

**“PROTOTYPE PLTB TURBIN VERTIKAL SAVONIUS-DARRIEUS
DENGAN MODUL CHARGER DAN MONITORING
BERBASIS IOT”**

Rivan Daniel Malau¹, Catra Indra Cahyadi², Ferry Budi Cahyono³

Politeknik Penerbangan Medan, Medan

e-mail: ¹rivandanielmalau@gmail.com, ²catraindracahyadi@gmail.com,

³ferrybudipoltek@gmail.com

Abstract: Promotion is an activity carried out to convey, disseminate, and offer products, so that potential consumers are interested in buying. In the implementation of the promotion, CV. Pentaland Jaya abadi uses website media and brochures that still contain 2-dimensional images and information about housing so that potential consumers are less interested because consumers cannot see the exterior and interior shapes directly. Potential consumers usually get brochures through project locations that are still under construction, after that contact the marketing department. One way to solve this problem can be to use augmented reality technology with the appropriate development method is the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) which includes Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, and Distribution so that this research can produce an android-based augmented reality application that can display 3 dimensional virtual shapes from 3 housing estates including calista haus, grand ayahanda residence and calista homey. From each housing produces 3 dimensional objects on the exterior and interior so that it can provide interest in buying house objects and in addition to that it also helps in the marketing department in promoting housing objects without the need to show many miniatures that require time and also large places.

Keywords: Wind Power Plant, Internet of Things, Blynk, ESP32, Charging Module.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototipe PLTB turbin vertikal tipe Savonius–Darrieus yang dilengkapi modul charger dan sistem monitoring berbasis Internet of Things untuk mendukung pembelajaran energi terbarukan. Sistem ini menggunakan generator DC 12–24 V, baterai lithium 12 V, serta mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor INA219, sensor tegangan, dan sensor RPM berbasis IR. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD dan dikirim secara real-time ke platform Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Pengujian menunjukkan prototipe mampu menghasilkan tegangan tanpa beban 24 V dan berbeban 12 V, dengan arus maksimum 1,3 mA serta daya listrik 4,0 mW, sementara daya angin teoritis mencapai 9,68 W. Koefisien daya tertinggi tercatat 0,00041 dengan efisiensi konversi 0,041%. Hasil ini membuktikan bahwa integrasi turbin angin vertikal hybrid, modul charger, dan IoT dapat diterapkan secara efektif meskipun kapasitas daya masih rendah dan memerlukan perbaikan desain untuk peningkatan performa.

Kata kunci: PLTB, Internet of Things, Blynk, ESP32, Modul Charger.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) memiliki potensi signifikan. Energi angin dikonversi dari energi kinetik menjadi gerakan rotor (baling-

baling), lalu diubah menjadi energi listrik (Sarante,2024). Proses konversi energi ini melibatkan penggunaan turbin angin yang mengubah energi kinetik menjadi gerakan mekanis pada turbin yang memutar generator hingga menghasilkan energi listrik (Wicaksani & Nurpulaela, 2023)

Umumnya penggunaan turbin angin PLTB masih menggunakan turbin konvensional, turbin angin ini membutuhkan kecepatan angin yang stabil hingga kecepatan minimal 7 m/s untuk dapat berputar secara optimal. Berdasarkan Badan Litbang ESDM melalui P3TKEBTKE, kecepatan angin rata-rata di Indonesia adalah sebesar 4-6 m/s (Balai Besar Survei dan Pengujian Ketenagalistrikan, 2021). Jenis turbin konvensional ini dinilai kurang efektif untuk wilayah Indonesia yang hanya memiliki rerata angin 4-6 m/s. Jenis turbin konvensional memerlukan lahan yang luas, struktur turbin angin yang tinggi, serta harga pemasangan turbin yang relatif mahal dan belum optimal.

