



**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *FIN* TERHADAP *CUT IN SPEED*  
TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE S**

*EFFECT OF FIN ADDITION VARIATION TO CUT IN SPEED  
'S' TYPE SAVONIUS WIND TURBINE*

**Stephanus Fajar Pamungkas<sup>1</sup>, Danar Susilo Wijayanto<sup>1</sup>, Herman Saputro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, *Universitas Sebelas Maret*  
Jalan Ahmad Yani No. 200 Pabelan Kartasura Sukoharjo  
[stephanusfajar63@gmail.com](mailto:stephanusfajar63@gmail.com)

Diterima: 15 April 2017. Disetujui: 25 Juni 2017. Dipublikasikan: 30 Juli 2017

**ABSTRACT**

*Indonesia has enormous wind energy potential of around 950 mw, but its utilization is not optimal yet where Indonesia has a relatively low average wind speed of 3 to 5 m/s. Low wind speed is suitable to be used in the manufacture of vertical wind turbine Savonius type. This research used 'S' type Savonius wind turbine with variations of fin addition. Fin used as wind direction so that the wind is more focused and faster to fill the space in the blade. The aim of this research is to know the effect of variation of fin addition to cut in speed. This savonius wind turbine has two turbine blades, a rotor diameter of 1,1 m and rotor height of 1,4 m, used pulley transmission system with 1:4,2 ratio, and used a generator type PMG 200 W. Research method used is experimental. Data were collected by measurement of wind speed and rotation speed. Data analysis using quantitative descriptive analysis technique with the comparative approach. The research result shows that Savonius wind turbine with variations of fin addition can increase cut in speed capability. More the fin number on the blade will increase cut in speed capability. Variations of 4 fin additions speed up the cut in speed at 1,8 m/s. By knowing the effect of the rotor shape, the rotor dimension, the addition of fin, transmission, and generator used can be found alternatives to increase the cut in speed capability by the Savonius wind turbine.*

**Keywords:** *cut in speed, fin, speed, Savonius wind turbine*

**ABSTRAK**

Indonesia mempunyai potensi energi angin sangat besar mencapai sekitar 950 MW, namun pemanfaatannya belum optimal. Indonesia memiliki kecepatan angin rata-rata yang tergolong rendah, yakni 3,0 s.d. 5,0 m/s. Kecepatan angin rendah sangat cocok dimanfaatkan untuk pembuatan turbin angin vertikal jenis Savonius. Penelitian ini menggunakan turbin angin Savonius tipe S dengan variasi penambahan *fin*. *Fin* digunakan sebagai pengarah angin agar angin lebih fokus dan cepat mengisi ruang dalam sudu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fin* terhadap *cut in speed*. Turbin angin Savonius ini mempunyai 2 sudu, diameter rotor 1,1 m dan tinggi rotor 1,4 m, menggunakan sistem transmisi *pulley* dengan rasio 1:4,2 dan menggunakan generator tipe PMG 200 W. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran kecepatan angin dan kecepatan putaran. Analisis data menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin Savonius dengan penambahan *fin* dapat meningkatkan kemampuan *cut in speed*. Semakin banyak jumlah *fin* pada sudu akan meningkatkan kemampuan *cut in speed*. Variasi penambahan 4 *fin* mempercepat kemampuan *cut in speed* pada kecepatan 1,8 m/s. Dengan mengetahui pengaruh bentuk rotor, dimensi rotor, penambahan *fin* bisa didapatkan alternatif untuk meningkatkan kemampuan *cut in speed* turbin angin Savonius.

**Kata Kunci:** *cut in speed, fin, kecepatan, turbin angin Savonius*

## PENDAHULUAN

Potensi energi angin yang ada di Indonesia sangat besar, hingga mencapai sekitar 950 MW (KESDM, 2015: 71), namun pemanfaatan potensi energi angin tersebut sampai saat ini masih belum optimal. Data KESDM (2015: 44) menyatakan, "Kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada tahun 2014 hanya mencapai 3,61 MW, yakni 1,77 MW terinterkoneksi dengan jaringan PLN (*on grid*) dan 1,84 MW (*off grid*)."

