tidak dapat menghasilkan energi yang cukup [9].

Topologi baru dalam *hybrid* yaitu kedua pembangkit yang mengoptimalkan energi listrik yang dibangkitkan serta dapat termonitoring melalui *Internet of Things (IoT)* [10]. Dalam sistem pembangkit *hybrid*, IoT dapat digunakan untuk mengumpulkan data tentang produksi energi listrik dari setiap sumber seperti panel surya, turbin angin dan PLN. Data ini dapat dianalisis secara real-time untuk memantau kinerja sistem dan meningkatkan efisiensi energi.

2. Metode penelitian

Metode pembuatan alat monitoring pembangkit *hybrid* PLTS, PLTB, dan PLN dengan *Internet of Things (IoT)* dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Identifikasi variabel-variabel yang akan diamati dalam monitoring dan kebutuhan pembuatan alat monitoring, seperti produksi energi, suhu, kelembaban, dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi kinerja sistem serta menentukan identifikasi kebutuhan berupa kebutuhan alat dan sensor, jenis sumber energi yang digunakan, kapasitas pembangkit dan kebutuhan beban.
- Desain sistem monitoring yang terdiri dari sensor, komunikasi nirkabel, internet, dan *cloud computing*. Memilih jenis sensor yang sesuai dengan variabel yang akan diamati, seperti sensor suhu, sensor kelembaban, sensor arus, sensor tegangan. Kemudian, menentukan platform komunikasi nirkabel yang akan digunakan yaitu *wi-fi*. Desain sistem monitoring dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi *switching* dalam kondisi dinamis

Pada pengukuran pembangkit listrik tenaga angin pertama, turbin angin akan berputar ketika ada angin bertiup, putaran turbin digerakkan oleh angin seperti baling-baling mengubah energi angin menjadi energi mekanik, hembusan angin menyapu area bilah turbin untuk menggerakkan atau memutar rotor generator listrik di dalamnya. Pada turbin angin terdapat tiga sensor yaitu sensor arus, tegangan dan kecepatan angin, ketiga parameter sensor tersebut akan diukur. Pembacaan pengukuran yang dilakukan oleh sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler dan data pembacaan dari sensor dikirim oleh *router* ke *cloud database*. Pada modul surya terdapat empat sensor yaitu sensor arus, tegangan, intensitas cahaya matahari dan suhu. keempat parameter sensor tersebut akan dilakukan pengukuran.

Pembacaan pengukuran yang dilakukan oleh sensor-sensor selanjutnya diproses oleh mikrokontroler dan data pembacaan dari sensor dikirim oleh *router* kepada *cloud database*. Monitoring dirancang sesuai dengan prinsip kerja *Internet of Things* yang dilengkapi dengan *cloud database* dan aplikasi *smartphone*. Data dikirim oleh mikrokontroler dari modul pengukuran pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin melalui jaringan nirkabel. *Raspberry* yang dilengkapi dengan LCD layar sentuh menjalankan aplikasi *smartphone* untuk pemantauan di tempat. Pemantauan jarak jauh dilakukan melalui aplikasi yang terpasang di *smartphone* pengguna, aplikasi menampilkan data berupa angka dan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi

Aplikasi diatas menampilkan grafik yang merekam produksi energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dan Pembangkit Listrik Negara (PLN) sepanjang waktu. Selain itu, aplikasi diatas menampilkan nilai produksi energi aktual dari setiap sumber dalam bentuk angka yang mudah dipahami. Dilengkapi dengan panduan penggunaan yang disertakan agar dapat dengan mudah menganalisis data, memantau produksi energi, dan mengoptimalkan penggunaan energi yang diukur. Aplikasi tersebut juga dapat memberikan pemberitahuan tentang masalah atau pemutusan listrik dengan riwayat data produksi energi, pengguna dapat melacak kinerja sistem yang terpantau dari waktu ke waktu dan membuat keputusan yang lebih baik dalam penggunaan energi.

- c. Pembuatan *prototipe* sistem monitoring. Dalam tahap ini, sistem monitoring diuji di laboratorium untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan terintegrasi dengan benar. Melakukan pengujian untuk memastikan bahwa sistem monitoring berfungsi dengan baik dan dapat terkoneksi dengan *Internet of Things* (IoT). Uji semua sensor dan pastikan data yang ditampilkan pada antarmuka sesuai dengan nilai sensor dan pengujian koneksi alat dengan jaringan *wi-fi* dan pastikan alat dapat terkoneksi dengan internet.

