

# Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin

Lutfi Laili Salim<sup>1</sup>, Ridwan<sup>1</sup>, Sri Poernomo Sari<sup>1</sup>, Iwan Setyawan<sup>1\*</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gunadarma  
Jalan Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Indonesia  
\*Email: iwan\_s@staff.gunadarma.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112020.07

## Abstrak

Turbin angin merupakan media utama yang dapat digunakan untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. Desain dari turbin angin yang baik menentukan performa dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB). Turbin Savonius pada sumbu vertikal menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik dikarenakan pengembangan tentang Turbin Savonius diarahkan pada pembuatan yang ekonomis, seperti dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja turbin Savonius yang telah dibuat, daya generator yang dihasilkan dan efisiensi pada generator yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan memvariasikan jumlah sudu 2, 3, dan 4. Pengujian dilakukan secara langsung di daerah pesisir pantai. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data adalah daya keluaran turbin terbesar pada turbin 2 sudu = 38,88 watt. Koefisien daya terbesar, turbin 2 sudu = 0,235. Sedangkan daya keluaran terbesar yang dihasilkan oleh generator = 34,3 watt pada turbin 4 sudu. Efisiensi generator terbesar adalah 12,02% pada turbin 4 sudu.

## Abstract

*Analysis of U-Type Savonius Wind Turbine Performance by Varying the Number of Turbine Blades.* Wind turbines are the main media that can be used to convert wind energy into electrical energy. The design of a good wind turbine determines the performance of a Wind Power Plant. The Savonius turbine on the vertical axis is an alternative for generating electrical energy because the development of the Savonius Turbine is directed at making economical ones, such as being able to operate at low wind speeds. This study aims to determine the performance of the Savonius turbine that has been made, the resulting generator power, and the efficiency of the generator used. The research was carried out using experimental methods by varying the number of blades 2, 3, and 4. Testing was carried out directly in the coastal areas. The results were obtained from data processing are the largest turbine output power on the 2 blade turbine = 38.88 watts. The largest coefficient of power, the 2 blade turbine = 0.235. While the largest output power generated by the generator = 34.3 watts at the 4-blade turbine. The biggest generator efficiency is 12.02% on the 4 blade turbine.

**Kata Kunci:** Performa, savonius, sudu, turbin angin, variasi

## 1. Pendahuluan

Turbin angin merupakan media utama yang dapat digunakan untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. Desain turbin angin yang baik menentukan performa Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB).

Pada umumnya turbin angin yang banyak digunakan yaitu turbin pada sumbu horisontal untuk menghasilkan energi listrik yang besar, tetapi turbin pada sumbu vertikal menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini dikarenakan pengembangan tentang VAWT diarahkan pada pembuatan yang ekonomis, seperti VAWT dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, dapat dioperasikan pada ketinggian yang mendekati permukaan daratan,

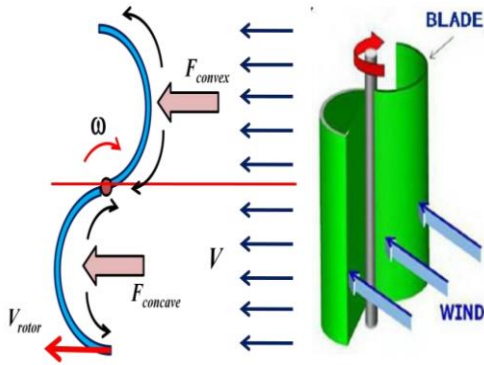
dan juga material baling-baling turbin yang tidak mahal [1]. Pengembangan turbin angin kecil tidak semata-mata mempertimbangkan nilai ekonomi, namun lebih pada independensi dan stabilitas harga energi, dan kontribusi terhadap lingkungan yang lebih bersih.

## 2. Turbin Angin Savonius

### 2.1. Turbin Angin Savonius

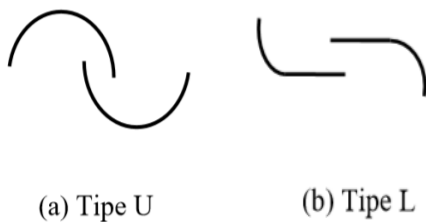
Turbin Savonius adalah salah satu turbin paling sederhana. Secara aerodinamis, turbin ini adalah perangkat tipe seret, yang terdiri dari dua atau tiga bilah (vertikal - setengah silinder) [2]. Turbin angin dua bilah Savonius akan terlihat seperti bentuk huruf "S" pada penampang (lihat Gambar 1).





