

## Pengaruh jumlah sudu terhadap performa pada turbin angin Savonius tipe U

Irwansyah<sup>1\*</sup>, Muhammad Syahrul Anwar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian  
Universitas Almuslim

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Malikussaleh

Email: \*irwansyah124411@gmail.com

### ABSTRAK

Turbin angin Savonius tipe U merupakan salah satu turbin angin dengan sumbu rotasi vertikal. Energi angin cukup melimpah di beberapa tempat di Indonesia yang bisa dijadikan sumber energi terbarukan untuk mengisi kebutuhan listrik. Energi angin diubah menjadi energi mekanik oleh turbin angin. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh jumlah sudu turbin angin terhadap daya dan *Coefficient of power* (COP). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara memvariasikan jumlah sudu 2 dan 4 dan kecepatan angin rendah pada *wind tunnel* divariasikan mulai dari 0 sampai 7 m/s. Hasil menunjukkan bahwa turbin yang memiliki putaran paling besar adalah turbin dengan jumlah sudu 4 ( $n = 64$  RPM), daya turbin sebesar 15,42 watt, *coefisien of power* sebesar 0,56 %, dan tegangan listrik dihasilkan oleh generator 6,1 Volt. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan turbin angin Savonius tipe U jumlah sudu 2 dan 4 bekerja secara baik pada kecepatan udara rendah, akan tetapi kinerja yang maksimal diperoleh dari turbin angin dengan jumlah sudu 4.

**Kata kunci:** *coefisien of power* (cop), daya, sudu turbin, turbin Savonius.

### ABSTRACT

The U-type Savonius wind turbine is a vertical-axis wind turbine. Wind energy is abundant in several places in Indonesia, which can be used as a renewable energy source to meet the electricity needs. Wind energy is converted into mechanical energy by the wind turbine. The purpose of this study was to investigate the effect of the number of turbine blades on power and the Coefficient of Power (COP). The method used in this research was to vary the number of blades between 2 and 4, and to vary the low wind speed in the wind tunnel from 0 to 7 m/s. The results showed that the turbine with the highest rotation speed was the 4-bladed turbine ( $n = 64$  RPM), with a turbine power of 15,42 watts, a coefficient of power of 0,56%, and the voltage generated by the generator was 6,1 volts. Based on the test results, it can be concluded that the Savonius U-type wind turbine with 2 and 4 blades worked well at low wind speeds, but the maximum performance was obtained from the turbine with 4 blades.

**Keywords:** coefficient of power (cop), power, savonius turbine, turbine blades.

### 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan, seperti energi surya dan angin menjadi pilihan alternatif dalam rangka mereduksi pemakaian energi fosil [1]. Secara signifikan penerapan energi angin telah banyak digunakan memenuhi kebutuhan energi domestik maupun penggunaan pada dunia industri [2, 3]. Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh gaya dorong dari angin,

diteruskan ke rotor generator yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadi Gaya Gerak Listrik (GGL). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke baterai atau dimanfaatkan langsung ke beban listrik [4].

Turbin angin merupakan sebuah sistem yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik (rotasi). Berdasarkan arah sumbu rotasinya turbin angin digolongkan ke dalam dua kategori yaitu *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Turbin Savonius salah satu jenis VAWT, yang memiliki kelebihan di antaranya bentuk kontruksi mudah dalam pembuatannya, dan tidak memerlukan kecepatan angin yang tinggi untuk mulai berputar [5].