- d. Implementasi sistem monitoring di lapangan dan pengumpulan data. Setelah sistem monitoring diuji di laboratorium, selanjutnya sistem diimplementasikan di lapangan untuk memonitor kinerja pembangkit *hybrid* PLTS, PLTB, dan PLN secara *real-time*. Data yang dikumpulkan kemudian disimpan di cloud dan dapat diakses dari mana saja dengan menggunakan internet.

Dalam pembuatan alat Monitoring pembangkit *hybrid* PLTS, PLTB, dan PLN dengan *Internet of Things* (IoT), perlu diperhatikan bahwa setiap sistem pembangkit listrik memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga sensor yang digunakan dan konfigurasi sistem monitoring harus disesuaikan dengan sistem yang akan dimonitor. Selain itu, perlu dilakukan pengujian dan evaluasi kinerja sistem secara terus-menerus untuk memastikan sistem monitoring dapat berfungsi dengan baik dan memberikan informasi yang akurat dan berguna.

3. Hasil dan Analisis



Gambar 3. Alat sistem monitoring PLTS berbasis *Smartphone*

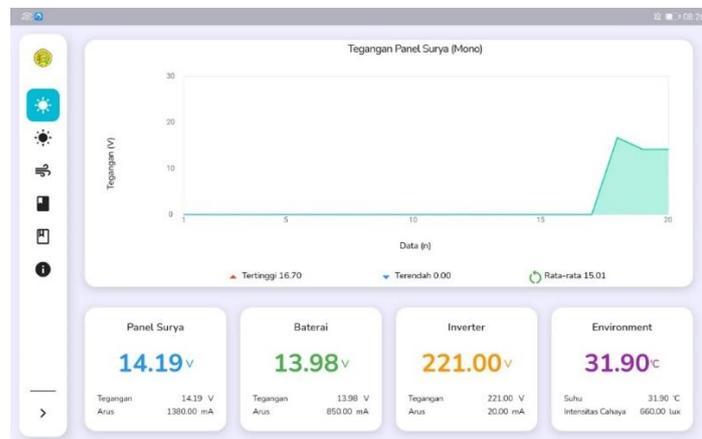
Alat monitoring PLTS berbasis *Smartphone* dapat dilihat pada Gambar 3. Sesuai dengan perencanaan mikrokontroler yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah ESP32 mikrokontroler untuk mengolah sensor dan pengirim data. Sensor yang digunakan ada 4 jenis sensor, yaitu: 1) sensor tegangan AC ACL200 kemampuan maksimal membaca tegangan sebesar 230VAC; 2) sensor tegangan DC PZEM017. 3) SHT20 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, 4) sensor TEMT6000 untuk mendeteksi cahaya matahari. Tampilan *Smartphone* dapat dilihat pada Gambar 3, Data monitoring yang ditampilkan berupa nilai dan grafik dari Arus tegangan dan daya solar panel, baterai dan beban.

3.1. Pengujian Pengukuran Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sensor ACL200 dan PZEM017 terhubung aliran listrik yang dihasilkan panel surya. Dalam hal ini kedua sensor yang mendeteksi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya memberikan input data menuju RS485 dan akan di proses kemudian dikirimkan ke NodemCu ESP32, dari NodemCu ESP32 dikirimkan ke *Smartphone* melalui jaringan internet. Setelah semua sudah dikerjakan urut sesuai prosedur, maka selanjutnya dilakukan pengamatan hasil pembacaan *Smartphone* terhadap alat standart avometer dan tang ampere yang biasa digunakan. Pada Tabel 1. di bawah ini merupakan hasil pengambilan data dari pembacaan *Smartphone*. Data ini diambil sebanyak 10 sampel pada saat pada waktu berbeda. Hasil pemacaan arus dan tegangan oleh sensor akan dibandingkan dengan hasil pembacaan arus dan tegangan oleh avometer untuk mencari nilai presisi.