Gambar 1. Skematik turbin savonius dengan dua sudu

Pada perkembangannya, turbin Savonius banyak mengalami perubahan bentuk rotor, seperti desain rotor yang berbentuk huruf U hingga berbentuk huruf L (lihat Gambar 2) [3]. Turbin angin Savonius bekerja karena perbedaan gaya yang diberikan pada setiap blade. Bilah bawah (bagian cekung ke arah angin) menangkap angin udara dan memaksa bilah untuk berputar di sekitar poros vertikal tengahnya. Sedangkan bilah atas (bagian cembung ke arah angin) mengenai bilah dan menyebabkan angin udara dibelokkan ke samping [2].



Gambar 2. Tipe rotor savonius

### 2.2. Daya Input, Output dan Koefisien Daya Turbin

Besar daya *input* adalah daya yang dimiliki oleh angin sebelum dikonversikan atau sebelum angin melewati turbin. Dari daya tersebut tidak semuanya dapat dikonversikan menjadi energi mekanik oleh turbin [4]. Untuk mencari daya tangkapan angin (daya *input*) dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \tag{1}$$

dimana:

- $P_{in}$  = daya tangkap angin (watt)
- $A$  = luas penampang sudu ( $m^2$ )
- $v$  = kecepatan angin (m/s)

Daya kincir angin ( $P_{out}$ ) adalah daya yang dihasilkan oleh kincir angin karena putaran sudu kincir, putaran kincir angin tersebut menghasilkan energi kinetik yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik [5]. Rumus untuk mencari daya kincir angin (lihat Persamaan 2).

$$P_{out} = \tau \cdot \omega \tag{2}$$

dimana:

- $P_{out}$  = daya yang dihasilkan oleh kincir angin (watt)
- $\tau$  = torsi pada rotor (Nm)
- $\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

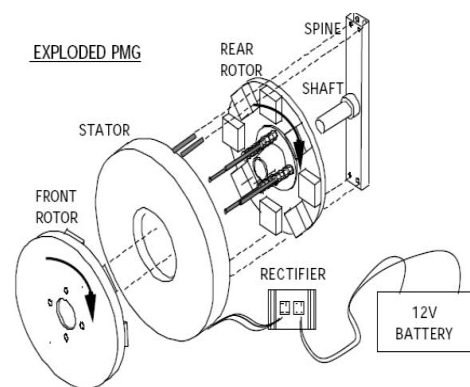
Koefisien daya merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh kincir angin dengan daya yang disediakan oleh angin [5]. Untuk mencari nilai koefisien daya dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \tag{3}$$

dimana  $C_p$  adalah *Coefficient of Power* (koefisien daya).

### 2.3. Generator Listrik

Generator adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [6]. Generator terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu rotor yang terdiri atas magnet permanen dan bagian stator terdiri atas beberapa kumparan kawat konduktor [7].



Gambar 3. Konstruksi PMG

Besar arus listrik yang dihasilkan generator akan menentukan daya *output*. Semakin besar arus listrik yang dihasilkan. Semakin besar yang dihasilkan efisiensi generator. Sebaliknya, semakin kecil arus listrik yang dihasilkan

generator, semakin kecil pula efisiensi generator [8]. Untuk menentukan nilai daya listrik dapat dilihat pada Persamaan 4.

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

dimana:

$P_{generator}$  = daya generator listrik (watt)  
 $V$  = tegangan generator listrik (volt)  
 $I$  = arus listrik (ampere)

Dalam generator arus searah (DC) dikenal tiga macam daya, yaitu daya masukan ( $P_{in}$ ), daya pada jangkar (daya dalam  $P_a$ ), dan daya keluaran ( $P_{out}$ ). Daya masukan adalah daya yang digunakan untuk memutar rotor. Daya pada jangkar adalah daya yang dihasilkan oleh lilitan jangkar sedangkan daya keluaran adalah daya yang digunakan oleh beban [8]. efisiensi generator dinyatakan dengan Persamaan 5.

$$\eta_g = \frac{P_{generator}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

Pada penelitian ini, akan dilakukan studi unjuk kerja turbin angin Savonius tipe U dengan variasi sudu 2, 3, dan 4.

### 3. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, dibagi dalam dua bagian besar, yaitu: pembuatan turbin angin dan dan pengambilan data pengujian.



