



## Turbin angin poros vertikal tipe Savonius bertingkat dengan variasi posisi sudut

I.B. Alit\*, Nurchayati, S.H. Pamuji

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, NTB, 83125, Indonesia. Telpon. (0370) 636126, Fax. (0370) 636523

\*Email: alitbw@yahoo.com

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 19 August 2016

Accepted 20 September 2016.

Available online 30 December 2016

#### Keywords:

Wind turbine

Savonius turbine

Coefficient of performance

### ABSTRACT

Wind turbine is a technology that converts wind energy to electric power. A Savonius type rotor blade is a simple wind turbine that operates on the concept of drag. The turbine has a potential to be developed as it has a simple construction and it is suitable for low wind speeds. Savonius rotor can be designed with two or three blades in single level or multi-levels. This research was conducted to obtain two levels wind turbine performance characteristics with variations in wind speed and different positions of angle on each level. The variations of the angle position of the wind turbine were  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , and  $90^\circ$  in each stage. The result shows that the performance of the wind turbine is inversely to the degree of the angle position. The maximum rotation speed of the rotor was about 150.6 rpm that was generated at the wind speed of 5 m/s and the angle position of  $0^\circ$ .

### PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi semakin harisemakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi yang sangat tinggi. Lebih dari 86 % dari energi dunia saat ini berasal dari bahan bakar fosil, sementara itu permintaan kebutuhan energi dunia semakin hari tumbuh secara pesat.

Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Energi angin merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan, sumber energi yang berlimpah dan dapat diperbaharui sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan. Potensi angin di Indonesia pada umumnya memiliki kecepatan angin yang rendah berkisar antara 3 m/s – 7 m/s, sehingga jenis turbin angin vertikal dirasa sangat cocok untuk digunakan pada kondisi kecepatan

angin rendah.

Pada umumnya bentuk turbin angin yang banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horizontal, walau demikian turbin angin sumbu vertikal menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik disebabkan oleh beberapa keuntungan. Turbin angin vertikal memiliki *Self Starting* yang baik sehingga mampu memutar rotor walaupun kecepatan angin rendah, selain itu torsi yang dihasilkan relatif tinggi (Sargolzaei, 2007). Selain itu juga kelebihan dari turbin angin sumbu vertikal yaitu dapat berputar secara efektif dengan dorongan angin dari segala arah, sehingga sangat cocok untuk daerah yang arah anginnya bervariasi. Berbeda dengan turbin angin sumbu horizontal, untuk mendapatkan putaran yang efektif turbin harus diarahkan pada posisi berlawanan dengan arah angin, ketika kondisi angin bervariasi maka turbin jenis sumbu

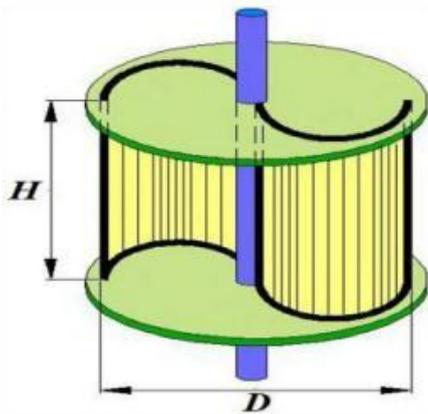
horizontal tidak dapat berputar dengan maksimal karena harus mencari posisi efektif dari arah angin terlebih dahulu. Turbin angin sumbu vertikal memiliki efisiensi yang kecil karena memanfaatkan gaya *drag* (Vaishali, 2014). Daya yang diperoleh berasal dari selisih antara gaya penggerak momen positif dan negative yang terjadi pada rotor. Turbin angin Savonius merupakan salah satu tipe turbin angin poros vertikal. Turbin ini memiliki bentuk dan konstruksi yang sederhana dan disusun menyerupai huruf S (Ali, 2014).

### Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Besarnya energi kinetik yang tersimpan pada angin dengan massa ( $m$ ) dan kecepatan ( $v$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$EK = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Luas daerah sapuan untuk turbin angin Savonius adalah tinggi rotor ( $H$ ) dikali diameteryer ( $D$ ).