Tabel 1. Pengujian Monitoring Arus dan Tegangan Panel surya

No.	Waktu (WIB)	Panel Surya		Ketepatan (%)	Nilai Tegangan (Vdc)		Ketepatan(%)
		Nilai Ampere (mA)			Nilai Tegangan (Vdc)		
		Avometer	Smartphone		Avometer	Smartphone	
<u>1</u>	8:00	982	970	98.8	14.48	14.12	97.5
<u>2</u>	8:30	960	950	98.9	15.71	15.91	98.7
<u>3</u>	9:00	738	750	98.4	17.98	18.04	99.7
<u>4</u>	9:30	412	420	98.1	19.02	18.83	99.0
<u>5</u>	10:00	776	810	95.8	20.90	21.35	97.9
<u>6</u>	11:30	337	350	96.3	19.44	18.63	95.7
<u>7</u>	12:00	270	270	100.0	18.15	18.08	99.6
<u>8</u>	12:30	207	200	96.5	20.09	19.51	97.0
<u>9</u>	13:00	100	100	100.0	18.26	17.68	96.7
<u>10</u>	13:30	209	210	99.5	21.78	20.90	95.8
Rata-rata Keseluruhan				98.2	Rata-rata Keseluruhan		97.8



Gambar 4. Tegangan Panel Surya pada *Smartphone*



Gambar 5. Arus Panel Surya pada *Smartphone*

Dari 10 kali pengambilan data arus dan tegangan pada panel surya, dapat dilihat bahwa nilai arus panel surya yang diukur menggunakan avometer dan yang tertampil pada *Smartphone* memiliki nilai presisi paling rendah sebesar 95.8% dan paling tinggi sebesar 100%. Dengan rata-rata keseluruhan percobaan sebesar 98.2%. Dan nilai Tegangan panel surya yang diukur menggunakan avometer dan yang tertampil pada *Smartphone* memiliki nilai presisi paling rendah sebesar 95.7% dan paling tinggi sebesar 99%. Dengan rata-rata

keseluruhan percobaan sebesar 97.8%. Terdapat selisih pada pembacaan arus yang dihasilkan oleh pembangkit dikarenakan tingkat sensitivitas dan tingkat presisi sensor dengan alat ukur multimeter dalam mengukur hasil yang diperoleh pembangkit listrik, dimana tingkat sensitivitas dan presisi lebih tinggi alat ukur multimeter. Perbedaan inilah yang membuat besar arus listrik berbeda pada aplikasi Smartphone dan alat ukur multi meter berbeda. Serta Pengiriman data secara *realtime* pada android kecepatan proses pengiriman data tergantung pada kondisi jaringan internet *wifi* modem pada *hardware*.

3.2. Pengambilan Data Intensitas Cahaya Matahari, Temperatur dan Daya Sel Surya

Pada pengujian panel surya kapasitas 100WP bertujuan mengetahui berapa rata-rata temperatur udara, rata-rata intensitas cahaya matahari dan rata-rata daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Pengujian dilakukan dalam kurun waktu 8 jam. Pengukuran dilakukan selama 3 hari pada Hari Senin – Rabu, 3 – 5 Juli 2023 pukul 8.00 – 15:00. Pada tahap ini dilakukan pengukuran temperatur udara, intensitas cahaya matahari, Tegangan, dan Arus Pada keluaran PLTS. Untuk pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan alat yaitu Luxmeter, sedangkan untuk pengukuran tegangan dan Arus menggunakan alat yaitu Multimeter. Temperatur udara, intensitas cahaya matahari, Tegangan, dan Arus dimonitor pada Smartphone dan dapat ditarik datanya seperti yang tertampil pada tabel dibawah.

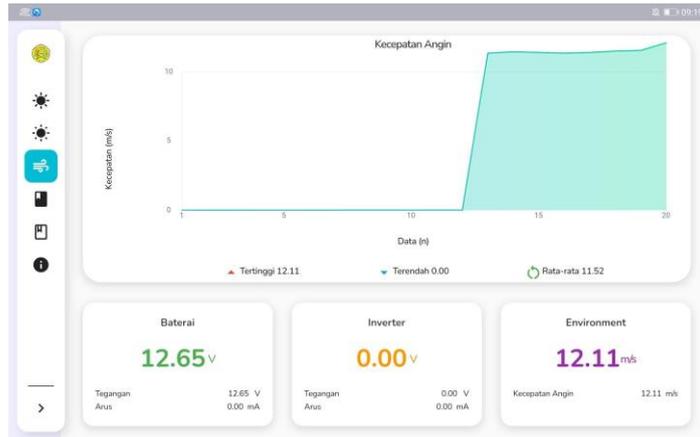
Tabel 2. Data Intensitas Cahaya Matahari dan Daya Sel Surya

