

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 46-53

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
Fakultas Teknik Dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Jl. Dukuh Menanggal XII No. 4 Surabaya, Indonesia
email: smith12ezra@gmail.com, sagita@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan energi listrik, terutama untuk telepon seluler, menimbulkan tantangan baru dalam penyediaan sumber energi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun turbin angin portabel tipe Savonius dengan daya keluaran 100 watt, yang dapat digunakan sebagai solusi pengisian daya telepon seluler di daerah terpencil. Turbin angin tipe Savonius dipilih karena kemampuannya beroperasi pada kecepatan angin rendah, serta desainnya yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan daya maksimum 100 watt pada kecepatan angin rata-rata 2-3 m/s. Dengan desain yang portabel, turbin angin ini berpotensi menjadi solusi energi terbarukan yang praktis dan ramah lingkungan untuk kebutuhan pengisian daya di berbagai lokasi. Kata kunci: PLTB, Telepon Seluler, Turbin Angin, Listrik.

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy, especially for mobile phones, poses new challenges in providing sustainable energy sources. This research aims to design and build a portable Savonius-type wind turbine with an output power of 100 watts, which can be used as a mobile phone charging solution in remote areas. The Savonius-type wind turbine was chosen because of its ability to operate at low wind speeds, as well as its simple and easy-to-implement design. Test results show that this system is capable of producing a maximum power of 100 watts at an average wind speed of 2-3 m/s. With its portable design, this wind turbine has the potential to be a practical and environmentally friendly renewable energy solution for charging needs in various locations.

Keywords : PLTB, Cellular Telephone, Wind Turbine, Electricity.

PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, telepon seluler telah berkembang menjadi perangkat multifungsi dalam kehidupan sehari-hari. Tidak hanya digunakan untuk komunikasi melalui panggilan dan pesan, telepon seluler juga menjadi alat utama untuk mengakses internet, bekerja secara jarak jauh, berbelanja daring, hingga menjalankan aplikasi berbasis kecerdasan buatan. Telepon seluler kini dilengkapi dengan berbagai fitur canggih, seperti kamera beresolusi tinggi, konektivitas nirkabel, dan kapasitas penyimpanan yang besar. Namun, kompleksitas fitur ini juga membuat telepon seluler sangat bergantung pada daya baterai yang cukup besar ^[1].

Ketahanan energi dunia sekarang menunjukkan penurunan khususnya energi fosil. Di masa depan kebutuhan energi semakin besar, hal ini disebabkan laju pertumbuhan jumlah penduduk. Jika tidak ditemukan alternatif energi baru maka akan terjadi krisis energi. Beberapa tempat di Indonesia sudah mengalami krisis energi yang parah, sehingga pemadaman listrik sering terjadi khususnya di luar pulau Jawa (DESDM, 2005). Dalam upaya mencari solusi yang berkelanjutan, energi terbarukan menjadi pilihan utama. Salah satu jenis energi terbarukan yang menjanjikan adalah energi angin. Pemanfaatan energi angin diperlukan alat yang dapat mengkonversi energi angin sehingga menghasilkan tenaga atau kerja yang dapat dimanfaatkan oleh manusia ^[2].

Menurut laporan Global Wind Energy Council (GWEC) tahun 2023, kapasitas energi angin dunia telah mencapai lebih dari 850 GW, dengan pertumbuhan tahunan rata-rata 10% selama dekade terakhir. Di Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan garis pantai sepanjang 81.000 km, memiliki potensi besar untuk pengembangan energi angin, khususnya di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Studi Kementerian

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 46-53

Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat bahwa potensi energi angin di Indonesia mencapai 60 GW, dengan kecepatan angin rata-rata 3-6 m/s di sebagian besar wilayah. Menggabungkan telepon seluler dengan sumber daya dari energi angin membuka peluang untuk menciptakan solusi energi yang mandiri dan berkelanjutan. Hal ini sangat bermanfaat dalam situasi seperti berkemah, perjalanan jauh, atau bahkan untuk kebutuhan darurat di daerah yang terkena bencana alam, di mana sumber listrik sering kali terganggu.