Namun turbin *vertikal* konvensional pun memiliki kekurangan. Turbin *Savonius* memang mampu berputar pada angin lemah (*self-starting*), tetapi efisiensinya rendah. Sementara turbin *Darrieus* lebih efisien namun tidak dapat berputar sendiri pada awal proses kerja/ *starting* sehingga membutuhkan komponen tambahan dalam penggunaannya. Penelitian ini menggabungkan penggunaan turbin angin berjenis *Savonius* dan *Darrieus* yang diharapkan dapat mengoptimalkan pemanfaatan serapan energi angin. Untuk mendukung pengoptimalan pemanfaatan energi angin dalam sistem PLTB, maka inovasi terbaru turbin angin *vertikal* tipe *hybrid* yang memadukan turbin angin *Savonius* dan *Darrieus*. Dengan pemanfaatan turbin *hybrid* ini, diharapkan menjadi menjadi solusi yang lebih baik karena mampu bekerja efektif pada kecepatan angin rendah, *self-starting* nya lebih baik dan memiliki koefisien daya yang lebih tinggi sehingga tercapai pemanfaatan energi angin yang baik (Suprpto, 2025)

Pentingnya sistem pemantauan dan pengelolaan dari energi yang dihasilkan oleh turbin angin yang terhubung dengan generator, sehingga menghasilkan tegangan listrik sesuai dengan kecepatan putaran turbin. Untuk menjaga kualitas daya dan memastikan pemanfaatan energi

lebih optimal, prototipe ini dilengkapi dengan modul charger. Modul ini memastikan pengisian baterai dilakukan dengan cara yang optimal, mencegah terjadinya *overcharging* yang dapat merusak baterai dan mengurangi masa pakainya (Cahyadi et al., 2020) dengan teknologi *real time* untuk memantau kondisi turbin dan penggunaan energi secara *real-time*, untuk mengetahui performa sistem berdasarkan tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh generator

METODE

Metode penelitian digunakan untuk memperoleh informasi dan data yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Data yang dikumpulkan dapat berasal dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel, tesis, buku, koran, dan lain-lain. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan tujuan menghasilkan produk, yakni metode *Research and Development* (R&D) dengan metode pendekatan penelitian ADDIE. Tahap *analyze* dilakukan dengan menganalisis permasalahan terhadap pemanfaatan energi terbarukan yang belum dimanfaatkan dengan optimal khususnya energi baru, energi angin dengan sumbu vertikal. Selanjutnya, pada tahap *design* disusun kerangka dan diagram blok alat sebagai dasar rancangan prototipe ini. Tahap *development* merealisasikan desain menjadi produk nyata menyempurnakan, dan memvalidasi produk secara sistematis (Sugiyono, 2020) kemudian tahap *implementation* dilakukan melalui uji coba alat untuk memperoleh data kinerja. Tahap terakhir yaitu *evaluation*, di mana hasil uji coba dan respon pengguna dievaluasi untuk menilai efektivitas serta perbaikan produk (Latip, 2022).

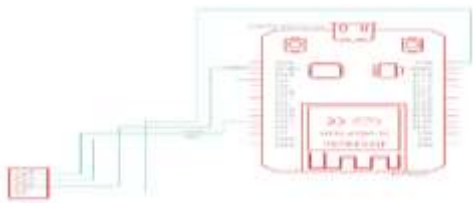
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Perangkat Keras

Perangkat keras (hardware) merupakan komponen utama yang mendukung proses kerja sistem prototipe PLTB Savonius-Darrieus. Pada tahap ini, berbagai komponen fisik dirancang, dipilih, dan dirakit untuk membentuk sistem pembangkit listrik tenaga bayu yang dapat mengisi baterai serta terintegrasi dengan pemantauan berbasis Internet of Things (IoT). Adapun perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

Rangkaian Liquid Crystal Display

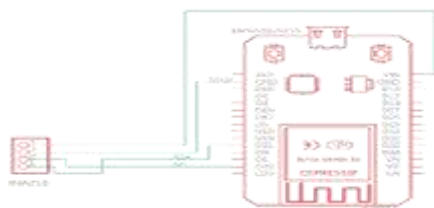
LCD atau Liquid Crystal Display, alat ini berfungsi sebagai alat untuk menampilkan hasil tegangan, arus, daya dan kecepatan angin, dengan tujuan untuk memudahkan penulis dalam pengambilan data.



Gambar 1 Wiring LCD dengan ESP32

Rangkaian Sensor Arus INA 219

Sensor INA219 digunakan untuk mengukur arus hingga 3,2 A dan tegangan sampai 26 VDC dengan presisi $\pm 1\%$. Melalui komunikasi I2C, sensor ini juga dapat menghitung daya listrik hingga 75 W sehingga memudahkan pemantauan konsumsi energi secara real-time.