No.	waktu	PV Voltage (V)	PV Current (mA)	Temperature (°C)	Light Intensity (Watt/m ²)
1.	08-09:00	16.21	759.75	32.27	1576.80
2.	09-10:00	20.38	638.91	33.25	1573.64
3.	10-11:00	20.42	402.14	33.08	1566.95
4.	11-12:00	19.02	270.21	33.30	1584.21
5.	12-13:00	19.74	228.50	32.88	1586.40
6.	13-14:00	19.33	174.65	33.29	1568.10
7.	14-15:00	19.20	133.84	32.12	1572.11
	Nilai Tertinggi	20.42	759.75	33.30	1586.40
	Rata-rata/8 jam	19.19	372.57	32.88	1575.46

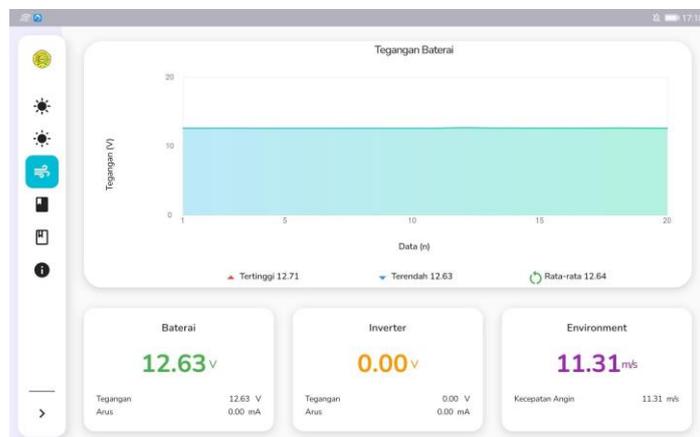
Data pengujian menunjukkan bahwa Parameter keluaran maksimum dari panel surya selama pengujian dihari pertama tanggal 3 Juli 2023 antara jam 08:00-15:00 yaitu Tegangan panel surya sebesar 20.42 Vdc didapatkan pada jam 10:00-11:00 WIB. Nilai tertinggi Arus panel surya sebesar 759.75 mA didapatkan pada jam 08:00-09:00. Nilai tertinggi Temperatur udara sebesar 33.3 °C didapatkan pada pada jam 08:00- 09:00. Dan Nilai tertinggi intensitas cahaya matahari sebesar 1586.4 Watt/m² didapatkan pada jam 12:00-13:00.

3.3. Pengujian Pengukuran Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

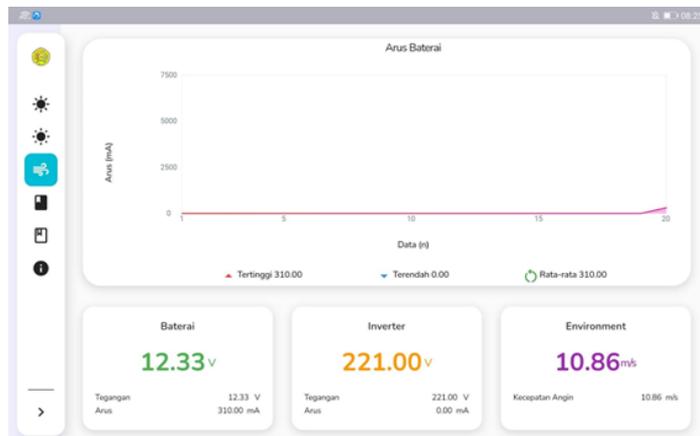
Pengambilan data pada sistem monitoring PLTB ini adalah untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja sistem tersebut yang meliputi pengujian per bagian sensor, mikokontroler, display, dan pengujian keseluruhan. Tampilan *smartphone* dapat dilihat pada Gambar 6, 7, dan 8, Data monitoring yang ditampilkan berupa nilai dan grafik dari Arus, tegangan dan kecepatan angin. Dari hasil daya keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh pembangkit PLTB dapat di monitor menggunakan *smartphone* di bandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan avometer.