Profil kecepatan angin di wilayah pesisir Indonesia secara umum berkisar 3-7 m/s yang tergolong kecepatan angin rendah. Untuk memanfaatkan potensi angin ini, turbin yang terbaik digunakan adalah turbin angin Savonius karena dapat berputar pada kecepatan angin rendah. Kelebihan turbin tipe ini dapat menghasilkan torsi yang relatif tinggi meskipun pada kecepatan angin rendah. Karena itu sangat baik sekali dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik [6]. Pengkajian terhadap turbin savonios menghasilkan kinerja optimal yang dapat bekerja pada kecepatan angin rendah telah banyak dilakukan penelitian diantaranya, [Latif \[7\]](#) telah mengkaji turbin Savonius pada kecepatan angin rendah, diperoleh kinerja turbin ini dengan efisiensi berkisar 4,8- 14,5 %. Penelitian lainnya, [Setyawan, et al. \[8\]](#) menganalisis terhadap bentuk rotor dari turbin Savonius dengan bentuk rotor turbin seperti huruf U, dihasilkan efisiensi kerja dari turbin diperoleh 12,02 %. [Yahya, et al. \[9\]](#) menyebutkan bahwa pengaruh sudut kemiringan dan jumlah sudu turbin menggunakan sudut pengarah erhadap performasi rotor savonious. Hasil menunjukkan kinerja yang optimun dimana jumlah 6 sudu turbin dan sudut kemiringan 60° dapat meningkatkan daya turbin dan *Coeffisient of power* (COP) sebesar 40 % .

Secara garis besar, upaya pengembangan turbin savonios menghasilkan kinerja optimal yang dapat bekerja pada kecepatan angin rendah terus dilakukan. Dalam penelitian ini, diteliti turbin Savonius dengan bentuk sudu turbin tipe U dengan jumlah sudu 2 dan 4 terhadap kinerja pada kecepatan angin rendah. Diharapkan dari penelitian ini mendapatkan peningkatan performasi dari turbin angin.

## 2.METODE PENELITIAN

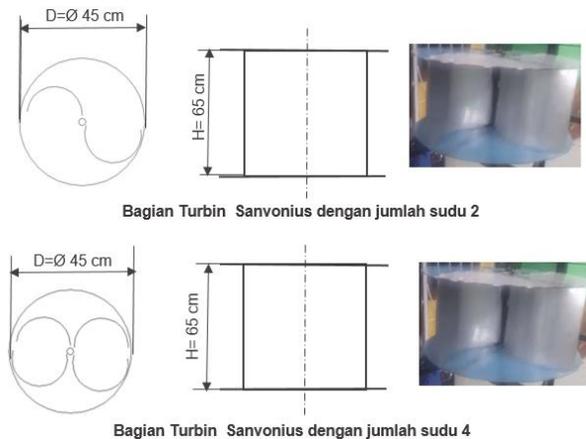
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental, yaitu menguji suatu perlakuan jumlah sudu turbin pada kecepatan udara rendah terhadap *performance* turbin Savonius, dimana perlakuan yang berbeda sehingga mendapatkan suatu pola kejadian yang saling berhubungan [10]. Kegiatan dalam penelitian yaitu; pembuatan turbin Savonius dan pengujian perlakuan variasi kecepatan angin yang rendah terhadap *performance* turbin angin Savonius. Lokasi penelitian, perakitan alat dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Pada penelitian ini, adalah turbin Savonius bentuk sudu turbin tipe U dengan jumlah sudu turbin 2 dan 4, terlihat pada Gambar 1 menunjukkan konfigurasi sudu dari turbin Savonius, dimensi tinggi sudu turbin 65 cm, berdiameter 45 cm dan jarak antar tiap rotor turbin 2,5 cm. Adapun sudu turbin dari bahan dari pelat aluminium. Selanjutnya diuji dalam *wind tunnel* berdimensi 70 cm x 120 cm pada seperti tampak Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat pengujian dan skematik dari penelitian yang dilakukan pada saluran angin yang luas permukaan 0,6 m<sup>2</sup> dan suplai angin berasal dari *axial fan*. Dimana turbin angin dihubungkan pada generator yang merupakan pembangkit listrik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin ditransmisikan ke generator melalui sistem transmisi yang terdiri dari poros, *pully*, dan sabuk. Hal ini guna memperoleh data kecepatan angin, putaran poros, dan tegangan generator. Pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan angin, putaran poros, tegangan dan arus dari generator. Adapun langkah yang dilakukan, yaitu sebagai berikut ; (1)Pengukuran kecepatan angin

