

Optimasi Daya Keluaran Pada Prototipe AeroSolar Sistem Hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Bayu

M. Mucklis Aula Rohman¹; Samsurizal²; Nadira Putri Aradea³; Putri Jesika Anastasia Siahaan⁴; Humaida⁵; Adi Prasetya⁶

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN
Jl. Lingkar. Luar Barat, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Jakarta 11750

¹mucklis2211091@itpln.ac.id

²samsurizal@itpln.ac.id

³nadira2111125@itpln.ac.id

⁴putri2211130@itpln.ac.id

⁵humaida2211121@itpln.ac.id

⁶adi2272001@itpln.ac.id

Intisari — AeroSolar merupakan pembangkit listrik tenaga angin yang terintegrasi dengan panel surya handal dalam menghasilkan energi listrik efektif. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis daya listrik yang dihasilkan dari prototipe AeroSolar untuk penerangan di gang-gang kecil. Kurangnya perhatian pemerintah terhadap gang-gang kecil di perkotaan telah mengakibatkan munculnya berbagai masalah yang signifikan. Keterbatasan penerangan meningkatkan resiko keamanan di gang-gang kecil, serta minimnya infrastruktur energi membatasi aktivitas sosial. Salah satu aspek yang membutuhkan inovasi yaitu penyediaan energi, terutama pada daerah perkotaan yang padat dari struktur perkotaan pada gang-gang kecil, namun sering kali mengalami keterbatasan dalam infrastruktur energi yang memadai. Dari beberapa faktor yang dikaji bahwa daya maksimum tenaga surya pada pukul 11.00 siang mencapai nilai 69,84 watt. Sedangkan, pada tenaga bayu menghasilkan daya maksimum pada pukul 11.00 WIB dengan nilai 0,35 watt. Dari hasil perhitungan dan analisis menggunakan sistem hybrid AeroSolar, yang menggunakan teknologi aerofoil dan panel surya terintegrasi dengan rata-rata pemakaian daya sebesar 34,32 watt selama beban bekerja. Dengan waktu yang sama, tegangan yang terukur adalah 13,2 volt dan arus yang terukur pada beban adalah 2,6 ampere menjadi solusi efektif untuk menghasilkan energi listrik secara efisien dan berkelanjutan di gang-gang kecil.

Kata kunci — AeroSolar, energi terbarukan, tenaga surya, tenaga bayu sistem hibrid

Abstract — AeroSolar is a wind power plant that is integrated with reliable solar panels in producing effective electrical energy. The purpose of this study is to analyze the electrical power generated from the AeroSolar prototype for lighting in small alleys. The government's lack of attention to small alleys in urban areas has resulted in the emergence of various significant problems. Limited lighting increases safety risks in small alleys, and the lack of energy infrastructure limits social activities. One of the aspects that requires innovation is the provision of energy, especially in urban areas that are dense from urban structures in small alleys, but often experience limitations in adequate energy infrastructure. From several factors studied, the maximum power of solar power at 11.00 a.m. reached a value of 69.84 watts. Meanwhile, wind power produces maximum power at 11.00 WIB with a value of 0.35 watts. From the results of the calculation and analysis using the AeroSolar hybrid system, which uses aerofoil technology and integrated solar panels with an average power consumption of 34.32 watts during the working load. At the same time, the rated voltage is 13.2 volts and the rated current at the load is 2.6 amperes making it an effective solution for efficiently and sustainably generating electrical energy in small alleys.

Keywords— AeroSolar, renewable energy, solar, hybrid system wind power

I. PENDAHULUAN

Tantangan besar yang dialami manusia yaitu upaya menjaga keseimbangan antara perkembangan teknologi dengan keberlanjutan lingkungan[1]. Kurangnya

akses penerangan pada daerah perkotaan yang padat dapat menyebabkan kurangnya keamanan dan keselamatan bagi masyarakat sekitar. Sesuai dengan Undang – Undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang jalan, bahwa jalan sebagai salah satu

prasarana Transportasi merupakan unsur penting dalam Pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dalam pembinaan persatuan dan kesatuan bangsa, wilayah negara dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum. Pada daerah perkotaan, gang-gang kecil seringkali terpinggirkan dari perhatian pembangunan infrastruktur. Akibatnya, penerangan pada gang-gang kecil sering kali minim atau kurang memadai mengakibatkan potensi risiko keselamatan dan keamanan bagi penduduk lokal. Selain itu juga, penerangan yang kurang dapat membatasi aktivitas sosial di lingkungan tersebut. Salah satu aspek yang membutuhkan inovasi yaitu penyediaan energi, terutama pada daerah perkotaan yang padat dari struktur perkotaan pada gang-gang kecil, namun sering kali mengalami keterbatasan dalam infrastruktur energi yang memadai.

