

	1 <sup>st</sup> National Conference on Electrical, Informatics and Industrial Technology (NEIIT-2024)
	July 20, 2024

## Studi Komparasi Turbin Angin *Darrieus Type H* Dan Turbin Angin *Savonius*

M.Ubaidillah choiri

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri, Kediri

E-mail: [Ubed1905@gmail.com](mailto:Ubed1905@gmail.com)

<sup>1</sup>Yanu Shalahuddin.,<sup>2</sup>Diah Arie W.K

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri, Kediri

E-mail: [fajaryumono@uniska-kediri.ac.id](mailto:fajaryumono@uniska-kediri.ac.id), [diahariewk@uniska-kediri.ac.id](mailto:diahariewk@uniska-kediri.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Submitted:  
July 09, 2024

Accepted:  
July 13, 2024

Published:  
July 31, 2024

### ABSTRACT

*The conversion of wind energy into electrical energy is a type of renewable energy. Vertical axis wind energy turbines include the Savonius wind turbine and the Darrieus type H wind turbine. The research discusses the comparison of the performance of the two turbines in producing electrical energy. The research was carried out in the same in location using the same DC generator. The design results for the Savonius turbine are 1.85 kg and the Darrieus type H wind turbine is 2.9 kg. When testing the average wind speed of 4 m/s, The electrical load used for testing is a 12 v 10 watt and 15 watt DC lamp. The results show that in terms of voltage, current and power produced the Savonius turbine is superior. Savonius turbines get a total power of 3.1 w and 4.1 for DC 12 v 10 watt and 15 watt light loads, Darrieus type h turbines with total power of 3.1 w and 3.9 w with DC 12 v 10 watt and 15 watt light loads. watt. The difference in power between the two wind turbines is around 1 W, with a moderate wind speed of 4 m/s. The Savonius turbine here is more advantageous because the wind speed is around 4-5 m/s and using three blades means the Savonius turbine has a lower moment of inertia and can rotate optimally.*

#### Keywords:

*Current, Voltage, Kinetic Energy, Wind Turbines.*

#### Kata Kunci:

Arus, Tegangan, Energi Kinetik, Turbin Angin.

### ABSTRAK

konversi energi angin menjadi energi listrik termasuk salah satu jenis energi terbarukan. Turbin energi angin sumbu vertikal diantaranya turbin angin savonius dan turbin angin darrieus type h. Penelitian membahas tentang perbandingan kinerja kedua turbin dalam menghasilkan energi listrik. Penelitian dilakukan di lokasi yang sama dengan menggunakan generator DC yang sama. Hasil rancangan turbin savonius 1,85 kg dan turbin angin darrieus type h 2,9 kg. Saat pengujian rata-rata kecepatan angin 4 m/s, beban listrik yang digunakan untuk menguji adalah lampu DC 12 v 10 watt dan 15 watt. Hasil menunjukkan dari segi tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan turbin savonius lebih unggul. Turbin savonius mendapatkan total daya 3,1 w dan 4,1 untuk beban lampu DC 12 v 10 watt dan 15 watt, turbin darrieus type h dengan total daya 3,1 w dan 3,9 w dengan beban lampu DC 12v 10 watt dan 15 watt. selisih daya dari kedua turbin angin sekitar 1 w, dengan kecepatan angin sedang 4 m/s. Turbin savonius disini lebih diunggulkan dikarenakan kecepatan angin sedang sekitar 4-5 m/s dan menggunakan tiga buah bilah ini membuat turbin savonius memiliki momen inersia yang lebih rendah dan dapat berputar dengan maksimal.

*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).*



#### Corresponding Author:

M.Ubaidillah Choiri,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri

Jalan Sersan Suharmadji No. 38, Kota Kediri, Jawa Timur, Indonesia.