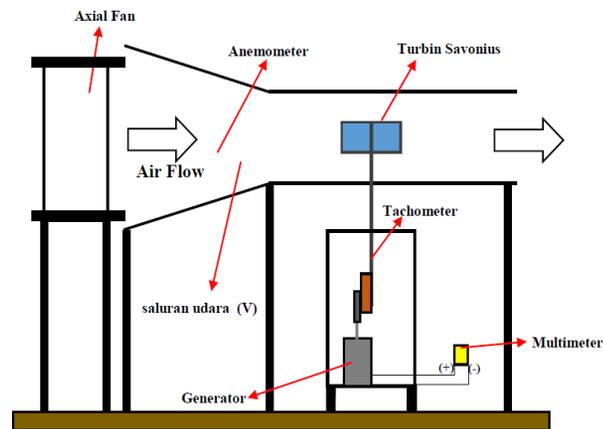
menggunakan anemometer, (2) Pengukuran putaran poros menggunakan *tachometer*, (3) Pengukuran tegangan pada generator yang menghasilkan arus listrik gunakan multimeter.

### 2.1 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dalam penelitian ini adalah pengaruh jumlah sudu turbin 2 dan 4 dengan konfigurasi bentuk sudu tipe U terhadap performansi turbin angin Savonius. Pengambilan data kecepatan angin berkisar 0-7 m/s sebanyak 9 kali, untuk menganalisis *performance* turbin angin Savonius. Adapun data yang diperoleh sebagai informasi untuk tiap perlakuan pada performa dari turbin angin adalah daya keluaran turbin, dan COP.



Gambar 1. Turbin angin Savonius tipe U dengan jumlah sudu 2 dan 4



Gambar 2. Skematik pengujian dan penempatan alat ukur

### 2.2 Daya dan Performa Turbin Savonius.

Besar daya input adalah daya yang dimiliki oleh energi angin untuk menggerakkan sudu turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Untuk mencari besarnya daya input dapat gunakan persamaan 1 [11].

$$P_{in} = \frac{1}{4} \rho A (V_1^2 - V_2^2) (V_1 + V_2) \quad (1)$$

Dimana :

$P_{in}$  = Daya tangkap angin (Watt)

$A$  = Luas Penampang Sudu ( $m^2$ )

$V_1$  = Kecepatan Angin inlet (m/s)

$V_2$  = Kecepatan Angin outlet (m/s)

$\rho$  = Densitas udara ( $kg/m^3$ )

Daya kincir angin adalah daya yang dihasilkan oleh kincir angin karena putaran sudu kincir, sehingga menghasilkan energi kinetik yang dikonversikan menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan daya keluaran turbin dapat gunakan persamaan 2 [12].

$$P_{out} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2)$$

Dimana :

$P_{in}$  = Daya tangkap angin (Watt)

$A$  = Luas Penampang Sudu ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan Angin inlet (m/s)

$\rho$  = Densitas udara ( $kg/m^3$ )

COP merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan daya yang disediakan oleh angin. Untuk menentukan nilai COP menggunakan persamaan 3 [13].

$$COP = \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (3)$$

Dimana :

$Cop$  = Coefficient of power (%)

$P_{in}$  = Daya tangkap angin (Watt)

$P_{out}$  = Daya yang dihasilkan oleh turbin angin (Watt)

Generator adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Untuk menentukan nilai daya listrik dihasilkan oleh generator dapat digunakan persamaan 4.

$$P_{generator} = V \cdot I \quad (4)$$

Dimana :

$P_{generator}$  = Daya generator listrik (Watt)

$V$  = Tegangan generator listrik (Volt)

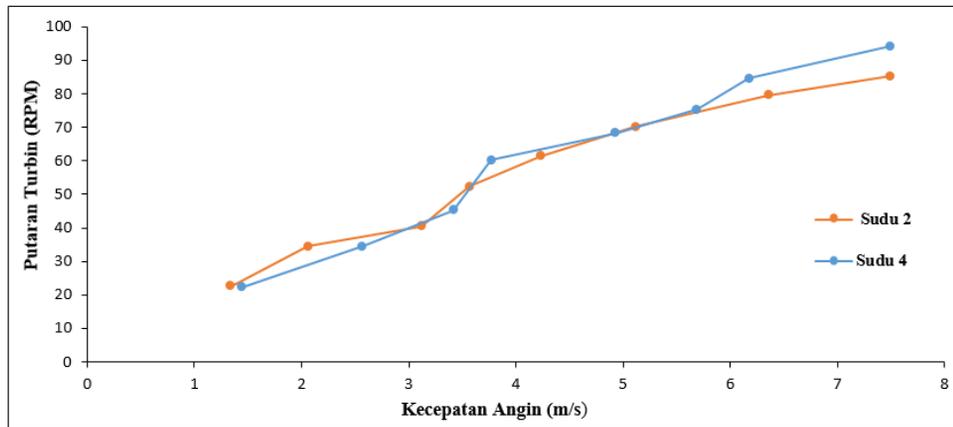
$I$  = Arus listrik (Ampere)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hubungan Antara Kecepatan Angin terhadap Putaran Turbin