Gambar 4. Rancangan turbin angin

#### 3.1. Pembuatan Turbin Angin

Turbin angin didesain dengan variasi 2, 3, dan 4 buah sudu berbahan fiber yang diletakkan diatas rangka, seperti pada Gambar 4. Adapun sudu turbin angin dibuat dari bahan *fiber* dengan membentuk U atau ditekuk  $180^\circ$  seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Sudu yang

digunakan memiliki ukuran tinggi,  $t$  :1200 mm dan jari-jari,  $R$ : 250 mm. Selanjutnya sudu turbin dihubungkan ke poros utama turbin angin.



Gambar 4. Sudu turbin angin

#### 3.2. Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan di daerah pesisir pantai. Dimana turbin angin dihubungkan pada sebuah permanen magnet generator yang merupakan pembangkit listrik serta kapasitor sebagai penyimpan daya sementara. Energi yang dihasilkan oleh turbin ditransmisikan ke generator melalui sistem transmisi yang terdiri dari poros, pully dan sabuk.

Pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan angin, putaran poros, tegangan generator dan arus generator. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengambilan data, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pengukuran kecepatan angin ( $v$ ) menggunakan anemometer.
- 2) Pengukuran putaran poros ( $n$ ) menggunakan takometer dan menghitung nilai torsi ( $T$ ) untuk mencari nilai daya *output* turbin ( $P_{out}$ ).
- 3) Pengukuran tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) menggunakan volt ampere meter pada generator untuk mencari daya yang dihasilkan oleh generator.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Data Aktual Hasil Pengujian

Data aktual merupakan data yang didapatkan pada saat melakukan pengujian. Dimana pada data ini kecepatan angin yang didapatkan berbeda-beda pada setiap variasi sudu. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data aktual hasil pengujian**

	Jumlah Data	Data Ke-				
		1	2	3	4	5
Kecepatan Angin (m/s)	2	3.50	3.90	4.00	4.10	4.20
	3	3.60	3.90	4.00	4.10	4.20
	4	4.90	5.00	5.10	5.30	5.50
Putaran poros turbin (rpm)	2	27.70	30.70	31.90	33.20	35.20
	3	34.40	36.60	36.90	38.70	42.30
	4	49.80	50.30	50.70	51.10	54.90
Tegangan generator (volt)	2	31.30	31.90	32.10	32.10	32.20
	3	31.70	33.60	33.60	33.70	33.90
	4	48.60	49.00	49.80	51.60	52.70
Arus generator (A)	2	0.30	0.36	0.38	0.38	0.40
	3	0.39	0.39	0.41	0.46	0.46
	4	0.67	0.70	0.70	0.74	0.80

4.2. Data Analisa Numerik Grafik *Trendline*

Analisa numerik ini dilakukan untuk menyamakan kecepatan angin yang didapat pada setiap sudu. Dengan menggunakan Ms. Excel dimana data yang diperoleh sebelumnya, dapat diprediksi disepanjang garis linear dan menjadi sebuah acuan untuk parameter lainnya dengan menggunakan fungsi *trend* dan menganalisa dari grafik *trendline linear* yang dibuat.

**Tabel 2. Hasil penggunaan grafik *trendline linear***

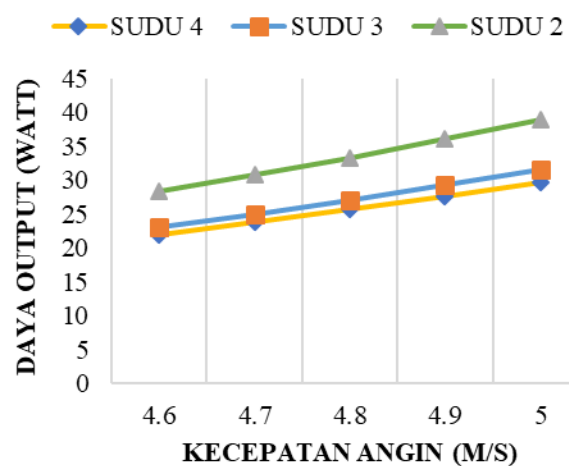
	Jumlah sudu	Persamaan
Putaran Rotor (rpm)	2	$y = 1.65x + 30.133$
	3	$y = 2.7x + 33.9$
	4	$y = 2.45x + 37.462$
Voltase (volt)	2	$y = 0.05x + 32.033$
	3	$y = 0.49x + 32.033$
	4	$y = 0.27x + 47.233$
Arus (Ampere)	2	$y = 0.01x + 0.3667$
	3	$y = 0.025x + 0.3933$
	4	$y = 0.018x + 0.56$

Persamaan pada Tabel 2, didapatkan dengan membuat grafik *trendline linear*. Dimana  $x$  adalah kecepatan angin.