Dalam era modern ini, pengembangan teknologi energi terbarukan menjadi fokus utama dalam menciptakan solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan[2][3]. Sering kali gang-gang kecil mengalami keterbatasan infrastruktur penerangan yang memadai, kekurangan sumber energi atau ketergantungan pada sumber energi fosil[4]. Oleh karena itu, solusi terkait permasalahan tersebut dapat diatasi dengan kemunculan EBT (Energi Baru Terbarukan) sebagai alternatif terbaik. PT. PLN (Persero) sebagai penyedia ketenagalistrikan negara juga menyebutkan target bauran energi baru dan terbarukan pembangkitan tenaga listrik pada akhir tahun 2025 sebesar 23,0% yang tercantum dalam RUPTL [5]. Energi angin dan energi surya menjadi pilihan sebagai sumber energi alternatif yang dimanfaatkan untuk menyediakan penerangan di lingkungan perkotaan, termasuk pada gang-gang kecil.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, pada penelitian ini kami mengusulkan konsep dari AeroSolar yang memanfaatkan energi surya dan energi angin, nantinya diharapkan menjadi langkah awal dalam mendukung transformasi menuju masyarakat perkotaan yang lebih berkelanjutan dan inklusif dan menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan penerangan di gang-

gang kecil dengan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Implementasi prototipe AeroSolar yang menggabungkan energi angin dan surya untuk penerangan ramah lingkungan di gang-gang kecil dimulai dengan penelitian dan perencanaan yang mencakup identifikasi kebutuhan dan lokasi yang tepat. Harapan dari pembuatan Prototipe AeroSolar dapat meningkatkan keamanan, mengurangi risiko kejahatan, peningkatan ketersediaan energi yang ramah lingkungan serta mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang akan membantu menurunkan emisi gas rumah kaca.

Aero Motionless Integrated With Solar Panel (AeroSolar) merupakan pembangkit Listrik tenaga angin terdistribusi yang tidak memiliki bagian yang bergerak dan terintegrasi dengan panel surya yang akan menghasilkan energi bersih. Prototipe ini terdiri dari beberapa bagian utama, antara lain : Aerofoil berbentuk aerodinamik yang ditujukan untuk menghasilkan gaya angkat (lift) yang besar dengan gaya hambat (drag) yang sekecil mungkin dan berfungsi untuk menciptakan daerah bertekanan rendah untuk menghisap udara dari jet udara. Generator turbine berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik. Terdapat panel surya berfungsi mengubah energi surya menjadi energi listrik yang akan disimpan ke dalam baterai. Pada gambar 1. merupakan hasil rancang bangun prototipe AeroSolar yang dimana prototipe ini menawarkan solusi inovatif untuk penerangan di gang-gang kecil, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan berkontribusi pada lingkungan berenergi hijau.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dijadikan referensi pertama Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Karakteristik Sel Surya Jenis Polycrystalline Menggunakan Regresi Linear yang di tulis oleh Andi Makkulau dkk. Tulisan ini membahas desain dan konstruksi modul pengujian untuk memfasilitasi proses pengumpulan data observasi untuk sel surya polikristalin. Studi ini menemukan korelasi yang kuat antara

iradiasi dan arus, dengan kesalahan rata-rata persen absolut 26,5%, menunjukkan bahwa modelnya cukup baik. Tujuan dari jurnal ini Desain dan konstruksi modul pengujian untuk memfasilitasi proses pengumpulan data observasi untuk sel surya polikristalin. Investigasi hubungan antara iradiasi dan arus dalam sel surya polikristalin. Pengembangan model untuk memprediksi output dari sel berdasarkan sudut kemiringan panel surya. Penentuan keakuratan model menggunakan Mean Absolute Percent Error (MAPE). Jurnal ini menemukan korelasi yang kuat antara iradiasi dan arus dalam sel surya polikristalin, dengan nilai korelasi $R = 0,7251$. Model yang dikembangkan untuk memprediksi output sel berdasarkan sudut kemiringan panel surya ditemukan memiliki kesalahan persen absolut rata-rata 26,5%, menunjukkan bahwa modelnya cukup baik[7].