Gambar 1. Diagram skematik dari turbin angin rotor Savonius

Sehingga energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu (daya angin) adalah:

$$P_w = \frac{\rho A v^3}{2} \quad (2)$$

dimana :  $P_w$  = Daya angin (Watt), = Kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ ),  $A$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ ),  $v$  = Kecepatan angin (m/s).

Setiap rotor dari turbin angin memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dengan memasukkan koefisien daya ( $C_p$ ), maka daya mekanik aktual ( $P$ ) yang diperoleh dari energi kinetik angin menjadi (Balineni, 2011).

### Tip Speed Ratio (TSR)

Tip speed ratio (TSR) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin dengan nominal yang tertentu maka TSR akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe horizontal akan memiliki TSR yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe vertikal. TSR dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$TSR = \frac{\pi D n}{60 v} \quad (3)$$

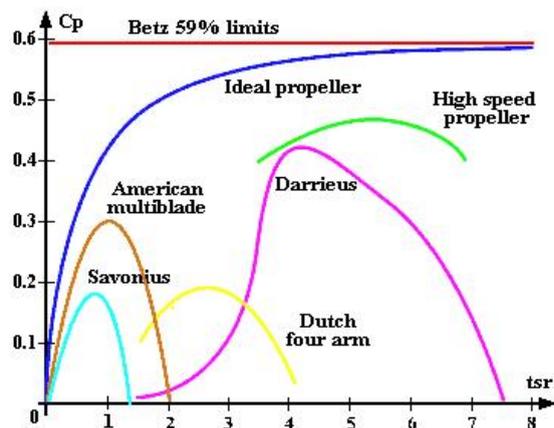
### Koefisien Daya (CP)

Koefisien daya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dengan daya angin, nilai koefisien daya tidak akan melebihi nilai ideal yaitu sebesar 0.593. Persamaan koefisien daya sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P_g / \eta_g}{\rho A v^3 / 2} \quad (4)$$

Dimana  $P_g$  = Daya generator dan  $\eta_g$  = efisiensi generator.

Secara umum hubungan TSR dan koefisien daya pada berbagai model turbin angin ditunjukkan pada gambar berikut:

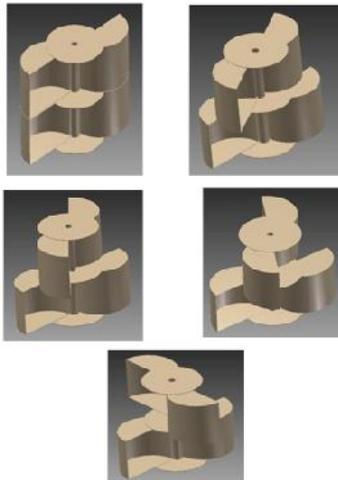


Gambar 2. Diagram Cp-tsr untuk beberapa tipeturbin (Ambrosio, 2010)

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini turbin angin tipe Savonius dibuat bertingkat dengan variasi sudut yaitu  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$ . selanjutnya diuji

dalam *wind tunnel* pada kecepatan angin rendah.