Gambar 6. Monitoring Kecepatan Angin pada Smartphone



Gambar 7. Monitoring Tegangan Baterai pada Smartphone



Gambar 8. Monitoring Arus Baterai pada Smartphone

Tabel 3. Tabel 3. Pengujian dan Pengukuran Daya PLTB

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
1	8:00	3,27	13,58	400	5,43
2	9:00	6,28	13,94	1100	15,33
3	10:00	11,36	14,61	1200	17,53
4	11:00	12,47	13,66	2400	32,78

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
5	12:00	11,55	13,74	1800	24,73
6	13:00	11,46	13,69	2100	28,75
7	14:00	12,72	13,76	2600	35,78
8	15:00	12,11	14,15	1400	19,81

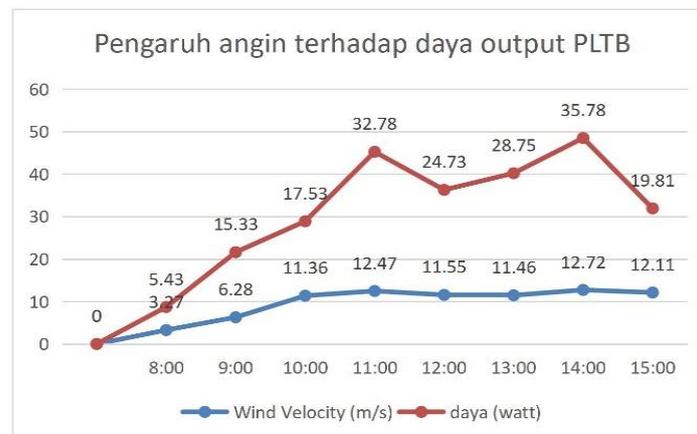
Berdasarkan data di atas kita dapat menghitung daya rata-rata yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin tersebut yang dilakukan selama pengujian dengan menggunakan persamaan berikut.

Daya rata-rata yang dihasilkan PLTB:

$$P(\text{rata - rata}) = \frac{5,43 + 25,33 + 17,53 + 32,78 + 24,73 + 28,75 + 35,78 + 19,81}{8}$$

$$P(\text{rata - rata}) = 22,52 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka di peroleh daya rata-rata yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin pada pengujian diatas sebesar 22,52 watt. Setelah mengetahui daya yang dihasilkan dari PLTB yang diletakkan diatas gedung bertingkat di kota Probolinggo, kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan angin terhadap daya output dari pembangkit tersebut.



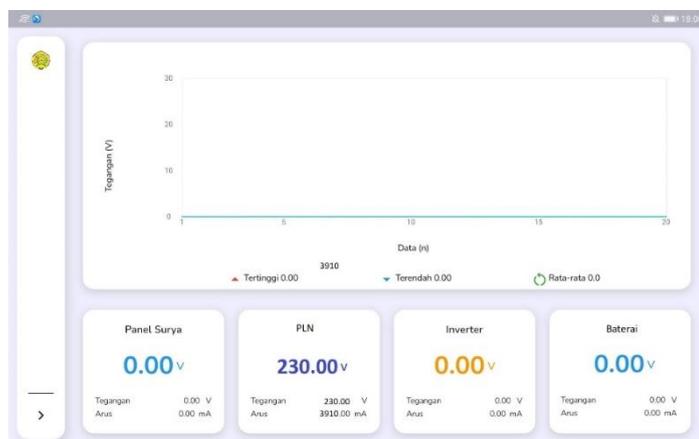
Gambar 9. Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap daya output PLTB

Dari grafik diatas hasil pengukuran kecepatan angin tertinggi dengan nilai 12,72 m/s dan output daya yang dihasilkan oleh turbin angin yaitu 35,78 Watt, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin maka akan semakin besar pula dayayang akan dihasilkan dan begitu juga sebaliknya apabila kecepatan angin menurun maka daya yang dihasilkan juga menurun.

3.4. Pengujian Pengukuran Monitoring PLN

Sistem *hybrid* yang menggabungkan sumber energi terbarukan seperti PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dengan sumber energi konvensional seperti PLN (Perusahaan Listrik Negara) memiliki tujuan untuk memanfaatkan energi terbarukan seefisien mungkin, dengan tetap mempertahankan keandalan pasokan energi. Namun, dalam situasi tertentu ketika daya output dari PLTB dan PLTS mengalami *blackout* atau ketidakcukupan, langkah *hybrid* ke sumber PLN dapat diambil.