Angin selama ini dipandang sebagai proses alam biasa yang kurang memiliki nilai ekonomis, padahal pemanfaatan energi angin dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Energi angin merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan (Nakajima, Lio & Ikeda, 2008: 410). Energi angin dapat dimanfaatkan, misalnya untuk pembangkit listrik. Pemanfaatan energi angin untuk pembangkit listrik salah satunya adalah dengan pembuatan turbin angin.

Turbin angin Savonius yang ditemukan oleh Sigurd J. Savonius pada tahun 1922 merupakan *drag type turbine*, sehingga tipe ini tidak dapat berputar melebihi kecepatan angin. Cara kerja turbin angin Savonius berdasarkan perbedaan dari gaya *drag* yang mengenai permukaan setengah lingkaran dari rotor. Jumlah dari gaya *drag* apabila bernilai positif akan mampu memutar poros turbin.

Kelebihan turbin angin tipe Savonius yaitu dapat menerima angin dari segala arah, mudah dan murah dalam pembuatannya, dan

dapat berputar pada kecepatan angular yang cukup rendah (Akwa, Vielmo & Petry, 2012: 3055). Turbin angin Savonius memiliki torsi awal yang besar pada kecepatan angin rendah (Kamal, 2008: 96). Kelemahan desain standar dari tipe Savonius masih memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan jenis turbin angin vertikal yang lain.

Afifuddin (2010: 11) melakukan studi eksperimental performansi *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) dengan variasi desain turbin. Hasil penelitian menggunakan *blade* Savonius menyatakan bahwa perbedaan panjang rotor dan kecepatan angin yang mengenai turbin berpengaruh dengan putaran turbin dan torsi yang diterima oleh turbin. Semakin panjang lengan maka putaran rotor semakin kecil, namun nilai torsi semakin besar.

Mahmoud, dkk (2012: 25) melakukan penelitian tentang peningkatan kinerja rotor. Hasil penelitian mengatakan bahwa rotor dengan 2 sudu lebih efisien dibandingkan dengan 3 sudu dan 4 sudu turbin. Rotor turbin dengan penambahan *end plates* menyebabkan efisiensi turbin meningkat.

Zulfikar, Nusyirwan & Rakiman (2011: 106-107) dalam penelitiannya menyatakan bahwa turbin angin Savonius dua sudu menghasilkan putaran yang sedikit lebih tinggi dibandingkan turbin tiga sudu, dimana kecepatan tertinggi rotor dua sudu adalah 127 rpm pada kecepatan angin 4,8 m/s dan 120 rpm pada kecepatan angin 4,8 m/s untuk rotor tiga sudu.

Irawan (2014: 69) dalam penelitiannya menyatakan bahwa profil sudu U maupun profil sudu L dengan nilai *offset* 10 mm menghasilkan daya lebih besar dibanding *offset* 0 mm. Turbin angin Savonius 2 sudu mampu berputar pada kecepatan lebih rendah dibandingkan dengan 3 sudu dan 4 sudu. Turbin angin Savonius profil L baik pada jumlah sudu 2, 3 maupun 4 sudu mampu berputar pada kecepatan lebih rendah dibandingkan dengan profil U, akan tetapi profil L menghasilkan daya yang lebih rendah dibandingkan dengan profil U.

Hasan, Hantoro & Nugroho (2013: 350) menyelidiki dan membandingkan efisiensi dari turbin Savonius (*coefficient of performance, daya, coefficient of power* dan *self starting turbin Savonius*) antara rotor turbin tanpa penambahan *fin* dan dengan penambahan *fin*. Hasil yang diperoleh adalah rotor turbin dengan penambahan 1 *fin* dapat meningkatkan  $C_p$  turbin, dengan daya maksimal 5,71 Watt pada putaran 134 rpm.