Berdasarkan penelitian tersebut kincir angin jenis ini dapat memanfaatkan kecepatan angin dari berbagai arah dan mudah dikonversi menjadi energi listrik. Pada penelitian yang dilakukan ^[3] menunjukkan pengaruh celah fin, sudut kemiringan fin dan celah sudu terhadap kinerja turbin angin savonius tipe-V. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fin berpengaruh terhadap kecepatan putaran angin. Dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, komponen utama yang berperan dalam menghasilkan listrik adalah generator. Generator berfungsi mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran bilah turbin menjadi energi listrik. Pemilihan jenis generator yang tepat, seperti generator tipe dinamo atau brushless DC (BLDC), sangat menentukan efisiensi dan kestabilan daya listrik yang dihasilkan, terutama untuk kebutuhan pengisian smartphone yang memerlukan arus dan tegangan stabil ^[4].

Melalui pengembangan pembangkit listrik tenaga angin tipe VAWT dengan daya sebesar 100 Watt, diharapkan dapat menghadirkan solusi alternatif dalam penyediaan energi untuk pengisian daya smartphone secara mandiri tanpa bergantung sepenuhnya pada pasokan listrik dari jaringan PLN. Hal ini tidak hanya membantu mengurangi konsumsi energi berbasis fosil, tetapi juga menjadi langkah kecil dalam mendukung upaya transisi menuju energi berkelanjutan. Dan penelitian ini dilakukan dapat memaksimalkan daya yang dihasilkan dan dapat dibangun dengan mudah agar tidak hanya dipakai di satu tempat.

METODE PENELITIAN

A. Metode Analisa Data

Metode analisis data berfokus pada evaluasi performa kincir angin, efektivitas generator, dan kesesuaian output listrik dengan kebutuhan pengisian daya smartphone. Berikut adalah langkah-langkah metode analisisnya:

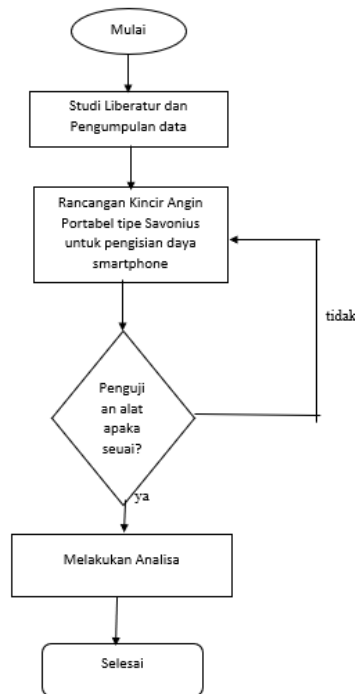
1. Analisis Kecepatan Angin terhadap Daya yang Dihasilkan
Menggunakan grafik hubungan kecepatan angin terhadap daya listrik untuk menentukan efisiensi sistem. Persamaan yang digunakan:
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$$

di mana:
P = daya yang dihasilkan (W),
 ρ = densitas udara (kg/m^3),
A = luas penampang rotor (m^2),
v = kecepatan angin (m/s),
Cp = koefisien daya kincir.
2. Efisiensi generator pada berbagai kondisi kecepatan angin
Dalam analisis ini peneliti menghitung daya mekanik dari putaran (RPM) dan torsi, sedangkan daya listrik diukur dari generator.

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 46-53

B. Alur Penelitian

Perancangan kincir angin portabel tipe savonius untuk pengisian daya smartphone adalah sebagai berikut :



GAMBAR 1. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur terlebih dahulu. Studi literatur ini berarti mencari, mengumpulkan, membaca berbagai referensi yang berhubungan dengan permasalahan penelitian yang ada. Proses merancang atau mendesain alat berdasarkan data yang sudah dikumpulkan dan sesuai yang diinginkan. Pengujian alat untuk menganalisa apakah adanya kemungkinan kesalahan yang ada Analisa data dilakukan untuk bertujuan mengumpulkan informasi terkait hasil pengujian yang telah dilakukan.

C. Variabel dan Defenisi Operasional Variabel

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi, faktor-faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diobservasi atau diamati. Antara lain kecepatan angin yang diterima oleh kincir angin savonius dan diukur dalam satuan (m/s).

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor – faktor yang diobservasi untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Antara lain daya yang dihasilkan, tegangan yang dihasilkan, dan arus yang dihasilkan.