Gambar 3. Variasi sudut turbin Savonius

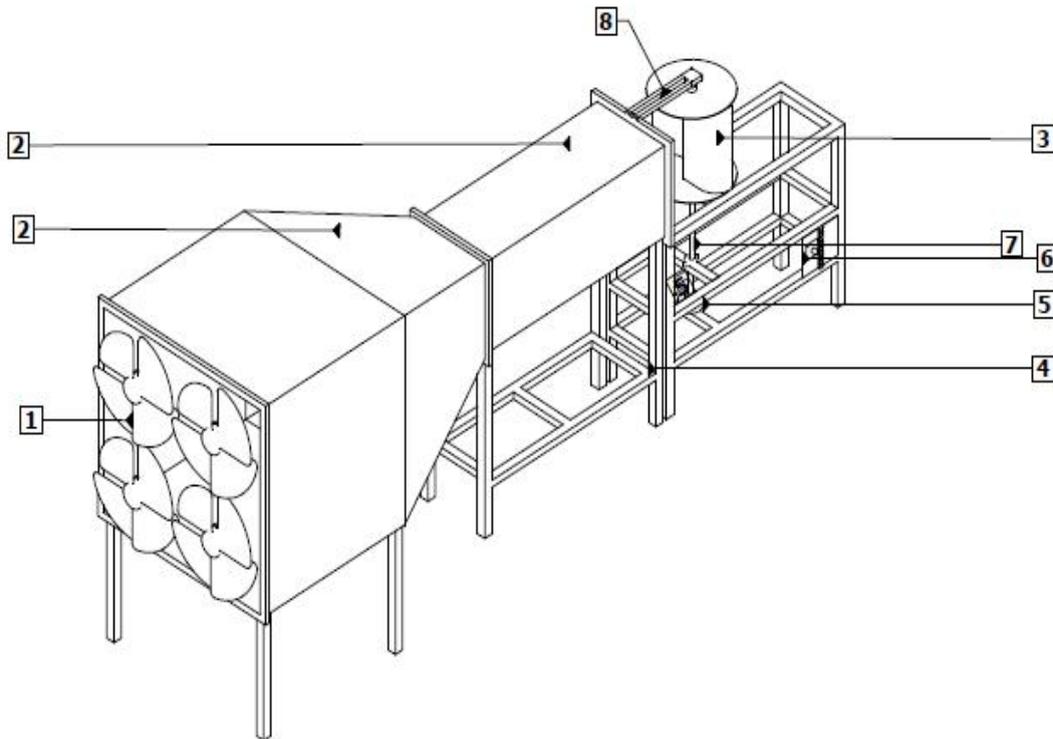
Kecepatan angin divariasikan dengan mengubah kecepatan putar sudu selanjutnya diukur menggunakan tachometer. Tegangan serta arus yang dihasilkan oleh generator diukur menggunakan multimeter. Adapun skema pengujian pada gambar 4.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari pengukuran tegangan dan arus yang didapat akan digunakan untuk menghitung daya generator. Berikut ini tabel data pengukuran putaran rotor, tegangan, dan arus pada kecepatan angin 3,43 m/s, 4,22 m/s, 4,75 m/s dan 5 m/s serta variasi sudut 0°, 30°, 45°, 60°, dan 90°.

Tabel 1. Data pengujian putaran rotor

Sudut	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Rotor (rpm)		Rata- rata
		1	2	
0°	3.4	82.80	86.90	84.85
	4.2	119.80	121.40	120.60
	4.7	141.00	138.90	139.95
	5.0	148.70	152.50	150.60
30°	3.4	85.80	82.70	84.25
	4.2	116.80	119.60	118.20
	4.7	137.40	140.80	139.10
	5.0	150.70	148.40	149.55
45°	3.4	81.40	83.00	82.20
	4.2	118.70	110.50	114.60
	4.7	133.60	133.80	133.70
	5.0	146.90	141.50	144.20
60°	3.4	78.00	81.50	79.75
	4.2	109.80	107.80	108.80
	4.7	126.00	131.20	128.60
	5.0	139.50	136.30	137.90
90°	3.4	51.90	53.70	52.80
	4.2	83.50	84.20	83.85
	4.7	101.30	102.50	101.90
	5.0	106.90	107.70	107.30



Gambar 4. Skema pengujian

Keterangan :

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| 1. Kipas angin | 2. Tunnel        |
| 3. Sudu turbin | 4. Rangka        |
| 5. Generator   | 6. Dimmer        |
| 7. Poros       | 7. Pemegang sudu |

Dari data hasil pengujian dan perhitungan yang telah diketahui, maka dapat diketahui grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran rotor seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka putaran rotor yang dihasilkan semakin meningkat. Pada variasi sudut  $0^\circ$  memiliki putaran rotor yang paling baik dari variasi sudut lainnya hal ini disebabkan ketidakstabilan rotor saat adanya perbedaan sudut sudu tingkat pertama dan kedua.

Secara umum meningkatnya kecepatan angin akan meningkatkan daya yang dihasilkan. Penambahan sudut sudu Savonius menyebabkan terjadi penurunan daya pada kecepatan setiap kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin penurunan daya akibat bertambahnya sudut juga semakin meningkat, hal ini disebabkan kestabilan yang terjadi pada sudu saat kecepatan angin tinggi juga semakin besar.