Menurut Handoyo (2012: 28) meneliti mengenai pengaruh *overlap* sudu dan penambahan *fin* pada rotor Savonius tipe L. Hasil penelitian yang diperoleh adalah daya aktual maksimum yang dihasilkan sebesar 1,86 Watt (tanpa penambahan *fin*) dan 3,45 Watt dengan penambahan *fin*. Penambahan *fin* menyebabkan arah angin lebih terkonsentrasi, sehingga putaran rotor dan gaya meningkat.

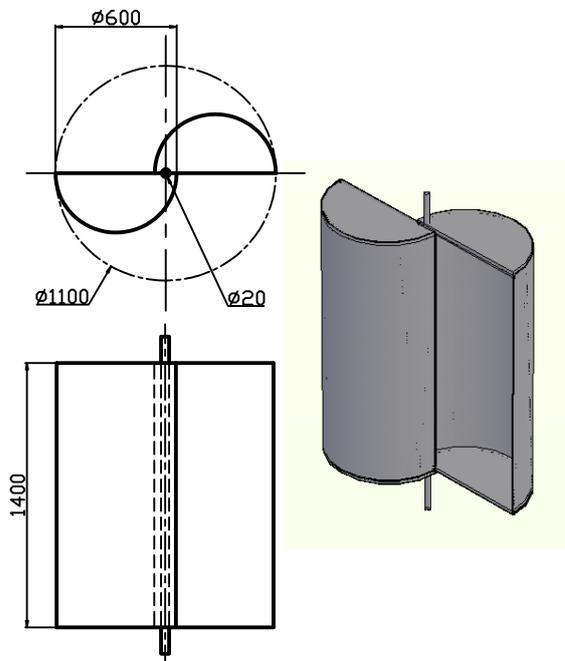
Sejak awal ditemukan sampai saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk

meningkatkan efisiensi dari turbin angin tipe Savonius. Para peneliti melakukan studi eksperimental dengan melakukan beberapa modifikasi dari desain standarnya. Akwa, dkk (2012: 3063) mengulas banyak mengenai penelitian dengan modifikasi umum yang mempengaruhi performansi turbin angin Savonius adalah *end plates, aspect ratio, buckets spacing* (jarak sudu), *buckets overlap* (*overlap* sudu), *bucket number* (jumlah sudu), *rotor stages* (tingkat rotor), *buckets and rotor shapes* (bentuk sudu dan bentuk rotor), *shaft* (poros), *Reynolds number and turbulence intensity* dan modifikasi lainnya. Semua modifikasi ini dilakukan hanya untuk meningkatkan kecepatan angular dan torsi maksimal yang dapat dihasilkan oleh turbin Savonius. Hasil penelitian tersebut menjadi langkah penting dalam peningkatan performansi turbin Savonius.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka akan dilakukan pengembangan desain pada rotor Savonius tipe S. Modifikasi dilakukan dengan penambahan *fin* pada sudu turbin dengan 4 variasi jumlah *fin* yaitu 1, 2, 3, dan 4. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari penambahan *fin* pada sudu turbin Savonius. Jumlah sudu turbin yang digunakan adalah sebanyak 2 sudu. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan angin antara 1,5-4,5 m/s. Data hasil pengukuran kemudian digunakan untuk menganalisis kemampuan *cut in speed* masing-masing variasi *fin*.

### METODE PENELITIAN

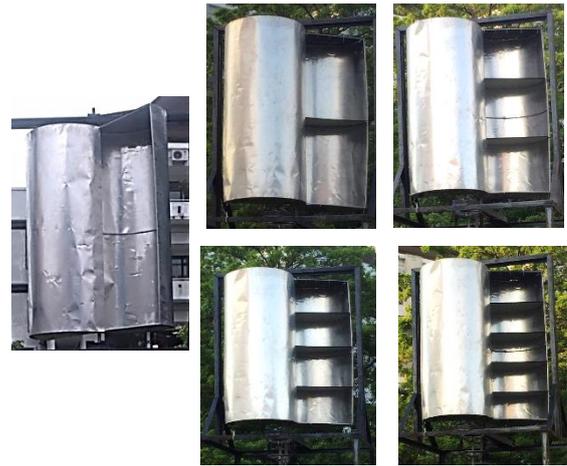
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan *fin* terhadap kemampuan *cut in speed* turbin angin Savonius. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan angin antara 1,5 s.d. 4,5 m/s dengan interval 0,1 m/s dan variasi penambahan *fin* pada sudu yaitu 1 *fin*, 2 *fin*, 3 *fin*, dan 4 *fin*. Turbin angin tanpa *fin* juga akan diuji pengaruhnya sebagai perbandingan.