TABEL 1. Variabel Terikat

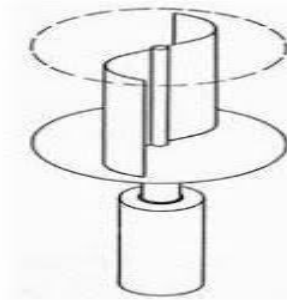
No	Nama Variabel	Definisi Operasional	indikator
1	Kecepatan angin	Kecepatan angin yang diterima oleh kincir angin savonius	m/s
2	Desain kincir angin\salah	Modifikasi bilah kincir angin savonius	Dimensi& Bentuk

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 46-53

3	Efisiensi generator salah	Kemampuan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik	Volt, Ampere, Watt
4	Daya yang dihasilkan	Energi listrik yang dihasilkan	Watt
5	Waktu pengisian daya	Lama waktu pengisian daya	Menit / Jam

D. Model Kincir Angin Savonius

Kincir tipe Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari sudut sudut setengah silinder ^[5]. Pada perkembangannya kincir angin model Savonius ini banyak mengalami perubahan bentuk rotor.



GAMBAR 2. Kincir Angin Savonius

Kelebihan kincir angin tipe savonius adalah :

1. Mudah dirancang dan dibangun dengan bahan yang terjangkau
2. Dapat digunakan untuk aplikasi skala kecil, seperti pengisian daya smartphone
3. Tidak terlalu terpengaruh oleh turbulensi, menjadikannya cocok untuk daerah dengan kondisi angin tidak menentu.

Kekurangan kincir tipe savonius adalah :

1. Karena bekerja berdasarkan gaya seret, efisiensi energi konversinya lebih rendah dibandingkan turbin angin tipe gaya angkat seperti Darrieus
2. Rotasinya lambat, sehingga menghasilkan daya yang lebih kecil dibandingkan turbin lain dengan ukuran yang sama.
3. Untuk menghasilkan daya besar, kincir Savonius memerlukan dimensi yang lebih besar, yang dapat menjadi kendala di area terbatas

E. Potensi Angin

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling banyak dimanfaatkan. Angin dapat digunakan untuk menghasilkan listrik melalui turbin angin. Energi angin tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat dihasilkan tanpa menambah emisi karbon yang berbahaya bagi lingkungan. Menurut ^[6], energi angin memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai alternatif sumber energi, terutama di daerah-daerah yang tidak memiliki akses ke jaringan listrik konvensional. Angin diberi nama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut menuju ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki gunung.

Angin lokal disebabkan perbedaan tekanan lokal dan juga dipengaruhi topography, gesekan permukaan disebabkan gunung, lembah, dan lain- lain. Variasi harian disebabkan perbedaan temperatur antara siang dan malam. Perbedaan temperatur daratan dan lautan juga mengakibatkan angin sepoi-sepoi, bagaimanapun angin tidak mengalir sangat jauh di daratan ^[7]. Arah angin adalah arah dari mana angin berhembus atau dari mana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah putaran jarum jam dan

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal Qua Teknik, (2026), 16 (1): 46-53

dimulai dari titik udara bumi. Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per jam maupun dalam meter per detik.

F. Pemilihan Generator

Generator arus searah adalah generator listrik yang menghasilkan arus searah. Ditemukannya fenomena induksi elektromagnetik merupakan awal sejarah perancangan generator arus searah. Generator arus searah bekerja dengan cara menghasikan gaya gerak listrik induksi yang hanya bergerak ke satu arah. Komponen utama dari generator arus searah adalah komutator atau cincin belah. Pada generator arus searah berlaku hukum induksi Faraday. Bagian generator arus searah memiliki lilitan penghantar pada rotor yang berputar. Kutub magnet yang ada pada stator menimbulkan garis-garis gaya medan magnet di sekitarnya. Perputaran rotor terjadi di dalam medan magnet yang muncul dari kumparan penghantar listrik.

Gaya gerak listrik dan tegangan listrik induksi timbul ketika kumparan diputar hingga memotong garis-garis gaya medan magnet. Kondisi yang sama berlaku pada garis-garis medan magnet yang diputar pada kumparan yang diam. Arah arus listrik yang dihasilkan mengikuti kaidah tangan kanan ^[8].