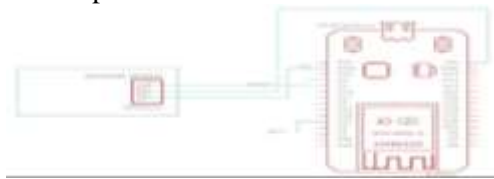


Gambar 2 Rangkaian INA 219 dengan ESP32

Rangkaian Sensor Speed

Sensor infrared (IR) bekerja dengan prinsip deteksi pantulan cahaya inframerah dari objek yang bergerak. Sensor ini digunakan untuk menghitung kecepatan putaran turbin (RPM), yang

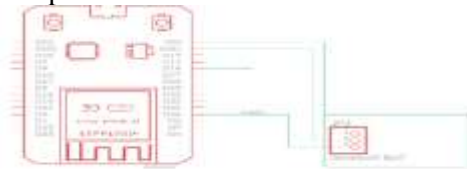
bergantung dengan akurasi yang dipengaruhi oleh jarak dan sudut deteksi terhadap rotor.



Gambar 3 Rangkaian Sensor Speed

Rangkaian Sensor Baterai

Voltage sensor berfungsi memantau tegangan baterai secara real-time. Prinsip kerjanya menggunakan pembagi tegangan, sehingga nilai tegangan tinggi dari baterai diturunkan agar aman dibaca oleh pin mikrokontroler ESP32



Gambar 4 Rangkaian Sensor Baterai

Stepup MT- 3608

Modul step-up MT3608 digunakan untuk menaikkan tegangan DC yang mulai turun akibat pemakaian baterai. Dengan adanya modul ini, suplai ke ESP32 tetap stabil meskipun tegangan input berfluktuasi.

Pembuatan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada penelitian ini berfungsi sebagai sistem kendali utama dalam monitoring hasil dari prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Perangkat lunak ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++, yang terpasang pada mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak yang disertakan dengan Arduino IDE memungkinkan pengguna melakukan pemrograman (Panchal et al., 2020).

Template disusun secara paralel, prototipe PLTB disusun dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, antara lain turbin angin vertikal tipe Savonius dan Darrieus, generator DC, sensor INA219 untuk pengukuran arus

toleransi dari spesifikasi 5 VDC, sehingga sensor berfungsi optimal dalam menampilkan data tegangan dan arus serta mengirimkannya secara real-time ke aplikasi Blynk melalui ESP32.

Pengujian Perangkat Lunak

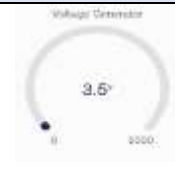



Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk dapat memastikan sistem PLTB beroperasi secara optimal dalam memantau parameter prototipe. Fokus uji meliputi Arduino IDE sebagai lingkungan pemrograman dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring IoT.


1. Pengujian Arduino IDE dilakukan untuk memastikan kode program pada ESP32 berjalan tanpa error. Proses penulisan, verifikasi, dan kompilasi meliputi pengaturan sensor INA219, sensor IR, LCD I2C, serta komunikasi dengan Blynk. Hasil uji menunjukkan program berhasil dikompilasi dan diunggah ke ESP32 tanpa

kesalahan, menandakan integrasi software dan hardware berjalan baik.

2. Pengujian Blynk dilakukan untuk memverifikasi tampilan data real-time dari ESP32 melalui koneksi WiFi dengan token autentikasi. Parameter yang dipantau meliputi tegangan, arus, daya, RPM, dan tegangan baterai. Hasil uji menunjukkan data pada dashboard Blynk sesuai dengan tampilan LCD, sehingga aplikasi berfungsi optimal untuk monitoring jarak jauh. Semua data antara LCD dan Blynk menunjukkan sinkronisasi yang baik, dengan perbedaan sangat kecil dan masih dalam batas toleransi sistem monitoring berbasis mikrokontroler. Sistem berhasil menjalankan tugasnya dalam menyampaikan data sensor ke dua platform tampilan secara real-time dan akurat.