Penelitian kedua dengan judul Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya yang di tulis oleh Samsurizal, Septiannissa Azzahra, Christiono, Miftahul Fikri, Hastuti Azis dan Agus Yogiarto. Pengenalan tulisan ini membahas peningkatan penggunaan energi terbarukan di Indonesia untuk mencapai target 23% pada tahun 2025. Tulisan ini membahas perlunya transisi dari energi berbasis fosil ke energi terbarukan di Indonesia dan pentingnya meningkatkan sumber daya manusia dalam mengembangkan energi terbarukan. Tulisan tersebut menjelaskan kegiatan edukasi yang dilakukan oleh Tim PkM Teknik Elektro IT-PLN untuk mengajarkan siswa tentang komponen pembangkit listrik tenaga surya dan pemanfaatan energi matahari melalui perakitan prototipe sistem fotovoltaik portabel. Makalah ini tidak menyediakan bagian tertentu untuk hasil. Namun, dapat disimpulkan bahwa kegiatan pendidikan yang dilakukan oleh Tim PkM Teknik Elektro IT-PLN berhasil meningkatkan pemahaman siswa tentang energi terbarukan dan kemampuannya untuk merakit komponen sistem fotovoltaik menjadi prototipe sistem fotovoltaik portabel. Para siswa juga dapat menguji prototipe dan memahami jumlah arus dan tegangan yang

dihasilkan. Secara keseluruhan, kegiatan ini mampu mempromosikan penggunaan energi terbarukan dan penerapannya di lingkungan sekitar [8].

Penelitian ketiga dengan judul Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review yang ditulis oleh A.Z. Hafeza, A.M. Yousefa dan N.M. Haraga. Tulisan ini memberikan ulasan rinci tentang sistem pelacakan surya dan aplikasi potensinya dalam energi matahari. Jurnal ini menyarankan beberapa pekerjaan masa depan yang terkait dengan sistem pelacakan surya, termasuk pengembangan algoritma pelacakan yang lebih akurat dan efisien, integrasi sistem pelacakan surya dengan sistem penyimpanan energi, dan optimalisasi sistem pelacakan surya untuk berbagai jenis panel surya. Jurnal ini juga menyarankan perlunya penelitian lebih lanjut tentang kelayakan ekonomi sistem pelacakan surya dan dampaknya terhadap kinerja keseluruhan sistem energi surya[9].

Penelitian yang keempat dengan judul A comprehensive review for solar tracking systems design in Photovoltaic cell, module, panel, array, and systems applications yang di tulis oleh A.Z. Hafez, A.M. Yousef, A. Soliman dan I.M. Ismail. Makalah ini memberikan tinjauan komprehensif tentang sistem pelacakan surya dan potensi manfaatnya untuk sistem fotovoltaik (PV). Jurnal ini mencakup parameter desain, konstruksi, jenis, dan teknik sistem penggerak untuk berbagai aplikasi. Studi ini menunjukkan bahwa sistem pelacakan PV dapat memberikan keuntungan 11-85% dibandingkan dengan sistem tetap, tergantung pada faktor-faktor seperti cuaca, jenis pelacakan, lokasi, dan aplikasi[10].

Penelitian kelima dengan judul Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel yang di tulis oleh M. Imam Maulana Fardani. Skripsi ini menyajikan desain prototipe pelacak surya dua sumbu untuk mengoptimalkan output daya panel surya. Pelacak surya memungkinkan panel surya diposisikan secara vertikal dan horizontal untuk melacak orientasi maksimum sinar matahari sepanjang hari. Implementasi pelacak surya dapat meningkatkan efisiensi

energi dan memaksimalkan potensi pembangkit listrik panel surya[11].