Gambar 4. Dimensi rotor turbin

Tabel 1. Spesifikasi turbin angin Savonius

Spesifikasi	Nilai
Tinggi tower/menara	2500 mm
Generator (tipe PMG)	200 Watt
Rasio transmisi pulley	1 : 4,2
Diameter poros utama	20 mm
Diameter rotor	1100 mm
Diameter blade/sudu	600 mm
Tinggi blade/sudu	1400 mm
Overlap sudu	50 mm
Jumlah sudu	2 blade
Material sudu	Aluminium 0,3 mm



Gambar 5. Turbin angin Savonius standar dan dengan variasi penambahan *fin*



Gambar 6. Turbin angin Savonius dipasang pada lokasi pengujian

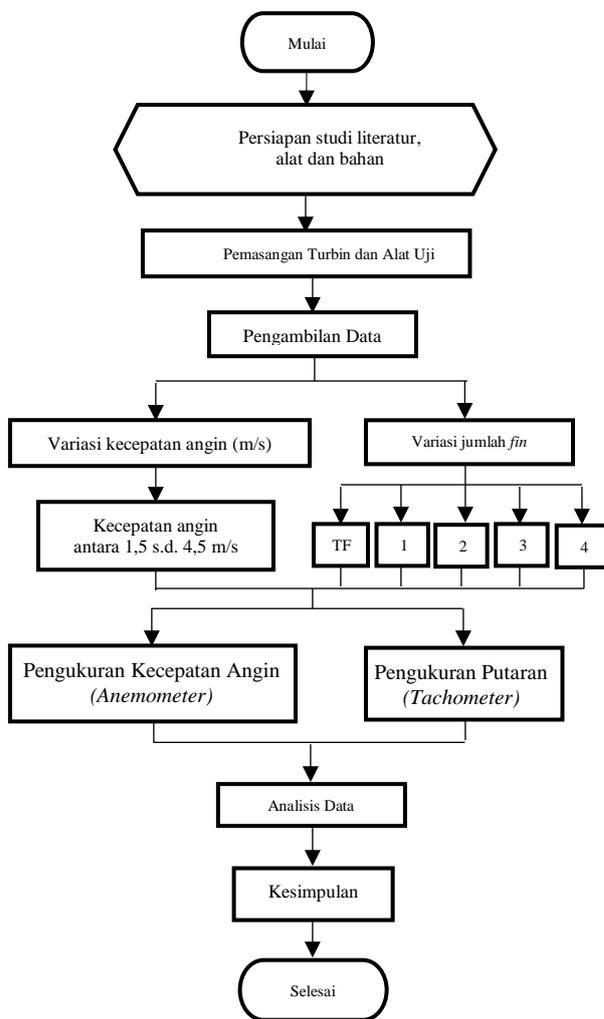
### Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran menggunakan alat ukur *anemometer* dan *tachometer*. *Anemometer* untuk mengukur kecepatan angin dan *tachometer* untuk mengukur kecepatan putaran poros generator. Data kecepatan angin dan kecepatan putaran diambil selama 3 hari pada tanggal 29-31 Maret 2017 pukul 14.30 s.d.

17.30 WIB pada kondisi cuaca berawan. Data yang ditunjukkan pada alat ukur, direkam dan dilakukan pencatatan dalam bentuk tabel.

Pengambilan data pengujian dilakukan dengan mengambil 5 data dari setiap nilai kecepatan angin dalam interval 0,1 m/s. Pengambilan sampel data dilakukan untuk meminimalisir data yang bias karena perubahan kecepatan angin pada suatu saat yang signifikan.