Hasil pengujian kecepatan angin rendah terhadap putaran poros turbin Savonius dengan sudu turbin 2 dan 4 terlihat pada Gambar 3. Pada pengujian ini, terlihat bahwa putaran turbin sudu 2 sebesar 60 RPM dengan kecepatan angin 7 m/s, dan besaran putaran turbin sudu turbin 4 kecepatan angin yang sama adalah 64 RPM. Dari hasil grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka putaran turbin makin naik. Hal ini sesuai dengan Prasetyo and Multazam [14], menyatakan bahwa Semakin besar kecepatan angin maka putaran poros yang didapatkan juga

semakin besar. Semakin besar kecepatan angin daya tumbuk angin terhadap turbin juga semakin besar, sehingga mempengaruhi putaran poros turbin yang semakin cepat.



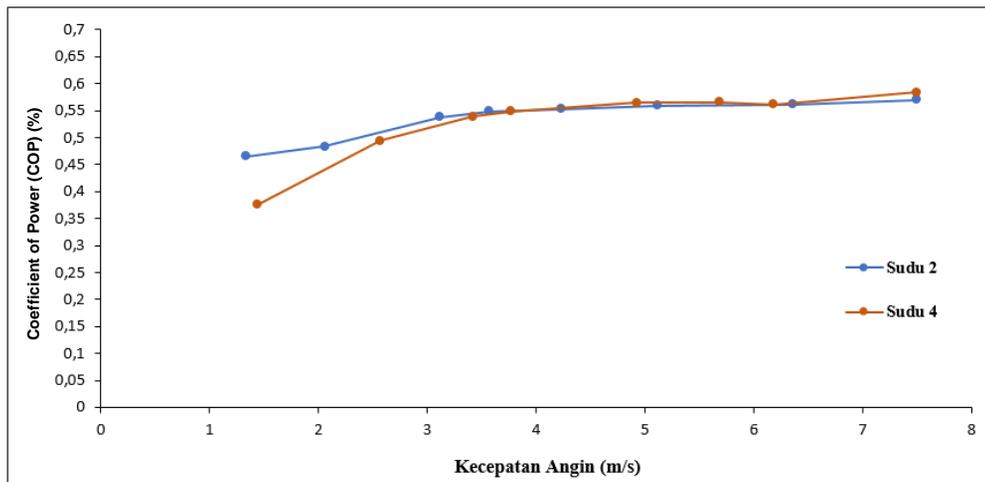
Gambar 3. Hubungan kecepatan angin dan putaran poros turbin Savonius dengan sudu 2 dan 4

Selain itu, menurut Ullly, et al. [10] meningkatkannya kecepatan putaran poros turbin hal ini terjadi karena jumlah sudu yang banyak dan jarak antar sudu kecil, sehingga turbulensi udara menjadi besar seiring meningkatnya kecepatan angin yang diberikan. Putaran sangat dipengaruhi oleh kecepatan sudut turbin dan torsi yang dihasilkan turbin angin Savonius. Selain itu, banyak jumlah sudu yang terpasang akan memperkecil *drag* positif pada turbin angin dan akan memiliki putaran turbin semakin tinggi, karena energi angin yang masuk ke ruang turbin semakin terpusat dan turbin semakin mudah berputar.