Penelitian keenam dengan judul Solar Tracking Sistem Berbasis Arduino UNO yang di tulis oleh Khalid Fadlullah. Prototipe sistem pelacakan surya berdasarkan Arduino UNO yang dikembangkan dalam penelitian dapat menghasilkan energi maksimum dengan mengikuti pergerakan matahari. Hal ini dapat diterapkan di semua daerah dan membantu pemerintah dalam mengoptimalkan energi alternatif. Skripsi ini memberikan informasi tentang berbagai bahan semikonduktor yang digunakan dalam sel surya film tipis, seperti CIGS, CdTe, silikon amorf, CZTS, dan oksida tembaga. Ini menjelaskan pentingnya sambungan p-n dalam sel surya. Sistem pelacakan surya berbasis Arduino UNO dapat diterapkan di berbagai daerah untuk mengoptimalkan energi alternatif dan membantu pemerintah dalam menangani masalah energi. Kemampuan sistem untuk melacak pergerakan matahari dan menghasilkan energi maksimum dapat berkontribusi pada pengembangan sistem tenaga surya yang efisien. Penelitian ini melibatkan pengujian komponen sistem pelacakan surya secara terpisah dan secara keseluruhan untuk memastikan bahwa mereka berfungsi seperti yang diharapkan.

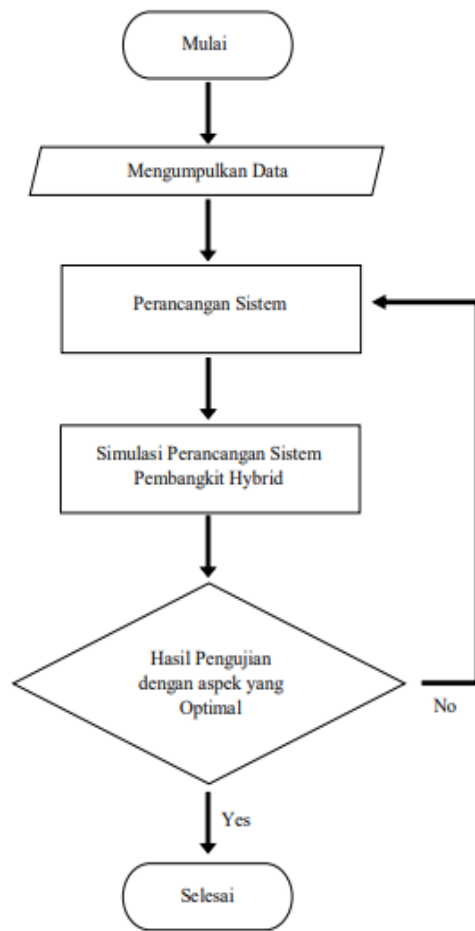
Penelitian lain dalam artikel pada jurnal electrician yang ditulis, samsurizal, ett.all menggunakan metode analisis data kualitatif dilakukan dengan melakukan pengujian solar tracker baik dalam keadaan tracking dan keadaan non tracking melalui observasi langsung. Data yang diambil merupakan data hasil outputan panel surya baik itu tegangan, arus serta daya baik dalam keadaan tracker diaktifkan dan tracker nonaktif. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa efisiensi panel surya dalam keadaan tracker lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan, dimana pada pengujian yang telah di lakukan nilai efisiensi dari panel surya dalam keadaan tracker lebih besar 1,326951 % terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan[12].

III. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan ini, peneliti mengumpulkan data menganalisis menggunakan data yang akan dikaji untuk penerapan pembangkit hibrid pada prototipe AeroSolar, meliputi pengukuran pada setiap pembangkit yaitu tenaga surya dan tenaga bayu. pada tenaga surya dilakukan pengukuran intensitas cahaya, tegangan panel, arus, dan daya. sedangkan, pada tenaga bayu dilakukan pengukuran kecepatan angin, tegangan generator, arus, dan daya. Data sistem kelistrikan, meliputi kebutuhan energi listrik masyarakat setempat, infrastruktur kelistrikan yang ada. Kondisi meteorologi, seperti temperatur, intensitas penyinaran matahari, dan kecepatan angin.