Email: [ubed.1905@gmail.com](mailto:ubed.1905@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar tidak terbarukan untuk menghasilkan listrik jika digunakan terus-menerus akan habis. Maka dari itu perlunya pemanfaatan bahan bakar yang terbarukan untuk menghasilkan listrik seperti dari matahari, angin, air, dan nuklir. Salah satunya adalah pemanfaatan angin dimana di Indonesia dapat dilihat pada tahun 2016 pembangkit yang menggunakan energi angin sebesar 7 unit. Angin merupakan massa udara yang bergerak dari daerah bertekanan maksimum ke daerah bertekanan minimum. Untuk dapat menghasilkan energi listrik dari energi angin membutuhkan alat berupa turbin angin. Energi angin diharapkan menjadi salah satu cara solusi menggantikan bahan bakar fosil.[1]

Salah satu jenis turbin yaitu turbin angin sumbu vertikal dimana turbin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotornya sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Yaitu turbin angin Savonius dan Darrieus tipe H. Keunggulan dari turbin ini yaitu tidak tergantung pada arah angin, konstruksinya lebih sederhana, dan perangkat mekanik dan listriknya.[2]

Permasalahan yang sering dihadapi dalam pengembangan turbin angin meliputi efisiensi rendah akibat desain yang kurang optimal, gangguan akibat variasi kecepatan dan arah angin, serta tantangan dalam integrasi dengan sistem kelistrikan yang ada. Selain itu, kebisingan yang dihasilkan oleh putaran baling-baling, gangguan lingkungan terkait migrasi burung dan kelelawar, serta tantangan dalam mencapai biaya produksi yang kompetitif dibandingkan dengan sumber energi lainnya juga menjadi perhatian utama. Pemeliharaan rutin dan perbaikan yang diperlukan untuk menjaga kinerja optimal turbin angin juga menjadi tantangan tersendiri bagi pemiliknya. [3]

Penelitian ini akan diimplementasikan di Desa Woromarto Kecamatan Purwoasri Kabupaten Kediri. Penelitian untuk membandingkan turbin angin Savonius dan Darrieus tipe H meliputi analisis efisiensi energi dan pencapaian kinerja yang maksimal. Melalui serangkaian eksperimen dilapangan, peneliti dapat mengevaluasi kinerja relatif dari kedua jenis turbin ini dalam menghasilkan energi listrik. Data yang dikumpulkan mencakup arus, tegangan, daya, kecepatan angin, kecepatan putaran turbin angin dan energi mekanik.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pengembang dan pemangku kepentingan dalam memilih turbin angin yang paling sesuai untuk aplikasi energi terbarukan, serta memahami potensi dan kendala yang terkait dengan penggunaan baterai litium sebagai penyimpan energi dalam sistem ini.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini yang berjudul “Studi Komparasi Turbin Angin Darrieus Type H Dan turbin angin Savonius” Menggunakan metode penelitian experiment. Metode eksperimen adalah sebuah pendekatan ilmiah yang digunakan untuk mempelajari hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tertentu dalam suatu lingkungan yang terkendali. Tujuan utama dari metode eksperimen adalah untuk menguji hipotesis dan menentukan sebab-sebab atau hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel yang diamati.[4]

### 2.1. Penentuan alat dan bahan

Untuk membuat turbin angin ini diperlukannya beberapa alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat turbin diantaranya sebagai berikut :

#### 2.1.1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah:

Tabel 2.1. Alat

No	Nama Alat	Keterangan	Jumlah
1	Anemometer	Anemometer adalah untuk mengukur berbagai parameter terkait dengan angin, seperti kecepatan angin, arah angin, dan tekanan udara.	1
2	Multimeter	Multimeter adalah alat pengukur listrik serbaguna yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter listrik secara simultan atau terpisah.	1
3	Generator DC 100 v	merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik.	2
4	Tachometer	alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran dari suatu objek yang berputar, seperti poros atau disk, dalam mesin atau alat mekanis lainnya.	1
5	Turbin Angin	salah satu mesin fluida yang dapat merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik putaran poros.	2

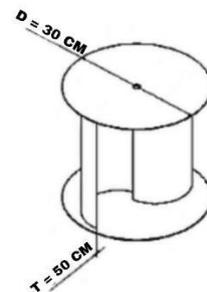
### 2.1.2. Bahan

Tabel 2.2. Bahan

No	Nama Bahan	Keterangan
1	Pipa Pvc	4 inch
2	Pipa Alumunium	1,5 m
3	Besi Galvanis	1,5 mm
4	Klaker Roller	63/22 mm
5	Kabel	1,5 mm
6	Isolasi	3 cm
7	Lem	45 gr
8	Besi AS	3 mm
9	Baut	3 cm
10	Lampu DC	12 v
11	Papan Kayu	2 cm