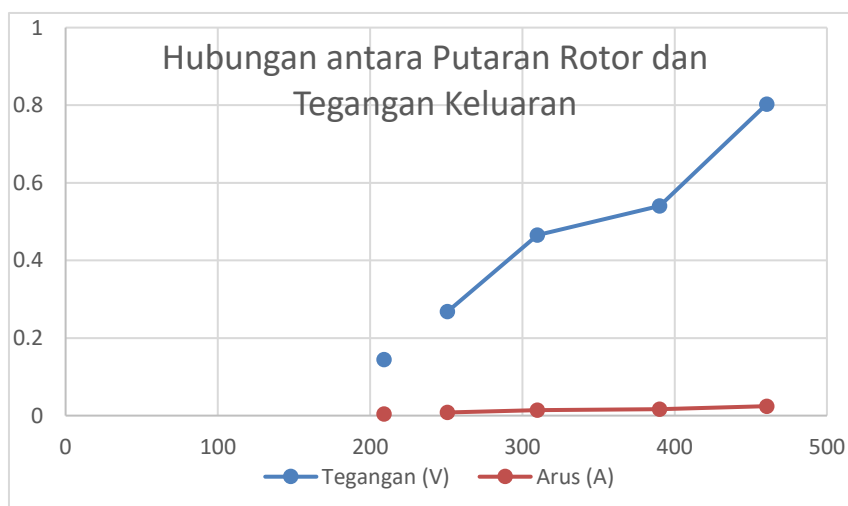
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pada Turbin

Pada penelitian ini akan membuat turbin angin tipe savonius 4 sudu yang merupakan salah satu contoh dari turbin angin poros vertikal. Pada prinsipnya turbin angin savonius ini memanfaatkan gaya hambat. Bahan yang digunakan dalam turbin ini adalah pipa PVC 6 inch. Dalam penelitian ini akan diuji apakah turbin angin savonius 4 sudu mampu menghasilkan penforma kinerja yang bagus.

TABEL 2. Pengujian Untuk Turbin

Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Rotor (rpm)	Tegangan Keluaran (V)
1,8	209,3	0,144
2,5	250,8	0,268
3	310	0,465
4,2	390,2	0,540
5,7	460,5	0,803
6,5	525,1	1.20



GAMBAR 3. Hubungan Antara Rotor Dan Tegangan

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
 BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
 Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 46-53

Sumbu X menunjukkan Putaran Rotor (rpm) dan sumbu Y menunjukkan dua parameter: Tegangan (V) ditampilkan dengan garis biru. Arus (A) ditampilkan dengan garis oranye. Ketika tegangan (V) mulai meningkat signifikan saat putaran rotor > 250 rpm. Kenaikan paling tajam terjadi pada rentang 250–310 rpm dari sekitar 0.26 V ke 0.46 V dan pada rentang 390–450 rpm dari 0.54 V ke 0.80 V. Ini menunjukkan bahwa tegangan meningkat tidak linier, tetapi cenderung eksponensial seiring bertambahnya putaran. Arus (A) meningkat jauh lebih lambat dibanding tegangan. Terlihat bahwa arus masih sangat kecil di semua titik, contohnya: Sekitar 0.004 A pada 210 rpm. Dan sekitar 0.024 A pada 460 rpm. Hal ini menandakan bahwa beban output masih sangat ringan, atau sistem belum menarik arus yang besar. Tegangan minimum untuk mulai menghasilkan arus terukur adalah sekitar 0.14–0.26 V, terjadi pada 210–250 rpm. Saat mencapai >0.45 V (sekitar 310 rpm), sistem mulai menunjukkan indikasi aktivasi, walau belum stabil. Pada 460 rpm, tegangan dan arus cukup besar untuk dianggap stabil (misalnya menyalakan LED atau mulai charge baterai).

B. Pengujian Pada Generator

Generator yang digunakan adalah dinamo sepeda listrik 12V 120W, dipilih karena mampu menghasilkan tegangan dan arus yang cukup untuk pengisian smartphone secara langsung. Dinamo ini diuji menggunakan simulasi putaran rotor pada kecepatan bervariasi. Sebagai beban pengujian, digunakan lampu Led dan USB Female untuk pengisian daya smartphone. Dan sebagai tambahan elektroniknya menggunakan elco 25 V 3300 uf dan boost step up 5V.