**Tabel 3. Data hasil pengolahan persamaan grafik *trendline linear***

	Jumlah Data	Data Ke-				
		1	2	3	4	5
Kecepatan Angin (m/s)	2	4.60	4.70	4.80	4.90	5.00
	3	4.60	4.70	4.80	4.90	5.00
	4	4.60	4.70	4.80	4.90	5.00
Putaran poros turbin (rpm)	2	37.70	37.90	38.10	38.20	38.40
	3	46.30	46.60	46.90	47.10	47.40
	4	48.70	49.00	49.20	49.80	50.30
Tegangan generator (volt)	2	32.26	32.27	32.27	32.28	32.28
	3	34.29	34.34	34.39	34.43	34.48
	4	48.48	48.50	48.53	48.60	49.00
Arus generator (A)	2	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42
	3	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52
	4	0.64	0.64	0.65	0.67	0.70

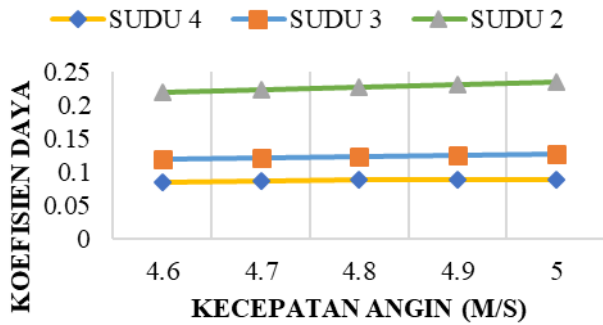
Selanjutnya persamaan pada Tabel 2, digunakan untuk memperoleh data baru yang ditampilkan pada Tabel 3.



**Gambar 6. Grafik daya output turbin Vs kecepatan angin**

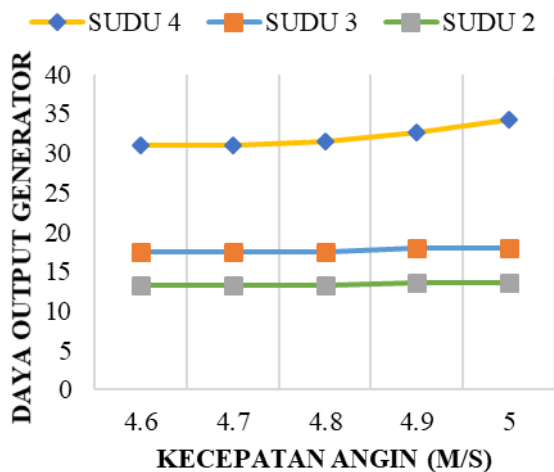
Grafik pada Gambar 6 menunjukkan hubungan daya output turbin Vs kecepatan daya output turbin Vs kecepatan angin. Pada grafik terlihat bahwa dengan meningkatnya kecepatan angin, maka daya output turbin juga akan meningkat. Pada kecepatan angin yang sama, daya output terbesar dihasilkan oleh turbin 2 sudu, hal ini dikarenakan turbin 2 sudu memiliki torsi yang besar. Dimana turbin sudu 2 pada kecepatan angin 4,6 m/s daya output-nya sebesar 28,37 watt dan pada kecepatan 5 m/s daya output-nya sebesar 38,88 watt.





Gambar 7. Grafik koefisien daya turbin Vs kecepatan angin

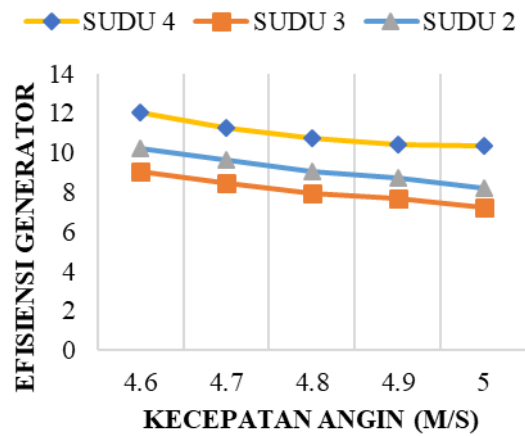
Grafik pada Gambar 7 menunjukkan hubungan koefisien daya turbin Vs kecepatan angin. Pada grafik terlihat kenaikan koefisien daya seiring meningkatnya kecepatan angin untuk ketiga variasi jumlah sudu. Selanjutnya, terlihat pula bahwa semakin sedikit jumlah sudu yang digunakan maka semakin besar nilai koefisien daya turbin yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi faktor daya *input* yang didapatkan kecil sehingga kecepatan putaran rotor menjadi lebih rendah. Namun demikian, memiliki nilai keluaran daya yang lebih mendekati daya *input*. Dari hasil percobaan, didapatkan koefisien daya terbesar terjadi pada turbin 2 sudu dengan kecepatan angin 5 m/s. Dimana nilai koefisien daya turbin 2 sudu = 0,235 sedangkan turbin 3 sudu = 0,127 dan turbin 4 sudu = 0,090