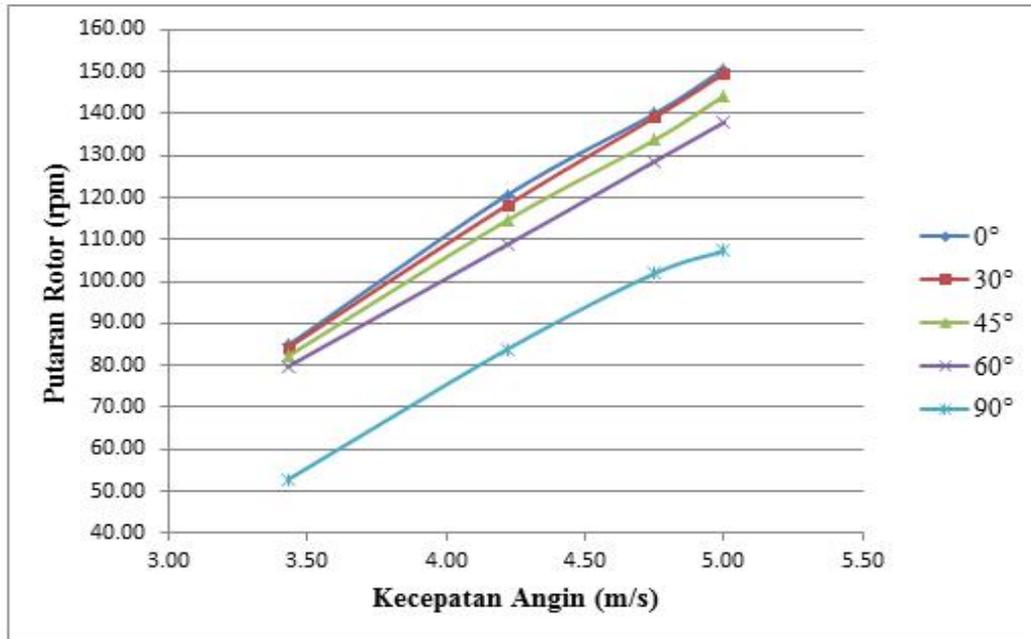
Koefisien daya merupakan salah satu indikator unjuk kerja turbin angin. Pada pengujian

turbin angin Savonius dengan variasi sudut koefisien daya akan meningkat dengan meningkatnya TSR. Koefisien daya tertinggi terjadi pada sudut Savonius  $0^\circ$  yaitu sebesar 0,12.

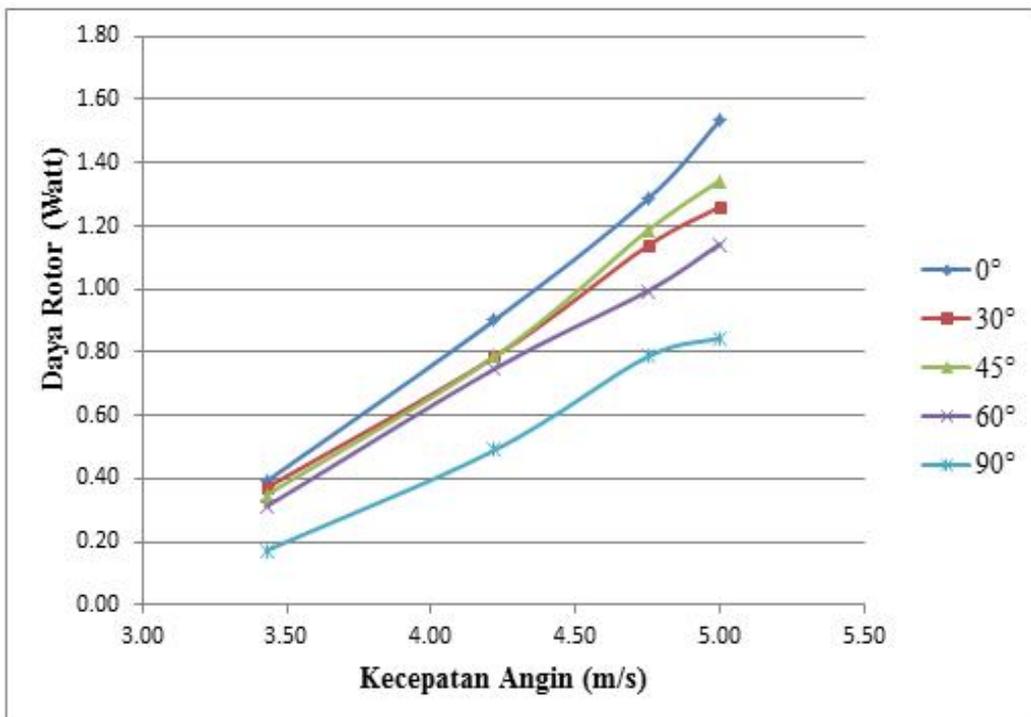
Tabel 2 Data pengujian tegangan dan arus