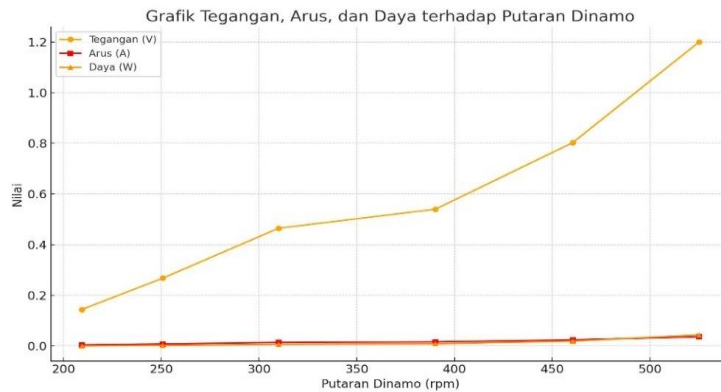
TABEL 3. Pengujian Generator

Putaran Dinamo (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Keterangan
209,3	0,144	0,0044	0,00063	Boost belum aktif
250,8	0,268	0,0081	0,00217	Boost belum aktif
310	0,465	0,0141	0,00655	Boost mulai aktif tapi belum stabil
390,2	0,540	0,0164	0,00885	Boost mulai aktif tapi belum stabil
460,5	0,803	0,0243	0,01951	Boost aktif, stabil dan LED bisa menyala
525,1	1.20	0,0364	0,04368	Boost aktif dan bisa slow charge

Nilai putaran dinamo (rpm) yang dikur dan mencatat hasil tegangan (V), arus (A), serta menghitung daya (W) pada setiap titik pengamatan. Tegangan akan meningkat seiring putaran dinamo sekitar 310 rpm, tegangan mulai cukup tinggi untuk mengaktifkan boost (0.465 V). Dan akan stabil mulai 460 rpm ke atas, tegangan mencapai >0.8 V. Dan Arus akan meningkat secara bertahap dari mulai saat kecil dan rpm rendah, namun mulai signifikan di atas 310 rpm. Arus maksimum terukur pada 525 rpm sebesar 0.0364 A. Ketika daya meningkat secara eksponensial, mengikuti kenaikan tegangan dan arus. Titik kritis daya terjadi pada:

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal *Qua Teknika*, (2026), 16 (1): 46-53

<0.01 W Boost belum aktif atau belum stabil. Ketika 0.02 W (460 rpm) boost aktif dan LED menyala. Dan saat >0.04 W (525 rpm) Boost optimal & mampu slow charge.



GAMBAR 4. Grafik Tegangan, Arus Dan Daya

C. Hasil Produk

Kincir angin tipe Savonius bekerja berdasarkan prinsip gaya angin yang menghasilkan putaran pada rotor. Ketika angin berhembus, blade atau sayap kincir angin akan tertekan oleh aliran udara. Dengan desain yang berbentuk seperti mangkuk, rotor Savonius mampu menangkap angin dari berbagai arah. Rotor berputar dengan kecepatan yang bergantung pada kekuatan angin yang mengenai permukaan blade. Angin yang masuk di bagian depan blade akan menyebabkan perbedaan tekanan antara sisi depan dan belakang, yang pada akhirnya memutar rotor. Poros yang terhubung ke rotor akan memutar generator listrik ^[9]. Generator ini berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari putaran rotor menjadi energi listrik. Dalam desain ini, generator dipilih sesuai dengan output yang diinginkan, yaitu sekitar 100 watt. Generator tipe permanen magnet (PMG) umumnya digunakan karena memiliki efisiensi yang lebih baik dan mampu menghasilkan listrik pada kecepatan rendah. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator akan disalurkan melalui pengatur daya (voltage regulator) untuk memastikan pengisian daya yang aman pada perangkat seperti telepon seluler ^[10]. Sistem ini juga dilengkapi dengan penyimpanan daya berupa baterai yang menyimpan energi cadangan saat angin tidak berhembus. Struktur frame atau penopang berfungsi untuk menahan rotor dan poros agar tetap stabil dan tegak meskipun terkena angin kencang. Dalam desain ini, struktur penopang dibuat berupa tripod untuk menahan beban dengan stabil dan mengurangi getaran.