### Prosedur Penelitian



Gambar 7. Diagram alir penelitian turbin angin Savonius tipe S

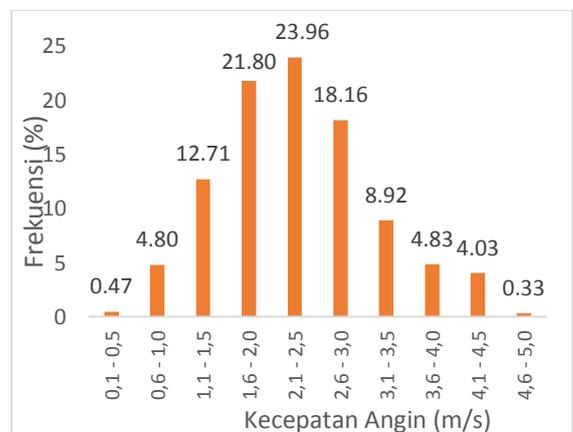
### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif kuantitatif. Data hasil pengukuran kemudian dilakukan analisis menggunakan metode penyelidikan deskriptif dengan pendekatan komparatif. Penyelidikan deskriptif berusaha mencari pemecahan melalui analisis tentang hubungan-hubungan sebab akibat dengan membandingkan faktor-faktor yang diteliti.

### HASIL PENELITIAN

#### Frekuensi Kecepatan Angin

Data kecepatan angin diperoleh dengan cara pengukuran menggunakan *anemometer* digital. Pengukuran kecepatan angin dilakukan untuk mengetahui kecepatan angin di area kampus V Universitas Sebelas Maret Surakarta. Hasil pengukuran kecepatan angin dalam rentang waktu 3 jam selama 3 hari berturut-turut dari tanggal 29 s.d. 31 Maret 2017 diperoleh total 3376 data. Data hasil pengukuran kecepatan angin ditunjukkan dalam frekuensi dengan interval kecepatan angin 0,5 m/s seperti pada Gambar 5.

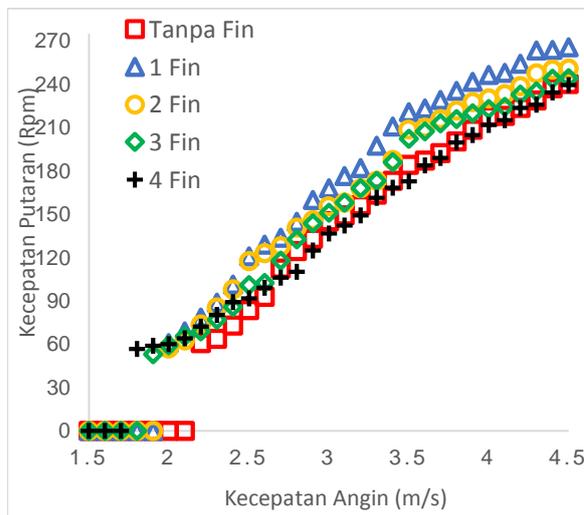


Gambar 8. Data frekuensi kecepatan angin

Data tersebut menunjukkan bahwa frekuensi kecepatan angin terbanyak pada interval 2,1 s.d. 2,5 m/s, yakni 23,96% (809 data), sedangkan frekuensi paling sedikit pada interval 4,6 s.d. 5 m/s, yakni 0,33% (11 data). Nilai rata-rata (mean) kecepatan angin selama 3 hari adalah 2,32 m/s. Median (nilai tengah) dan modus (nilai yang sering muncul) berturut-turut adalah 2,3 m/s dan 2 m/s.

### Hasil Kecepatan Putaran Generator terhadap Kecepatan Angin

Data hasil kecepatan putaran generator diperoleh dengan cara melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *tachometer* digital. Pengukuran kecepatan putaran generator dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecepatan putaran rotor turbin angin. Berdasarkan total data yang diperoleh, kemudian diambil 5 sampel data setiap kecepatan angin dalam interval 0,1 m/s.