AeroSolar bekerja dengan memanfaatkan sepasang aerofoil yang menciptakan daerah bertekanan rendah, sehingga dapat menghisap udara melalui lubang di permukaan aerofoil yang berongga. Udara yang dihisap ini akan ditarik dan dihubungkan dengan generator turbin. Selain itu, AeroSolar juga dilengkapi dengan panel surya yang berfungsi sebagai sumber energi hybrid, menghasilkan energi listrik yang efisien. Energi yang dihasilkan akan disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik.

Pengujian prototipe AeroSolar dilakukan untuk mengamati dan mengetahui bagaimana hasil kinerja dari tenaga surya dan tenaga bayu yang telah dibuat. pengambilan data pada tenaga surya dilakukan dengan metode observasi serta pencatatan dan pengumpulan data secara tepat dan benar. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan secara berurutan sesuai dengan diagram alir pada gambar 1.



Gbr 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian prototype AeroSolar dilakukan dengan mengamati dan mengetahui berapa besar iradiasi matahari pengujian menggunakan solar power meter, pengujian seperti yang ditunjukkan gambar 2.



Gbr 2. Pengujian Menggunakan Solar Power Meter

Pengujian selanjutnya besarnya energi angin yang dihasilkan menggunakan alat ukur

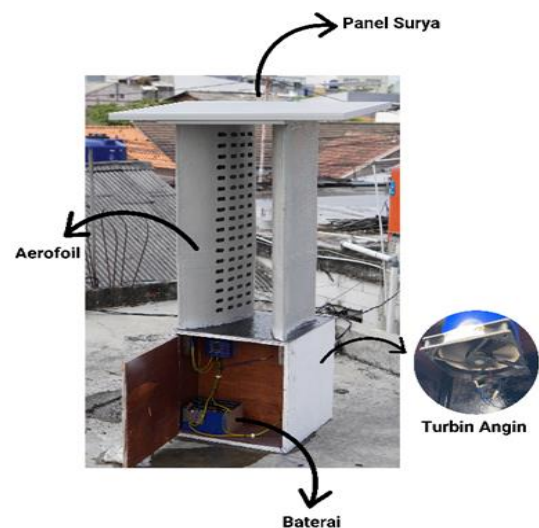
anemometer, pengamatan seperti ditunjukkan gambar 3.



Gbr 3. Pengujian Menggunakan Anemometer

A. Pengujian AeroSolar dan Analisis Data

Dengan diperoleh data pengamatan awal selanjutnya prototype Aerosolar dilakukan secara menyeluruh, untuk melihat kinerja yang dihasilkan. Gambar prototype dilihat pada gambar 4.



Gbr 3. Prototype Aerosolar

Melihat dari prototype yang sudah dibuat, dilakukan pengujian pada masing – masing komponen. Pengujian dilakukan pada hari Rabu, 12 Juni 2024, dilakukan pengujian dari lampu penerangan jalan mulai pukul 18.00 hingga 00.00 WIB. Pengujian ini dilakukan dengan jarak antar beban 6 meter. Pengujian dilakukan pada pembangkit listrik tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid dengan mengukur keluaran pembangkit listrik tenaga bayu (tenaga bayu). energi listrik yang dihasilkan dari putaran turbin yang disambungkan dengan generator. pada generator mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. berikut adalah data hasil

pengujian kecepatan angin, putaran turbin, tegangan generator, serta tegangan dan arus yang tersimpan pada baterai.

B. Pengujian pada tenaga surya

Pada tabel 1. pengujian pada tenaga surya didapat bahwa besar daya terbesar didapat pada jam 11.00 WIB yang dihasilkan dari tenaga surya, sehingga daya bergantung pada nilai intensitas cahaya yang diamati setiap jam sehingga menghasilkan nilai arus dan tegangan yang akan tersimpan ke dalam baterai.