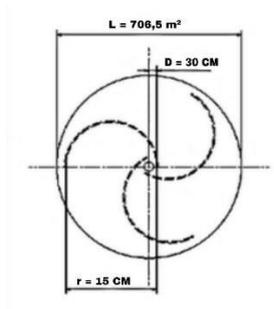
### 2.2. Perancangan turbin angin

Turbin angin Savonius ini memiliki tinggi 50 cm dan diameter 30 cm, serta terbuat dari bahan pipa PVC. Desain turbin ini menggunakan tiga heliks yang dipasang secara berlawanan, membentuk profil berbentuk huruf "S" yang khas. Pipa PVC dipilih karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk, membuat turbin ini ekonomis dan tahan lama. Dengan desain sederhana dan bahan PVC yang tahan cuaca, turbin ini memerlukan pemeliharaan minimal dan efektif bekerja pada kecepatan angin rendah hingga sedang. Turbin ini sangat cocok untuk penggunaan skala kecil, seperti kebutuhan listrik rumah tangga atau komunitas kecil, serta aplikasi spesifik seperti menggerakkan pompa air atau sistem ventilasi di area pedesaan.[5]



Gambar 2.1. Desain Savonius nampak samping

Turbin angin Savonius ini memiliki luas penampang  $706,5 \text{ m}^2$ , diameter 30 cm, dan jari-jari 15 cm. Meskipun luas penampangnya besar, ukuran diameter dan jari-jarinya yang kompak membuat turbin ini mudah dipasang di berbagai lokasi. Dengan efisiensi tinggi dalam menangkap angin dan kemampuan beroperasi pada kecepatan angin rendah, turbin ini sangat cocok untuk menghasilkan listrik bagi rumah tangga, komunitas, atau fasilitas kecil, serta aplikasi spesifik seperti menggerakkan pompa air atau sistem ventilasi.[6]

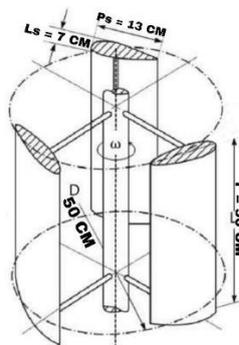


**Gambar 2.2.** Desain *Savonius* nampak atas

**Tabel 2.3.** Spesifikasi Turbin Angin *Savonius*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter Turbin	0,3 m / 30 cm
2	Tinggi Turbin	0,5 m / 50 cm
3	Jari - Jari Turbin	0,15 m / 15 cm
4	Jumlah Sudu	3
5	Diamater Sudu Turbin	6 cm
6	Bahan Turbin	Pipa pvc 4 inch
7	Diameter AS Turbin	6 mm
8	Luas Penampang	706,5 m <sup>2</sup>

Turbin angin Darrieus tipe H ini memiliki tinggi 50 cm, diameter 50 cm, dan menggunakan tiga bilah jenis NACA 4312 dengan lebar 7 cm dan panjang 13 cm yang terbuat dari pipa PVC.[7] Desainnya yang aerodinamis memungkinkan turbin ini menangkap angin dari segala arah dengan efisiensi tinggi, sementara penggunaan pipa PVC menjadikannya ringan, tahan korosi, dan ekonomis. Turbin ini sangat cocok untuk aplikasi skala kecil hingga menengah, seperti kebutuhan listrik rumah tangga, komunitas kecil, atau fasilitas komersial kecil, serta dapat digunakan dalam sistem hybrid energi terbarukan di berbagai lingkungan.[8]



**Gambar 2.3.** Desain *darrieus type h*

**Tabel 2.4.** Spesifikasi Turbin Angin *Darrieus Type H*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Diameter Turbin	0,5 m / 50 cm
2	Tinggi Turbin	0,5 m / 50 cm
3	Jari – Jari Turbin	0,25 m / 25 cm
4	Jumlah Sudu	3
5	Lebar Sudu	0,07 m / 7 cm
6	Panjang Sudu	0,13 m / 13 cm
7	Luas Penampang	1.962,5 m <sup>2</sup>
8	Bahan Turbin	Pipa pvc 4 inch

### 2.3. Pengujian

Pengujian ini mencakup beberapa aspek yang meliputi dalam penelitian ini, yang pertama ada tempat, waktu dan bagaimana cara menguji.

#### 2.3.1. Tempat

Tempat penelitian dilaksanakan di Desa woromarto Kecamatan Purwoasri Kabupaten Kediri. Dengan ketinggian 10-15 meter turbin angin akan di tempatkan agar mendapat hembusan angin yang cukup dan terbebas dari hambatan bangunan maupun pepohonan.