Gambar 9. Data hasil kecepatan putaran generator terhadap kecepatan angin

Berdasarkan data pada Gambar 9. menunjukkan bahwa variasi penambahan 4 *fin* menghasilkan kecepatan putaran

generator sebesar 56,9 rpm pada kecepatan angin 1,8 m/s. Variasi penambahan 3 *fin* menghasilkan kecepatan putaran generator sebesar 56,1 rpm pada kecepatan angin 1,9 m/s, sedangkan untuk variasi penambahan 1 *fin* dan penambahan 2 *fin* pada kecepatan angin 2 m/s menghasilkan kecepatan putaran generator sebesar 60,9 rpm dan 57,1 rpm. Variasi tanpa penambahan *fin* menghasilkan kecepatan putaran generator sebesar 60,9 rpm pada kecepatan angin 2,2 m/s.

Kecepatan putaran poros generator pada kecepatan angin maksimum 4,5 m/s untuk masing-masing variasi adalah tanpa penambahan *fin* (240,0 rpm), 1 *fin* (265,9 rpm), 2 *fin* (250,9 rpm), 3 *fin* (244,5 rpm), dan 4 *fin* (239,6 rpm). Variasi penambahan 1 *fin* menghasilkan kecepatan putaran generator paling tinggi sebesar 265,9 rpm pada kecepatan angin 4,5 m/s, sedangkan variasi penambahan 4 *fin* menghasilkan kecepatan putaran generator paling rendah dibandingkan dengan variasi pengujian yang lainnya, yakni sebesar 239,6 rpm pada kecepatan angin 4,5 m/s.

## PEMBAHASAN

### Kecepatan Angin di Kampus V UNS Pabelan

Berdasarkan data dari hasil pengukuran kecepatan angin pada Gambar 8. menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata selama pengujian berlangsung di area kampus V UNS adalah 2,32 m/s. Hal tersebut dapat diartikan bahwa kecepatan angin di area tersebut masuk dalam kategori kecepatan angin yang rendah. Hal ini sesuai

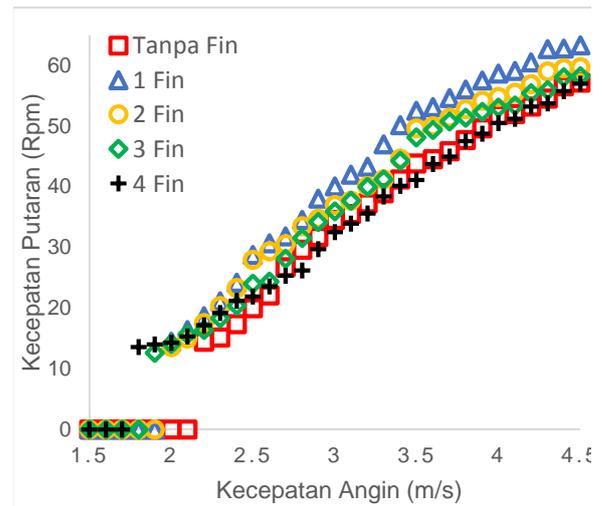
dengan karakteristik turbin angin Savonius yang dapat bekerja pada kecepatan angin yang rendah.

Rata-rata kecepatan angin di daerah ini sesuai dengan kecepatan angin di daerah Beji yang tergolong rendah yakni 3 m/s (Wijayanto dan Widiatuti, 2016).

### Kecepatan Putaran *Shaft* (Rotor Turbin)

Besar kecepatan putaran rotor turbin diperoleh berdasarkan data hasil kecepatan putaran generator dan besarnya rasio multiplikasi *pulley*. Besar rasio multiplikasi *pulley* yang digunakan adalah 1:4,2 artinya setiap 1 putaran rotor turbin angin, maka rotor generator akan berputar 4,2 putaran.