Ini dilakukan untuk memastikan pasokan listrik yang kontinu dan meminimalkan gangguan terhadap konsumen atau beban yang terhubung. Gambar 10 berikut merupakan monitoring PLN ketika daya dari PLTB dan PLTS mengalami *blackout*



Gambar 10. Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap daya output PLTB

Pengujian monitoring pada Gambar 10. diatas menunjukkan daya output dari kedua pembangkit yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) mengalami *blackout* yang ditandai pada pengukuran panel surya, inverter dan baterai bernilai 0 V dan 0 mA, sebaliknya nilai pada pengukuran yang terdapat pada sumber PLN yaitu 230 V dan 3910 mA, maka dari nilai tersebut menandakan ketika daya dari kedua pembangkit tersebut mengalami *blackout* atau daya yang dihasilkan tidak dapat memenuhi beban maka secara otomatis sumber energi akan beralih pada sumber PLN

4. Kesimpulan

Hasil pengujian Sistem monitoring memiliki Tingkat ketepatan bernilai rata-rata 97 % untuk pembacaan tegangan dan arus bernilai rata rata 98 %. Terdapat perbedaan dalam hasil data yang diterima oleh *smartphone* dan alat ukur multimeter. Disebabkan oleh tingkat sensitivitas dan tingkat presisi sensor dengan alat ukur multimeter dimana tingkat sensitivitas dan presisi lebih tinggi alat ukur multimeter. Serta pemancar *wifi* juga berpengaruh terhadap proses pengiriman data.

Data pengujian menunjukkan bahwa Parameter keluaran maksimum dari panel surya selama pengujian sebesar 20,42. Nilai tertinggi Arus panel surya sebesar 759,75 mA, nilai tertinggi Temperatur udara sebesar 33.3°C dan nilai tertinggi intensitas cahaya matahari sebesar 1586,4 watt/m². Pengukuran kecepatan angin tertinggi dengan nilai 12,72 m/s dan output daya yang dihasilkan oleh turbin angin yaitu 35,78 watt dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin maka akan semakin besar pula daya yang akan dihasilkan dan begitu juga sebaliknya apabila kecepatan angin menurun maka daya yang dihasilkan juga menurun.

Pengakuan dan Penghargaan

Penelitian ini didukung oleh Hibah Penelitian Dosen Pemula yang diberikan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia serta ucapan terima kasih atas dukungan finansial pada penelitian ini.

Referensi

- [1] Tarigan E. Simulasi Sistem PLTS Atap dan Harga Satuan Energi Listrik Untuk Skala Rumah Tangga di Surabaya. *J Rekayasa Elektr.* 2022;18(2):86–93.
- [2] Mulyadi M, Abadi S, Emiyati G, Firyal D, Farhan M, Zulfikar M. Automatic Transfer Swichth Pengatur Hibrid Plts-Pltb Dan Pln Sebagai Sumber Listrik Motor Bldc Kincir Aerator. 2022;77–82.
- [3] Windarta J, Wardaya AY, Saptadi S. Solar power plant on the rooftop of the Diponegoro University Rectorate: a technical and economic study. *Bull Electr Eng Informatics.* 2023;12(4):1936–46.
- [4] AZIZI A. Perancangan Prototipe Penyediaan Energi Listrik Hybride (Plts Dan Pltb Jenis Ventilator) Sebagai Energi Alternatif Penerangan 2022; Available from: http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/20006%0Ahttp://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/20006/Azka_Nur_Azizi._skripsiACC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [5] Hertadi CDP, Sulaiman M, Anwar PGP. Kajian Industri Energi Terbaru Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam. *G-Tech J Teknol Terap.* 2022;6(2):276–83.
- [6] Zahira NP, Fadillah DP. Pemerintah Indonesia Menuju Target Net Zero Emission (Nze) Tahun 2060 Dengan Variable Renewable Energy (Vre) Di Indonesia. *JIS J Ilmu Sos.* 2022;2(2):2548–4893.
- [7] Hesty NW, Cendrawati DG, Nepal R, Irsyad MI al. Energy Potential Assessments and Investment Opportunities for Wind Energy in Indonesia. *Cent Appl Macroecon Anal.* 2021;
- [8] Irwansyah D, Yandi W, Sunanda W, Yonggi Puriza M, Teknik Elektro J, Teknik F, et al. ID: 17 Konversi Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sebagai Perencanaan Pembangkit Hybrid Conversion of Electrical Energy in Solar Power Plants and Bayu Power Plants as a Hybrid Generation Planning. 2020;(November 2020):113–27.
- [9] Gusmao A. Desain Kontrol Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya, Tenaga Angin dan Baterai. *JTEV (Jurnal Tek Elektro dan Vokasional).* 2019;5(1.1):163–5.
- [10] Abdillah H, Afandi AN, Zainul Falah M, Firmansah A. Solar Energy Monitoring System Design Using Radio Frequency for Remote Areas. *Proceeding - ICoSTA 2020 2020 Int Conf Smart Technol Appl Empower Ind IoT by Implement Green Technol Sustain Dev.* 2020.