**Gambar 2.4.** Tempat pengujian

#### 2.3.2. Waktu

Pengujian ini dilakukan di siang hari dikarenakan waktu yang tepat untuk mendapatkan kecepatan angin yang maksimal adalah siang hari. Pengujian dimulai jam 14 : 00 sampai dengan 16 : 00 dengan interval waktu 30 menit untuk pengambilan data hasil daya dan lain-lain.

#### 2.3.3. Alat Uji

Ada beberapa alat uji yang digunakan untuk menguji atau mengukur hasil daya dari tubin angin diantaranya adalah anemometer untuk mengukur kecepatan angin, multimeter untuk mengukur arus tegangan, tachometer untuk mengukur kecepatan putaran turbin. Dan juga ada beban berupa lampu dc 12v dengan daya 15 watt dan 10 watt.[9]



**Gambar 2.5.** Alat Pengujian

### 2.3.4. Pengujian Hasil Daya

Untuk mengetahui rpm, daya, dan tegangan yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga bayu generator menjadi penghasil listrik skala kecil. Dengan rumus untuk menentukan daya serta tegangan yang dihasilkan :

Rumus menentukan daya listrik :[10]

$$P = V \times I \quad (1)$$

$$P = I^2 \times R \quad (2)$$

$$P = \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

Keterangan :

$$P = R \times I^2$$

P = Daya (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan (*ohm*)

Adapun rumus menentukan tegangan yang dihasilkan

$$V = I \times R \quad (4)$$

$$V = \frac{P}{I} \quad (5)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan (*Ohm*)

P = Daya (*watt*)

Adapun rumus untuk menentukan arus Listrik

$$I = \frac{v}{R} \quad (6)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan (*Ohm*)

Adapun rumus untuk menentukan hambatan

$$R = \frac{v}{I} \quad (7)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan (*Ohm*)

Energi mekanik adalah total energi yang dimiliki oleh suatu objek atau sistem karena gerak dan posisi objek tersebut. Energi mekanik terdiri dari dua komponen utama: energi kinetik dan energi potensial.

$$E_m = E_k + E_p \quad (8)$$

Keterangan :

$E_m$  = Energi Mekanik (Joule)

$E_k$  = Energi Kinetik (Joule)

$E_p$  = Energi Potensial (Joule)

#### 2.4. Alur Penelitian

Alur penelitian yang berjudul “Studi Komparasi Turbin Angin Darrieus Type H Dan turbin angin Savonius” ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu :



**Gambar 2.6.** Flowchart Penelitian

1. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan pengumpulan data , membaca, mencatat untuk mengumpulkan informasi dari sebuah jurnal ataupun penelitian sebelumnya. Yang memiliki hubungan yang sama dengan apa yang sedang saya teliti sekarang.
2. Penentuan alat dan bahan adalah Langkah-langkah mencari perlengkapan untuk menyusun alat yang sedang diteliti. Seperti mencari bahan untuk membuat turbin angin yang bagus dan mencari peralatan seperti generator dan alat ukur. Dalam penentuan alat dan bahan ini penulis mencari informasi dahulu untuk menentukan alat dan bahan apa saja yang bagus dan tepat untuk alat yang diteliti.
3. Perancangan turbin adalah tahapan yang penting untuk dilakukan dengan baik dan benar. Untuk membuat turbin angin agar memiliki kinerja yang baik dan dapat memaksimalkan penelitian maka penulis harus menentukan seperti apa turbin yang akan dibuat. Dan pastinya untuk desain dan ukuran harus sesuai dan diperhitungkan dengan matang.

4. Pengujian turbin adalah tahapan yang tidak kalah penting juga. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hasil dari tahapan sebelumnya apakah sudah memenuhi kriteria penulis. Dalam pengujian ini ada beberapa hal yang menjadi point penting seperti tempat waktu dan bagaimana cara menguji alat yang sudah dibuat.
5. Komparasi hasil daya adalah tahapan terakhir dari penelitian ini, mengacu pada judul penelitian ini yakni studi komparasi maka yang menjadi point penting disini adalah komparasi. Untuk menentukan turbin mana yang memiliki kinerja yang maksimal dan manakah yang memiliki efisiensi yang bagus untuk dipergunakan secara langsung. Ada beberapa hal juga yang harus dicatat pada komparasi hasil daya ini seperti arus, tegangan, daya, dan rpm. Beberapa aspek ini yang nantinya akan dikomparasi dan menentukan turbin mana yang terbaik dari penelitian ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengukur hasil daya yang dihasilkan dari kedua turbin angin pembangkit listrik ada beberapa aspek yang harus di ukur antara lain kecepatan angin ,rpm ,arus ,tegangan. Dalam pengukuran ini memerlukan waktu sekitar 3 jam dan interval waktu 30 menit untuk mengambil data, berikut adalah hasilnya :