Berdasarkan data pada Gambar 10. menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan kecepatan putaran rotor turbin. Semakin besar kecepatan angin, maka semakin besar pula kecepatan putaran rotor turbin, baik untuk variasi tanpa penambahan *fin* maupun dengan penambahan *fin*. Semakin besar kecepatan putaran rotor turbin, maka kecepatan putaran generator akan meningkat.

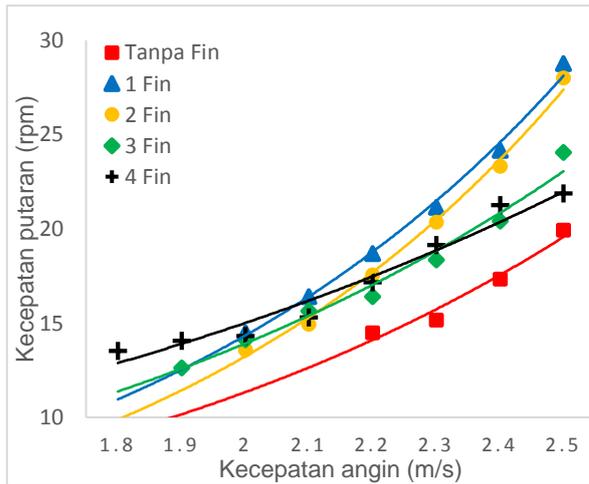


Gambar 10. Kecepatan putaran rotor turbin terhadap kecepatan angin

### Pengaruh Variasi Penambahan *Fin* terhadap *Cut In Speed*

*Fin* atau *separator* merupakan benda yang berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida (angin) sehingga dapat menghasilkan putaran rotor yang maksimum. Berdasarkan penelitian yang ada, penambahan *fin* pada sudu turbin akan memperbesar luasan ruang dalam sudu dan juga memperbesar tekanan di sepanjang luasan sudu, sehingga gaya *drag* meningkat.

*Cut in speed* (kecepatan *cut in*) merupakan kecepatan angin terendah dimana turbin angin mulai berputar dan menghasilkan daya listrik bermanfaat.



Gambar 11. Kecepatan putaran rotor turbin pada kecepatan angin 1,8 s.d. 2,3 m/s

Gambar 11. menunjukkan bahwa semakin banyak *fin* yang digunakan pada sudu, maka sudu turbin akan berputar pada kecepatan yang lebih rendah. Turbin angin dengan variasi penambahan 4 *fin* terlihat memiliki kecepatan *cut in* lebih rendah dibandingkan dengan variasi lainnya, yakni pada kecepatan 1,8 m/s. Kecepatan *cut in* untuk variasi 3 *fin* pada kecepatan angin 1,9 m/s, sedangkan untuk variasi 1 *fin* dan 2 *fin* pada kecepatan angin 2 m/s. Variasi tanpa *fin* memiliki kecepatan *cut in* pada 2,2 m/s. Data ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *fin* yang digunakan pada sudu turbin akan meningkatkan kemampuan *cut in speed* dari turbin angin Savonius. Hal tersebut disebabkan karena luasan ruang sudu turbin yang dibentuk antar *fin*, semakin banyak jumlah *fin* maka luas penampang antar *fin* menjadi lebih kecil. Hal ini mengakibatkan angin lebih terfokus dan terarah, dengan kata lain energi angin lebih cepat mengisi ruang dalam sudu turbin. Ketika angin lebih terfokus dan lebih cepat mengisi ruang sudu turbin,

terjadi peningkatan tekanan di sepanjang luasan sudu. Peningkatan tekanan yang terjadi karena peningkatan gaya *drag* yang bekerja pada luasan sudu akan memperbesar gaya drag positif sehingga sudu turbin mampu berputar pada kecepatan angin yang lebih rendah.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian yang telah dilakukan oleh Hasan, Hantoro & Nugroho (2013: 350) yang mengatakan bahwa semakin banyak jumlah *fin* yang ditambahkan pada sudu akan meningkatkan kemampuan *self starting* dari turbin angin Savonius. Variasi 7 dan 4 *fin* telah mengalami *self start* lebih cepat yaitu pada kecepatan angin 1,3 m/s.