Tabel 1 Pengujian Perangkat Lunak

No	Nama Sensor	Parameter yang Dipantau	Nilai di LCD	Nilai di Blynk	Status Sinkronisasi	Ket	Tampilan
1	INA219	Tegangan Generator (V)	3,40 V	3.5V	Sinkron	Perbedaan kecil ini masih dalam batas toleransi	
2	INA219	Arus Output (A)	1.4m A	1.3 mA	Sinkron	Perbedaan kecil ini masih dalam batas toleransi	
3	INA219	Daya Listrik (W)	4.0 mW	4,0 mW	Sinkron	Sesuai	
4	Sensor IR	Putaran Turbin (RPM)	2557, 4 RPM	2667 RPM	Sinkron	Terdapat sedikit variasi akibat delay pengiriman data,	

5	Voltage Sensor	Tegangan Baterai (V)	2,7 V	2.7 V	Sinkron	Sesuai	
---	----------------	----------------------	-------	-------	---------	--------	---

Semua data antara LCD dan Blynk menunjukkan sinkronisasi yang baik, dengan perbedaan sangat kecil dan masih dalam batas toleransi sistem monitoring berbasis mikrokontroler. Sistem berhasil menjalankan tugasnya dalam menyampaikan data sensor ke dua platform tampilan secara real-time dan akurat.

c. Pengujian Integrasi Sistem bertujuan memastikan seluruh software dan hardware PLTB bekerja terpadu. Perangkat keras meliputi sensor INA219

(tegangan dan arus), sensor IR (RPM), sensor pembagi tegangan (baterai), serta LCD I2C 20x4 sebagai penampil data. Semua input diproses ESP32 dan dikirim real-time ke aplikasi Blynk melalui WiFi. Integrasi dilakukan bertahap, dari uji komponen individu hingga sistem utuh, dengan ESP32 sebagai pusat kendali yang mengolah sensor, menampilkan hasil pada LCD, dan mengirim data ke dashboard Blynk berbasis IoT.

Tabel 2 Pengujian Integrasi Sistem

No. Uji	Rpm Blynk	Output Sensor	Nilai Lcd	Nilai Blynk	Kesesuaian Data	Keterangan
1	SENSOR INA	12.5V, 2.0mA	12.48V, 2.03mA	12.48V, 2.03mA	Sesuai	Sensor INA berfungsi baik menampilkan tegangan & arus secara real-time
2	TEG. DC	2,8 V	2,9	2,8	Sesuai	Tegangan output DC dari generator terpantau stabil
3	SENSOR IR	-	1570	1570	Sesuai	Sensor IR mampu membaca putaran turbin dengan akurat

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat terintegrasi dengan baik. Data yang diperoleh dari sensor secara konsisten berhasil diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD serta dikirim ke platform Blynk tanpa keterlambatan yang signifikan. Dengan demikian, sistem monitoring prototipe PLTB ini terbukti dapat bekerja secara efektif dan dapat dijadikan sebagai salah satu media pembelajaran dalam penerapan teknologi monitoring energi terbarukan berbasis

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem keseluruhan akan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja prototipe PLTB vertikal tipe Savonius-Darrieus, terutama pada aspek monitoring dan pembacaan data berbasis IoT. Komponen utama yang diuji mencakup sensor INA219 (tegangan, arus, dan daya listrik), sensor IR (putaran turbin/RPM), serta output data melalui LCD I2C dan aplikasi Blynk sebagai media pemantauan jarak jauh.

Tabel 3 Hasil Pengujian Keseluruhan Prototipe

No. Uji	Rpm Turbin Lcd	V Gen Lcd	I Gen Lcd	P. Gen Lcd	V Gen Multi	Keterangan
1	2089	2.70	1.3mA	4.0 mW	2.757 V	Nilai tegangan sesuai, selisih 0.057 V (akurasi baik)
2	2644	3.40 V	1.3mA	4.0 mW	3.40 V	Tegangan sama persis, akurasi sangat baik
3	2679	2.99 V	2.6mA	6.0 mW	3.01 V	Selisih 0.02 V, pembacaan valid
4	2744	3.07V	2.1mA	6.0 mW	3.05 V	Selisih 0.02 V, pembacaan stabil
5	2770	3.13 V	2.8mA	10 mW	3.17 V	Selisih 0.04 V, akurasi cukup tinggi
6	2780	3.24 V	2.1mA	6.0 mW	3.20 V	Selisih 0.04 V, akurasi baik dan konsisten