Dari hasil perhitungan gunakan persamaan 1 dan 2, menunjuk besaran daya input dan output tiap percobaan turbin angin dengan variasi sudu 2 dan 4 yang berbeda. Turbin angin sudu 4 lebih besar dalam mengkonversikan energi angin menjadi daya input sebesar 8,65 Watt dan daya output 15,43 Watt. Sedangkan turbin angin sudu 2 menampilkan daya input dan output lebih kecil dari perhitungan gunakan persamaan yang sama adalah secara berturut-turut sebesar 7,42 Watt dan 14,22 Watt. Fenomena ini menunjukkan, jumlah sudu 4 turbin dapat mempengaruhi peningkatan daya turbin dibandingkan dengan jumlah sudu 2.

### 3.2 Hubungan *Coefficient of Power (COP)* dan *velocity*

Dari penjelasan Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai COP dari masing-masing variasi jumlah sudu turbin sangatlah berbeda-beda dengan kecepatan udara yang sama berkisar 2,5-7 m/s, Namun pada jumlah sudu turbin 4 memiliki nilai COP paling tinggi sebesar 0,56 % dan sudu turbin 2 paling rendah yaitu sebesar 0,52 %. Gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan daya turbin COP tiap-tiap pengujian yang berubah-ubah mengikuti kecepatan angin. Hal ini disebabkan penggunaan jumlah sudu turbin 4 dapat mempengaruhi peningkatan unjuk kerja turbin angin dalam mengubah energi angin menjadi energi mekanik yang lebih besar dari pada turbin sudu 2. Seperti yang disebutkan Wenehenubun, et al. [12] penggunaan sudu yang banyak secara efektif dapat meningkatkan daya COP, sehingga mengatasi pergerakan putaran rotor yang melambat dan kenaikan aliran udara yang masuk dalam rotor.



Gambar 4. Hubungan COP dan kecepatan angin turbin

### 3.3 Hubungan kecepatan Putaran dan Arus listrik

Tabel 1 memperlihatkan hasil percobaan terhadap Savonius dengan 2 sudu dan 4 sudu menghasilkan tegangan listrik yang berbeda. Pada percobaan turbin Savonius sudu 2 menunjukkan kecepatan putaran rotor turbin 60 RPM dapat menimbulkan tegangan listrik oleh generator sebesar 2,24 Volt. Sementara itu, pada turbin Savonius dengan 4 sudu tegangan listrik lebih besar 2,31 Volt dengan putaran turbin 64 RPM. Hal ini, menunjukkan bahwa penggunaan turbin Savonius dengan sudu 4 dapat meningkatkan arus listrik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kecepatan hembusan angin berbanding lurus dengan peningkatan torsi yang dihasilkan oleh rotor turbin Savonius sehingga memiliki gaya yang cukup untuk memutar sumbu generator untuk meningkatkan nilai arus listrik yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil perhitungan dan hasil dari percobaan

Percobaan	Kecepatan putaran turbin rata-rata (RPM)	Tegangan listrik rata-rata (Volt)	Arus listrik rata-rata (A)	Daya input turbin rata-rata (Watt)	Daya generator rata-rata (Watt)
Turbin Savonius sudu 2	60	2,24	2,01	14,22	4,8
Turbin Savonius sudu 4	64	2,31	2,41	15,43	6,1

Di sisi lainnya, dari Tabel 1 daya input rata-rata turbin untuk menghasilkan listrik dari generator pada jumlah sudu 4 turbin sebesar 15,43 Watt dan besaran daya rata-rata generator sebesar 6,1 Watt. Daya input rata-rata yang diperoleh turbin angin dengan 2 sudu sebesar 4,8 Watt dengan daya input turbin rata-rata sebesar 14,22 Watt. Dari fakta tersebut dapat dikatakan bahwa, penggunaan 4 sudu akan menambahkan putaran pada turbin, sehingga menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar dibandingkan penggunaan 2 sudu pada turbin. Hal ini seperti yang diutarakan [Sudirman and Santoso \[15\]](#) bahwa penambahan sudu lebih dari 2 sudu pada turbin angin Savonius dengan pemanfaatan kecepatan angin rendah lebih dapat meningkatkan energi listrik yang dihasilkan.