Gambar 8. Grafik daya output generator Vs kecepatan angin

Pada grafik Gambar 8, menunjukkan kenaikan daya output pada seluruh variasi sudu 2,3 dan 4 seiring meningkatnya kecepatan angin. Selanjutnya, terlihat pula bahwa semakin banyak jumlah sudu yang digunakan maka semakin besar pula daya output generator yang

dihasilkan. Pada grafik terlihat bahwa daya output generator terbesar dihasilkan pada turbin 4 sudu = 34,3 W dengan kecepatan angin 5 m/s. Adapun turbin 2 sudu = 13,56 W ; 3 sudu = 17,93 W



Gambar 9. Grafik efisiensi generator Vs kecepatan angin

Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan efisiensi generator Vs kecepatan angin. Semakin meningkatnya kecepatan angin maka efisiensi pada generator semakin menurun. Selanjutnya, dari ketiga variasi sudu yang digunakan, turbin 4 sudu memiliki nilai efisiensi generator terbesar yaitu 12,02%., disusul turbin 2 sudu 10,08% dan turbin 3 sudu 8,90%..

## 5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen, dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya :

- Semakin kecil jumlah sudu maka daya *output* semakin besar. Dimana turbin sudu 2 pada kecepatan angin 4,6 m/s daya *output*-nya sebesar 28,37 watt dan pada kecepatan 5 m/s daya *output*-nya sebesar 38,88 watt.
- Semakin kecil jumlah sudu maka koefisien daya semakin besar. Nilai koefisien terbesar yang dihasilkan berdasarkan jumlah sudu, yaitu turbin 2 sudu = 0,235 ; 3 sudu = 0,127 dan 4 sudu = 0,090
- Semakin besar jumlah sudu maka semakin besar pula daya *output* generator. Daya *output* generator terbesar yang dihasilkan berdasarkan jumlah sudu, yaitu turbin 2 sudu = 13,56 W ; 3 sudu = 17,93 W dan 4 sudu = 34,3 W.



d) Semakin meningkatnya kecepatan angin, maka efisiensi pada generator semakin menurun, Efisiensi terbesar pada generator, dihasilkan pada turbin 4 sudu yaitu 12,02%. disusul turbin 2 sudu 10,08% dan turbin 3 sudu 8.90%.

### Referensi

- [1] N. M. Komerath, A. M. Pendharkar, and V. Raghav, "The Low Cost Vertical Axis Wind Turbine Project: An Exercise in Learning Across Disciplines," 2013.
- [2] M. H. Ali, "Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two & Three Blades at Low Wind Speed," vol. 3, no. 5, pp. 2978–2986, 2013.
- [3] T. A. F. Soelaiman, N. P. Tandian, and N. Rosidin, "Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol," in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*, 2007, pp. 246–251.
- [4] K. R. Ajao and J. S. O. Adeniyi, "Comparison of Theoretical and Experimental Power Output of a Small 3-bladed Horizontal-axis Wind Turbine," *J. Am. Sci.*, vol. 5, no. 4, pp. 79–90, 2009.
- [5] D. A. Saputra, "Unjuk Kerja Kincir Angin Multi-Blade Dengan Variasi Konfigurasi Magnet," Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2013.
- [6] E. Pane, "Studi Sistem Eksitasi Dengan Menggunakan Permanent Magnet Generator," Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [7] M. F. Alqodri, C. E. Rustana, and H. Nasbey, "Rancang Bangun Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB)," in *Seminar Nasional Fisika*, 2015, pp. 135–142.
- [8] N. Priyaningsih and N. Yuniarti, "Analisis Efisiensi Generator pada Wind Turbine," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 157–168, 2017.