Semakin banyak penambahan *fin* pada sudu, maka kemampuan *cut in speed* turbin semakin baik. Hal ini berarti turbin mampu menghasilkan daya listrik bermanfaat pada kecepatan angin yang lebih rendah. Kemampuan *cut in speed* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan angin di daerah pengujian, tinggi turbin angin, dimensi rotor turbin, dan modifikasi pada turbin angin tersebut. Hal yang paling mempengaruhi kemampuan *cut in speed* adalah dimensi dari rotor turbin, sistem transmisi yang digunakan, dan generator yang digunakan.

## KESIMPULAN

Penambahan *fin* pada sudu turbin dapat meningkatkan kemampuan *cut in speed* turbin angin Savonius. Semakin banyak jumlah *fin* yang digunakan pada sudu turbin akan

meningkatkan kemampuan *cut in speed* dari turbin angin Savonius. Variasi penambahan 4 *fin* mempercepat kemampuan *cut in speed* pada kecepatan 1,8 m/s. Dengan mengetahui pengaruh bentuk rotor, dimensi rotor, penambahan *fin* bisa didapatkan alternatif untuk meningkatkan kemampuan *cut in speed* turbin angin Savonius.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin, M Arif. (2010). *Studi Eksperimental Performansi Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) dengan Variasi Desain Turbin*. Jurnal Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ajao, K R., & Adeniyi, J S O. (2009). Comparison of Theoretical and Experimental Power Output of Small 3-Bladed Horizontal-Axis Wind Turbine. *Journal of American Science*, 5 (4).
- Akwa, J V., dkk. (2012). A Review on the Performance of Savonius Wind Turbines. *Renewable and Sustainable Energy Riviews*, 16, 3054-3064.
- Daryanto, Y. (2007). *Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Yogyakarta: Balai PPTAGG - UPT-LAGG.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2015). *Rencana Strategis Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2015-2019*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Handoyo, Tri. (2012). *Pengaruh Overlap Sudu dan Penambahan Fin pada Rotor Savonius Tipe-L*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Hansen, Martin O.L. (2008). *Aerodynfacmics of Wind Turbines-2nd Edition*. London: Earthscan.
- Hasan, Olla DS., dkk. (2013). Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah *Fin* pada Sudu. *Jurnal Teknik POMITS*, 2 (2), 350-355.
- Irawan, Rudi. (2014). *Pengaruh Profil dan Jumlah Sudu pada Variasi Kecepatan Angin terhadap Performa Turbin Angin Vertikal Axis Savonius*. Skripsi. Surakarta: UNS.
- Kamal, Faizul M. (2008). Aerodynamics Characteristics of A Stationary Five Bladed Vertical Axis Vane Wind Turbine. *Journal of Mechanical Engineering*, ME39 (2), 95-99.
- Mahmoud, N H., dkk. (2012). An Experimental Study on Improvement of Savonius Rotor Performance. *Alexandria Engineering Journal*, 51 (1), 19-25.
- Nakajima, M., Lio, S., & Ikeda, T. (2008). Performance of Double-step Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hidroulic Turbine. *Journal of Fluid Science And Technology*, 3 (3), 410-419.
- Rizkiyanto, Satriya., dkk. (2015). Perancangan Turbin Angin Tipe Savonius Dua Tingkat dengan Kapasitas 100 Watt untuk Gedung Syariah Hotel Solo. *Mekanika* 14 (1), 8-12.
- Wenehenubun, Frederikus., dkk. (2014). An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related with the Number of Blades. *Energy Procedia*, 68, 297-304.
- Wijayanto, Danar S., & Indah Widiastuti. (2016). Pompa Air Bertenaga Hibrid untuk Irigasi Tanaman Buah Naga. *Vanos Journal of Mechanical Engineering Education*, 1 (2), 169-178.
- Zulfikar. dkk. (2011). Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Torsi dan Putaran Turbin Savonius Type U. *Jurnal Teknik Mesin ISSN 1829-8958*, 8 (2), 103-108.