GAMBAR 5. Hasil Produk

Ezra Smith Tambunan¹⁾, Sagita Rochman²⁾
**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE VAWT
BERDAYA 100 WATT UNTUK PENGISIAN DAYA SMARTPHONE**
Jurnal Qua Teknika, (2026), 16 (1): 46-53

D. Analisa Data

Berdasarkan data hasil pengujian simulatif, rotor Savonius mulai menghasilkan listrik ketika kincir mengenai angin. Dengan menggunakan kipas angin paling rendah dapat memutar kincir tapi masih menghasilkan tegangan dan arus yang kecil. Hal ini masih belum bisa menyalakan step-up 5V walaupun dibantu dengan elco 25 v 3300 uf. Tapi ketika tegangan dari generator mencapai 1,20 V dan arus 0,0364 A itu sudah cukup untuk menyalakan lampu LED dan slow charge walupun harus dibantu boost step up 5V. Turbin tipe Savonius mempunyai karakteristik yang akan bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah dan menggunakan generator yang sesuai dengan desain kincir yang dibuat. Generator yang dipakai dalam penelitian ini mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 120 watt pada 2700 rpm. Nilai ini cukup untuk melakukan pengisian smartphone secara langsung.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan perakitan alat kincir angin savonius sebagai sumber energi alternatif untuk pengisian daya smartphone, maka :

1. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) tipe VAWT ini dirancang dengan bilah vertical 4 sudu yang mampu berputar pada kecepatan angin rendah.
2. Sumber energi listrik dihasilkan dari generator DC 12 V 120 Watt yang terhubung langsung ke rotor menghasilkan tegangan dan arus yang kecil.
3. Sistem bekerja tanpa menggunakan baterai penyimpan (off-grid), sehingga hanya dapat digunakan saat kincir angin berputar.
4. Alat ini dapat sebagai media edukasi energi terbarukan skala kecil serta dapat dikembangkan menjadi alternatif pengisian daya darurat di wilayah dengan pasokan listrik yang terbatas

REFERENSI

- [1] P. K. D. Pramanik *et al.*, "Power Consumption Analysis, Measurement, Management, and Issues: A State-of-the-Art Review of Smartphone Battery and Energy Usage," *IEEE Access*, vol. 7, no. December, pp. 182113–182172, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2958684.
- [2] V. Hanouk, "Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications Commentary 1 Advances in Wind Energy Conversion Systems and their Major Components," *J Fundam Renew. Energy Appl*, vol. 12, no. 1, p. 1000285, 2022, doi: 10.35248/2090-4541-22.12.285.Citation.
- [3] A. B. Abdul Gofur, Angga Catur Pamungkas, "Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin," *Publ. Online Mhs. Tek. Mesin UNTAG Surabaya*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [4] N. K. Singh and S. Wazeed, "Hybrid Energy Generation System with Brushless Generators," *J. Energy Eng. Thermodyn.*, no. 41, pp. 30–38, 2023, doi: 10.55529/jeet.41.30.38.
- [5] Y. I. Nahkoda and C. Saleh, "Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel," *Ranc. Bangun Kincir Angin*, vol. 5, no. September, pp. 19–24, 2015.
- [6] H. B. Meshram, "Wind Energy : A Ray of Hope in Rural Area," vol. 4, no. 1, pp. 94–100, 2025.
- [7] H. Aziz, P. IPM, and M. B. Sitorus, "Analisis Hasil Uji Pembangkit Listrik Hybrid Turbin Angin 1kWh Dan Panel Surya 100 WP," *Sutet*, vol. 9, no. 1, pp. 16–25, 2019, doi: 10.33322/sutet.v9i1.384.
- [8] J. A. Fleming, "Right-hand rule".
- [9] S. Siva, S. S. V. S, M. G, and S. Balasubramaniyan, "Windmill Power Generation Using Multi-Generator and Single Rotor (Horizontal and Vertical Blade)," *J. Energy Technol. Policy*, vol. 2, no. June, pp. 11–19, 2012, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/230633767_Windmill_Power_Generation_Using_Multi-Generator_and_Single_Rotor_Horizontal_and_Vertical_Blade
- [10] M. S. Chagwe, N. Nwulu, and K. Musasa, "Design of a wind mobile phone charger," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 2018, no. SEP, pp. 2415–2424, 2018.