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh elemen sistem telah terintegrasi dengan baik. Sensor IR mampu mendeteksi putaran turbin dan menampilkan nilai RPM secara real-time pada LCD, sedangkan sensor INA219 memberikan hasil pengukuran yang akurat dengan selisih tegangan terhadap multimeter hanya 0,02–0,05 V, masih dalam batas toleransi. Parameter arus dan daya juga menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya RPM, sehingga sistem terbukti mampu merespons perubahan kondisi secara dinamis. Selain itu, data listrik yang diperoleh (tegangan, arus, dan daya) berhasil ditransmisikan melalui modul ESP32 ke aplikasi Blynk dengan koneksi WiFi. Hal ini membuktikan bahwa fitur monitoring berbasis IoT berjalan optimal, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time dengan menggunakan perangkat seluler. Dengan demikian, prototipe PLTB telah berfungsi dengan baik dalam mendeteksi, mengukur, menampilkan, dan mengirimkan data hasil konversi energi angin.

SIMPULAN

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang memiliki sumbu

vertikal tipe Savonius–Darrieus berhasil dirancang dengan menggabungkan keunggulan kedua jenis turbin, yaitu Savonius yang mampu menghasilkan torsi awal pada kecepatan angin rendah dan Darrieus yang optimal pada kecepatan angin tinggi. Kombinasi ini membuat prototipe PLTB dapat bekerja lebih stabil dan efisien pada berbagai kondisi kecepatan angin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin besar pula nilai tegangan dan arus yang dihasilkan karena peningkatan putaran turbin yang berdampak langsung pada keluaran generator. Selain itu, sistem PLTB ini dirancang berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke platform Blynk. Data dari sensor INA219, sensor tegangan analog, dan sensor IR diolah oleh ESP32 untuk menghitung tegangan, arus, daya, serta RPM secara real-time, kemudian ditransmisikan melalui koneksi Wi-Fi ke aplikasi Blynk. Nilai-nilai tersebut ditampilkan dalam bentuk gauge maupun grafik sehingga dapat dipantau melalui smartphone secara jarak jauh. Dengan adanya integrasi IoT ini, sistem tidak hanya memudahkan pengawasan kinerja PLTB, tetapi juga memungkinkan deteksi gangguan lebih cepat serta penyimpanan data historis untuk analisis efisiensi turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, C. I., Gusti, I., Ayu, A., Oka, M., Kusyadi, D., Penerbangan, P., Sucipto, P. J. A., 3012 Sukodadi, N., Sukarami, K., Selatan, S., & Id, I. C. A. (2020). Efisiensi Recharger Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Edu ElektriKa Journal*, 9(2), 61–65.
- Indra Cahyadi, C., Gusti Agung Ayu Mas Oka, I., Kusyadi, D., Penerbangan Palembang Jl Adi Sucipto No, P., Kecamatan Sukarami, S., & Sumatera Selatan, P. (2020). Efektifitas Kinerja Solar Cell Pada Plts Dengan Sumber 50Wp. *Jurnal Teknovasi*, 07, 47–56.
- Jusuf Sarante, ST, M, S. /Anali. P. N. M. D. D. P. K. (2024). *Mendukung Pertahanan Negara*. 13. <https://www.kemhan.go.id/poahan/w-p-content/uploads/2024/06/Energi-Baru-dan-Terbarukan.pdf>
- Latip, A. (2022). *PENERAPAN MODEL ADDIE DALAM PENGEMBANGAN*. 2, 102–108.
- Panchal, A., Jadhav, D., & Aspalli, S. P. (2020). *IOT HOME AUTOMATION USING ESP8266 WITH VOICE COMMANDS OF HINDI LANGUAGE*. 08, 814–819.
- Setiyo, S., Cahyadi, C. I., Saputra, W., Sudjoko, R. I., & Faizah, F. (2023). Prototype Pengaturan Sistem Kontrol Otomasi Fuel Treatment Tangki Fuel Harian Dari Tangki Bulanan Genset Pada Power Station Bandar Udara. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(1), 55–64. <https://doi.org/10.33369/jkf.6.1.55-64>
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.
- Suprpto, M. (2025). *ANALISIS TURBIN ANGIN VERTIKAL HYBRID SAVONIUS BERTINGKAT DAN DARRIEUS TIPE H-ROTOR*. 7(2), 59–64.
- Wicaksani, E., & Nurpulaela, L. (2023). Perancangan Aplikasi Sistem Monitoring Arus, Tegangan Dan Daya Berbasis Internet of Things (Iot). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 1907–1912.