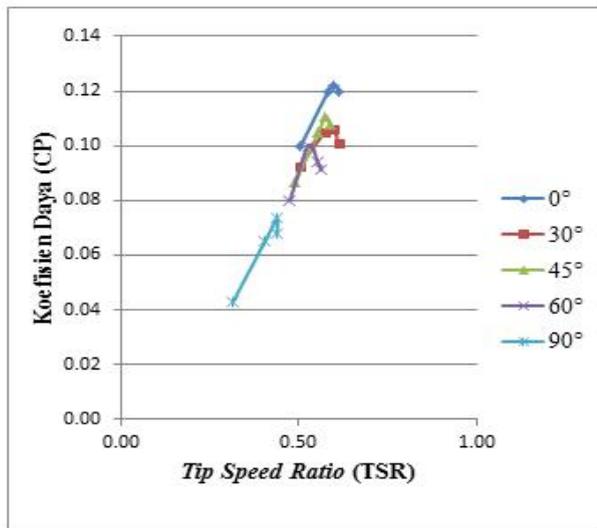
Sudut	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)
$0^\circ$	3.4	8.30	0.040
	4.2	10.55	0.073
	4.7	11.67	0.094
	5.0	12.46	0.105
$30^\circ$	3.4	8.00	0.035
	4.2	10.05	0.067
	4.7	11.50	0.084
	5.0	12.22	0.087
$45^\circ$	3.4	7.61	0.039
	4.2	10.03	0.067
	4.7	11.58	0.087
	5.0	12.55	0.091
$60^\circ$	3.4	6.59	0.041
	4.2	9.20	0.069

90°	4.7	10.05	0.084
	5.0	11.16	0.087
	3.4	5.37	0.027
	4.2	6.75	0.062
	4.7	8.35	0.080
	5.0	8.71	0.083



Gambar 5. Hubungan kecepatan angin vs putaran rotor





Gambar. 7 Koefisien daya vs TSR

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran dapat disimpulkan bahwa penambahan sudut pada turbin Savonius dari  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$  menurunkan unjuk kerja turbin. Meningkatnya kecepatan angin dari 2 sampai 5 m/s menghasilkan TSR dan koefisien daya yang bertambah besar. Semakin besar sudut pada turbin Savonius menyebabkan penurunan daya rotor juga semakin besar. Putaran maksimum rotor diperoleh pada kecepatan angin 5 m/s dengan sudut sudu  $0^\circ$ , yaitu sebesar 150.6 rpm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H.A. (2013), "Eksperimental comparison study for Savonius wind turbine of two & three blades at low wind speed", *International Journal of Modern Research IJMER.*, 3, 2978-2986.
- Ambrosio, M. Megdalia, M (2010), *Vertical Axis Wind Turbines : History, Technology and Applications*, Jonny Hylander and Goran Siden, Swedia.
- Balineni, S.C., Krishna, S.R., Kumar, B.S., Kumar, G.V., 2011, *Design and Fabrication of Savonius Vertical Axis Wind Turbin*, Department of Mechanical Engineering Gokaraju Rangaraju Institute of Engineering and Technology, Jawaharlal Nehru Technological University.
- Vaishali, A.V., Patil.S.A., Thakur,A.G., (2014), "Optimization of Savinius rotor for wind turbine", *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, .7, 1294-1299
- Sargolzaei, J., 2007, *Prediction of The Power Ratio in Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural*

Networks. Zahedan, Baluchestan University.

Sumiati, R., 2012, *Pengujian Turbin Angin Savonius Tipe U Tiga Sudu Di Lokasi Pantai Air Tawar Padang*. Politeknik Negeri Padang, Padang.