#### 4.KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan maka dapatkan kesimpulan bahwa pengaruh jumlah sudu turbin Savonius terhadap daya dan *Coefficient of power* (COP) diperoleh dari variasi sudu 2 dan 4 pada kecepatan udara rendah. Turbin angin dengan jumlah sudu 4 yang memiliki kemampuan turbin untuk berakselerasi dari keadaan diam sampai bisa berputar. Hal ini semakin banyak sudu yang terpasang pada turbin angin dengan jumlah sudu 4 menyebabkan energi angin yang masuk ke dalam ruang turbin semakin terpusat dan menghasilkan putaran turbin (RPM) dan daya turbin semakin tinggi. Hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan bahwa jumlah sudu berpengaruh pada unjuk kerja turbin angin. Profile kecepatan angin rendah berkisar 2,5-7 m/s yang dilakukan pada turbin angin menghasilkan COP turbin yang besar dan daya turbin pun yang besar. COP turbin yang terbesar didapatkan dari turbin angin yang memiliki jumlah sudu 4 buah yaitu sebesar 0,56 %. Daya turbin yang terbesar didapatkan dari turbin angin yang memiliki jumlah sudu 4 buah yaitu sebesar 15,42 watt. Peningkatan putaran rotor diikuti dengan kenaikan output tegangan listrik. Tegangan paling besar dihasilkan dari pada jumlah sudu 4 yaitu 6,1 Volt.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Salmi, M. Bouzguenda, A. Gastli, and A. Masmoudi, "Matlab/simulink based modeling of photovoltaic cell," *International journal of renewable energy research*, vol. 2, no. 2, pp. 213-218, 2012.
- [2] A. Damak, Z. Driss, and M. Abid, "Optimization of the helical Savonius rotor through wind tunnel experiments," *Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics*, vol. 174, pp. 80-93, 2018.
- [3] K. H. Wong, W. T. Chong, N. L. Sukiman, S. C. Poh, Y.-C. Shiah, and C.-T. Wang, "Performance enhancements on vertical axis wind turbines using flow augmentation systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 904-921, 2017/06/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.160>.
- [4] R. Sumiati and A. Zamri, "Rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 1-8, 2013.
- [5] I. Muttaqin and M. Suprpto, "Pembuatan turbin angin savonius bertingkat berbahan alumunium," *Journal of Industrial Engineering Operation Managemen*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [6] D. T. Rudianto and N. Ahmadi, "Rancang bangun turbin angin savonius 200 watt," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)*, 2016, vol. 2, pp. 71-75.
- [7] M. Latif, "Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah," *Jurnal Rekayasa Elekrika*, vol. 10, no. 3, pp. 147-152, 2013.
- [8] I. Setyawan, L. L. Salim, S. P. Sari, and R. Ridwan, "Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 24, no. 2, pp. 148-153, 2020.
- [9] W. Yahya, K. Ziming, W. Juan, M. S. Qurashi, M. Al-Nehari, and E. Salim, "Influence of tilt angle and the number of guide vane blades towards the Savonius rotor performance," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 3317-3327, 2021/11/01/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.053>.
- [10] D. N. Ullly, S. Soeparman, and N. Hamidi, "Pengaruh pemasangan sudu pengarah dan variasi jumlah sudu rotor terhadap performance turbin angin savonius," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 127-134, 2014.
- [11] E. Hau and H. von Renouard, *Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics*. Springer New York, 2003.

- [12] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, "An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related With The Number Of Blades," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 297-304, 2015/04/01/ 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.259>.
- [13] H. A. Hassan Saeed, A. M. Nagib Elmekawy, and S. Z. Kassab, "Numerical study of improving Savonius turbine power coefficient by various blade shapes," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 58, no. 2, pp. 429-441, 2019/06/01/ 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.03.005>.
- [14] Y. Prasetyo and T. Multazam, "Analisa Perbedaan Kinerja Turbin Angin Tipe Savonius dengan Savonius Helius," *Jurnal Geuthèè: Penelitian Multidisiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 259-266, 2019.
- [15] S. Sudirman and H. Santoso, "Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan," *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, vol. 16, no. 2, pp. 255-260, 2020.