Tabel 1. Pengujian pada tenaga surya

Waktu	Intensitas Cahaya (Cd)	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
09.00	34179,16	13,46	5,05	67,97
10.00	34128,05	13,45	5,15	69,27
11.00	34273,31	13,43	5,20	69,84
12.00	34483,91	13,52	5,06	68,41
13.00	34095,95	13,41	5,05	67,72
14.00	33982,68	13,40	4,25	56,95
15.00	32896,47	12,15	4,20	51,03
16.00	28968,96	8,520	2,35	20,02
17.00	25857,95	6,350	3,31	21,02

Berdasarkan data pada tabel 1. Besarnya intensitas cahaya cenderung mencapai nilai tertinggi pada tengah hari (sekitar pukul 12.00), dengan nilai 34.483,91 Cd. Setelah itu, nilai intensitas menurun secara bertahap, seiring dengan berkurangnya cahaya matahari di sore hari. Pukul 17.00 menunjukkan nilai intensitas terendah yaitu 25.857,95 Cd. Tegangan mencapai puncaknya pada pukul 12.00 dengan nilai 13,52 V, dan menurun drastis pada sore hari hingga mencapai 6,35 V pada pukul 17.00. Penurunan tegangan ini sejalan dengan penurunan intensitas cahaya. Sedangkan besar arus yang dihasilkan panel surya stabil pada pagi hingga tengah hari, berkisar di sekitar 5 A. Namun, setelah pukul 13.00, arus mulai menurun, yang akhirnya mencapai titik

terendah di sore hari (2,35 A pada pukul 16.00).

Dan daya yang dihasilkan oleh panel mengikuti pola serupa dengan intensitas cahaya. Daya mencapai nilai puncak sebesar 69,84 W pada pukul 11.00. Setelah itu, nilai daya perlahan menurun, dengan penurunan tajam setelah pukul 13.00, hingga mencapai 21,02 W pada pukul 17.00. Penurunan daya ini disebabkan oleh menurunnya intensitas cahaya, tegangan, dan arus di sore hari. Berdasarkan tabel hasil pengujian terdapat korelasi positif antara intensitas cahaya dan daya, di mana saat intensitas cahaya meningkat, daya cenderung meningkat, dan begitu pula sebaliknya. Tegangan dan arus juga tampak berhubungan dengan intensitas cahaya, karena keduanya menurun saat intensitas cahaya berkurang di sore hari. Hasil diperoleh bahwa pola data ini menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan daya paling optimal pada pagi menjelang siang, dengan penurunan di sore hari saat intensitas cahaya berkurang.

C. Pengujian pada tenaga bayu

Pada tabel 2. pengujian pada tenaga bayu didapat bahwa besarnya tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari tenaga bayu bergantung pada kecepatan angin yang diamati setiap jam sehingga menghasilkan nilai arus dan tegangan yang akan tersimpan ke dalam baterai.

Tabel 2. Pengujian pada tenaga bayu

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
09.00	1,5	1.20	0,13	0,16
10.00	2,0	1,50	0,17	0,26
11.00	2,3	1,75	0.20	0,35
12.00	1,9	1,45	0,15	0,22
13.00	1,8	1,35	0,14	0,19
14.00	2,0	1,50	0,15	0,23
15.00	1,8	1,35	0,13	0,18
16.00	1,6	1,30	0,13	0,17
17.00	2,0	1,50	0,15	0,23

Hasil pengujian yang didapat pada tabel 2, bahwa kecepatan angin bervariasi sepanjang hari, berkisar antara 1,5 m/s hingga 2,3 m/s. Kecepatan tertinggi tercatat pada pukul 11.00 dengan nilai 2,3 m/s, sementara kecepatan terendah terjadi pada pukul 09.00 dengan nilai 1,5 m/s. Kecepatan angin stabil pada beberapa interval waktu tertentu, misalnya dari pukul 14.00 hingga 17.00 di mana kecepatan bertahan di sekitar 2,0 m/s. Tegangan yang dihasilkan generator juga berfluktuasi sejalan dengan kecepatan angin. Tegangan tertinggi tercatat sebesar 1,75 V pada pukul 11.00 ketika kecepatan angin mencapai nilai maksimal 2,3 m/s. Tegangan cenderung lebih rendah saat kecepatan angin juga rendah, seperti pada pukul 09.00 dengan nilai 1,20 V. Untuk nilai arus yang dihasilkan juga mengikuti pola fluktuasi kecepatan angin dan tegangan. Nilai arus tertinggi tercatat sebesar 0,20 A pada pukul 11.00, ketika kecepatan angin dan tegangan mencapai nilai tertinggi. Pada waktu lainnya, arus relatif stabil antara 0,13 A hingga 0,15 A.