#### 3.1. Hasil Pengujian Daya

Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan rata-rata dari hasil daya dengan menggunakan dua buah beban lampu 12 V dengan daya 10 watt dan 15 watt

**Tabel 3.1.** hasil daya rata-rata *Savonius*

Lampu	Tegangan	Arus	Daya	Rpm	Angin
10 watt	11,92 V	0.26 A	3,1 W	288 Rpm	4.3 m/s
15 watt	12,12 V	0.34 A	4,16 W	313 Rpm	4.1 m/s

**Tabel 3.2.** hasil daya rata-rata *Darrieus type H*

Lampu	Tegangan	Arus	Daya	Rpm	Angin
10 watt	11,90 V	0.23 A	3,18 W	273 Rpm	4.1 m/s
15 watt	11,82 V	0.33 A	3,9 W	273 Rpm	4.1 m/s

Dari rata-rata data di atas dapat disimpulkan bahwa turbin angin *Savonius* lebih unggul dari segi tegangan, arus, daya dan rpm. Dengan kecepatan angin rata-rata 4 m/s turbin angin *Savonius* dapat berputar dengan stabil dan dapat menangkap angin dengan maksimal di dibandingkan dengan turbin angin darrieus type h turbin ini memerlukan tekanan angin yang besar untuk memutar bilah agar dapat menghasilkan daya yang besar.

#### 3.2. Pengujian Energi Mekanik

Dari hasil energi mekanik yang dapat dihasilkan kedua turbin angin, yang diketahui massa turbin angin *Savonius* 1,85 kg dan turbin *Darrieus Type H* 2,90 kg. Maka dapat dilihat pada table berikut :

**Tabel 3.3.** Komparasi Energi Mekanik

No	Jenis Turbin Angin	Massa Turbin	Energi Kinetik	Energi Mekanik
1	<i>Savonius</i>	1,85 kg	23,125 J	83,250 (ws) 83,250 (Joule)
2	<i>Darrieus Type H</i>	2,90 kg.	36,26 J	130,500 (ws) 130,500 (Joule)

Energi kinetik turbin angin berasal dari energi kinetik angin yang melewati area sapuan rotor turbin. Energi ini kemudian diubah menjadi energi mekanik dan akhirnya menjadi energi listrik. Berikut adalah perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } m &= 1,85 \text{ kg} \\
 V &= 5 \text{ (m/s)} \\
 E_k &= \frac{1}{2} mv^2 & (9) \\
 &= \frac{1}{2} 1,85 \cdot (5)^2 \\
 &= 23,125 \text{ J} \\
 &= 23,125 \text{ (w/h)} \\
 E_m &= 23,125 \cdot 3600 \text{ (s)} \\
 &= 83,250 \text{ (ws)} \\
 &= 83,250 \text{ (Joule)}
 \end{aligned}$$

Energi kinetik turbin angin berasal dari energi kinetik angin yang melewati area sapuan rotor turbin. Energi ini kemudian diubah menjadi energi mekanik dan akhirnya menjadi energi listrik. Berikut adalah perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } m &= 2,90 \text{ kg} \\
 V &= 5 \text{ (m/s)} \\
 E_k &= \frac{1}{2} mv^2 & (10) \\
 &= \frac{1}{2} 2,90 \cdot (5)^2 \\
 &= 36,26 \text{ J} \\
 &= 36,26 \text{ (w/h)} \\
 E_m &= 36,26 \cdot 3600 \text{ (s)} \\
 &= 130,500 \text{ (ws)} \\
 &= 130,500 \text{ (Joule)}
 \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