Sedangkan besar daya yang dihasilkan oleh generator menunjukkan pola yang sama dengan kecepatan angin, tegangan, dan arus. Daya tertinggi tercatat sebesar 0,35 W pada pukul 11.00, sedangkan daya terendah sebesar 0,16 W tercatat pada pukul 09.00. Setelah pukul 11.00, daya sedikit menurun dan cenderung stabil di kisaran 0,17 hingga 0,23 W di sepanjang sore. Berdasarkan hasil pengujian terdapat korelasi positif antara kecepatan angin dan daya yang dihasilkan. Ketika kecepatan angin meningkat, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan angin mempengaruhi performa generator angin dalam menghasilkan energi. Berdasarkan pengujian tenaga bayu, data menunjukkan bahwa output generator angin optimal saat kecepatan angin lebih tinggi, dengan nilai maksimum daya terjadi pada pukul 11.00. Penurunan kecepatan angin setelah pukul 11.00 berbanding lurus dengan penurunan daya yang dihasilkan. Output generator angin sangat bergantung pada fluktuasi kecepatan angin di sepanjang hari.

D. Pengujian pembangkit listrik tenaga hybrid

Setelah dilakukannya pengujian pada tenaga surya dan tenaga bayu maka dapat dilihat hasil pengujian dari Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid.

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Pengujian Pada Beban

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	18.00	13,2	2,6	34,32
2	19.00	13,2	2,6	34,32
3	20.00	13,2	2,6	34,32
4	21.00	13,2	2,6	34,32
5	22.00	13,2	2,6	34,32
6	23.00	13,2	2,6	34,32
7	00.00	13,2	2,6	34,32

Hasilnya yang diperoleh pada tabel 3. menunjukkan rata-rata pemakaian daya sebesar 34,32 watt selama beban bekerja. Dengan waktu yang sama, tegangan yang terukur adalah 13,2 volt dan arus yang terukur pada beban adalah 2,6 volt. Pada pengujian ini kita menggunakan dua buah lampu DC dengan spesifikasi daya lampunya adalah 30 watt.

E. Analisa hasil pengujian kondisi tracker nonaktif

Setelah dilakukannya pengujian dan pengolahan data, bahwa hasil pengujian dari prototipe dapat diterapkan dan telah dilakukan pengujian kepada gang yang membutuhkan penerangan jalan umum. Dan sudah diterapkan menggunakan dua buah lampu DC dengan spesifikasi daya lampunya adalah 30 watt. Namun, perlu ditingkat tegangan dikarena ukuran turbin yang kecil, tegangan yang dihasilkan oleh generator juga rendah, sehingga pengisian baterai dari PLTB tidak maksimal, dengan tegangan rata-rata sebesar 1,433 Volt. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembaruan pada generator dan turbin angin agar dapat menghasilkan tegangan yang optimal. Pada baterai, menggunakan baterai lithium dengan spesifikasi 12 Volt 100 Ah. Kapasitas baterai ini terlalu besar menyebabkan waktu pengisian penuh menjadi lebih lama dan kurang efisien.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi mendalam terhadap baterai yang digunakan. Evaluasi ini meliputi analisis terhadap kebutuhan daya, durasi pengisian, serta efisiensi energi.