konversi energi angin menjadi energi listrik termasuk salah satu jenis energi terbarukan. Turbin energi angin sumbu vertikal diantaranya turbin angin savonius dan turbin angin darrieus type h. Penelitian membahas tentang perbandingan kinerja kedua turbin dalam menghasilkan energi listrik. Penelitian dilakukan dilokasi yang sama dengan menggunakan generator DC yang sama. Hasil rancangan turbin savonius 1,85 kg dan turbin angin darrieus type h 2,9 kg. Saat pengujian rata-rata kecepatan angin 4 m/s, beban listrik yang digunakan untuk menguji adalah lampu DC 12 v 10 watt dan 15 watt. Hasil menunjukkan dari segi tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan turbin savonius lebih unggul. Turbin savonius mendapatkan total daya 3,1 w dan 4,1 untuk beban lampu DC 12 v 10 watt dan 15 watt, turbin darrieus type h dengan total daya 3,1 w dan 3,9 w dengan beban lampu DC 12v 10 watt dan 15 watt. selisih daya dari kedua turbin angin sekitar 1 w , dengan kecepatan angin sedang 4 m/s. Turbin savonius disini lebih diunggulkan dikarenakan kecepatan angin sedang sekitar 4-5 m/s dan menggunakan tiga buah bilah ini membuat turbin savonius memiliki momen inersia yang lebih rendah dan dapat berputar dengan maksimal.

#### 5. SARAN

Turbin angin Savonius lebih diunggulkan dikarenakan mudah berputar untuk kecepatan angin sedang dibandingkan turbin angin darrieus type H. dikarenakan ketika satu bilah turbin angin Savonius tertiuip angin maka akan ada satu bilah diposisi siap untuk menerima tekanan angin dan membuat turbin dapat berputar dengan stabil.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat memberikan pulley untuk generator dan rotor turbin agar dapat melipat gandakan perputaran turbin dan menghasilkan daya yang lebih besar untuk membangkitkan sesuatu. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan memilih tempat dan waktu penelitian yang tepat seperti daerah yang memang memiliki kecepatan angin tinggi. Dan melakukan penelitian di bulan yang memiliki inintensitas angin tinggi seperti bulan juni,juli dan agustus. Perlu adanya metode komparasi lain dalam membandingkan jenis-jenis turbin angin, sehingga aspek yang dipertimbangkan dapat lebih banyak dan pemetaan dapat dilakukan secara lebih khusus dan spesifik.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] S. Elektro and S. I. Haryudo, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN ANGIN SAVONIUS Agus Nurdiyanto."
- [2] O. Goman, A. Dreus, A. Rozhkevych, and K. Heti, "Aerodynamic improvement of Darrieus wind turbine," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/897/1/012001.
- [3] Andreas Augustinus Manurung dan Tri Yogi Yuwono, "Studi Eksperimen Kinerja Turbin Angin Savonius yang Terintegrasi dengan Gedung pada Jarak G/D = 1,82 dari Dinding," *Studi Eksperimen Kinerja Turbin Angin Savonius yang Terintegrasi dengan Gedung pada Jarak G/D = 1,82 dari Dinding*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [4] Bagas Ramadhan Ananto dan Tri Yogi Yuwono, "Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Pengganggu di Depan Returning Blade Turbin pada S/D =1,2," vol. 09, no. 02, 2020.
- [5] "turbin angin savonius".
- [6] B. Robby Ilham Fitrandi and I. Herlamba Siregar, "Karakteristik Turbin Angin Savonius 2 dan 3 blade," 2014.
- [7] T. Tahzib, M. A. Hannan, Y. A. Ahmed, and I. Z. M. Kamal, "Performance Analysis of H-Darrieus Wind Turbine with NACA0018 and S1046 Aerofoils: Impact of Blade Angle and TSR," *CFD Letters*, vol. 14, no. 2, pp. 10–23, Feb. 2022, doi: 10.37934/cfdl.14.2.1023.
- [8] U. Memenuhi, K. Beban, P. Sugeng, D. Mulyo, and S. I. Haryudo, "Desain Prototipe Turbin Darrieus Tipe H Sebagai Alat Charging Baterai Untuk Memenuhi Kebutuhan Beban Penerangan 633 DESAIN PROTOTYPE TURBIN DARRIEUS TIPE H SEBAGAI ALAT CHARGING BATERAI."
- [9] E. Maulana, E. Djatmiko, D. Mahandika, and R. C. Putra, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Angin Savonius Tipe-U untuk Kapasitas 100 W The Design of Wind Power Plant with a U-Type Savonius Turbine for a Capacity of 100 W Informasi artikel," vol. 3, pp. 183–190, 2021.
- [10] "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Motor Dc Pada Penerapan Metode Light Trap".