V. KESIMPULAN

AeroSolar merupakan teknologi yang memanfaatkan energi terbarukan dengan menggabungkan energi surya dan angin. Prototipe ini mengatasi kelemahan solusi angin terdistribusi lainnya dengan ukuran besar yang dapat menangkap lebih banyak angin dan tidak memiliki bagian eksternal yang bergerak, sehingga aman dipasang di gang-gang kecil. Kombinasi dengan panel surya memungkinkan tenaga angin menghasilkan listrik saat tenaga surya berkurang, sehingga menjadi solusi yang ideal untuk penerangan ramah lingkungan di gang-gang kecil. Prototipe AeroSolar mengkombinasikan energi angin dan surya untuk menyediakan penerangan ramah lingkungan di gang-gang kecil. Teknologi hibrid ini menghasilkan listrik secara berkelanjutan dan efisien.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis menggunakan sistem hybrid AeroSolar, yang menggunakan teknologi aerofoil dan panel surya terintegrasi dengan rata-rata pemakaian daya sebesar 34,32 watt selama beban bekerja. Dengan waktu yang sama, tegangan yang terukur adalah 13,2 volt dan arus yang terukur pada beban adalah 2,6 ampere menjadi solusi efektif untuk menghasilkan energi listrik secara efisien dan berkelanjutan di gang-gang kecil. Prototipe AeroSolar dapat ditingkatkan efisiensinya dengan kondisi perkotaan yang padat.

Pengembangan ide dapat dikembangkan dengan meningkatkan efisiensi panel surya dan turbin angin dengan penyesuaian desain terhadap lingkungan. Dukungan pemerintah dan masyarakat, serta kemajuan teknologi dapat mendorong penyebaran serta pemeliharaan dari sistem ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada simbelmawa kemdikbudristek atas pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa

Tahun 2024 untuk skim PKM-KC, sehingga alat ini dapat diuji dan diselesaikan, hasil yang diperoleh dapat ditulis dalam bentuk artikel, taklupa penulis mengucapkan terima kasih kepada ITPLN, tim PKM KC serta pihak-pihak yang terlibat dalam pengujian, ini dan semua pihak yang telah meluangkan waktu sehingga artikel ini dapat diselesaikan.

REFERENSI

- [1] Abiyasa, A.P., Wiguna, I.K.A. and Dewi, I.G.A.W.K. 'Desain Instrumen Smart System Berteknologi IoT dan Hybrid Power', TIERS Information Technology Journal, 2(2), pp. 10–15, 2021. <https://doi.org/10.38043/tiers.v2i2.3315>.
- [2] Anantoa, R.A., Hidayat, M.N. and Wardana, M.A.I. 'Perencanaan dan Analisis Pembangkit Listrik Hybrid PLTS 4x50 Wp dan PLTB Tipe Darrieus Kapasitas 100 Watt', Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, 9(2), pp. 81–86, 2023. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i2.622>.
- [3] Hidayanti, D. and Dewangga, G. 'Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya', Eksergi, 15(3), p. 93, 2020, <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1784>.
- [4] Nasution, M. 'Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik', Journal of Electrical Technology, 6(1), pp. 35–40, 2021.
- [5] PT. PLN (Persero) 'Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030.', Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030, pp. 2019–2028.
- [6] Wiliani, N., Sani, A. and Andyanto, A.T. 'Klasifikasi Kerusakan Dengan Jaringan Syaraf Backpropagation Pada Permukaan Solar Panel', JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer), 5(1), pp. 89–94, 2019. <https://doi.org/10.33480/jitk.v5i1.662>.
- [7] Makkulau, A., Samsurizal, S., & Fikri, M. Pengaruh intensitas matahari terhadap karakteristik sel surya jenis polycrystalline menggunakan regresi linear. *Kilat* 10(1), 69–71, 2021. <https://doi.org/10.33322/kilat.v10i1.994>
- [8] Samsurizal, S., Azzahra, S., Fikri, M., Azis, H., & Yogiarto, A. Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya. *TERANG*, 4(1), 125–135, 2021.

- [9] Hafez, A. Z., Yousef, A. M., & Harag, N. M. Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 754-782, 2018
- [10] Hafez, A. Z., Yousef, A. M., Soliman, A., & Ismail, I. M. A comprehensive review for solar tracking systems design in Photovoltaic cell, module, panel, array, and systems applications. In *2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)(A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC)* (pp. 1188-1193). IEEE. 2018.
- [11] Fardani, M. I. M. *Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel*, 2018.
- [12] Samsurizal, S., Awaluddin, M., & Azzahra, S. Pemantauan dan Kontrol Otomatis Efisiensi Sel Surya melalui Simulasi Solar Tracker dengan Mikrokontroler. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 18(3), 342-347, 2024.