

# UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO LEBAR DAN TINGGI SUDU SAVONIUS TAMBAHAN PADA ROTOR TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DARRIEUS TERHADAP KEMAMPUAN *SELF STARTING* DAN JUMLAH PUTARAN TURBIN

Mochamad Bastomi \*)

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Kotabaru, Kalimantan Selatan

Email: [m.bastomi09@gmail.com](mailto:m.bastomi09@gmail.com)

## ABSTRAK

Kekurangan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) Darrieus Troposkein adalah tidak mampu *self starting* pada kecepatan angin rendah. TASV jenis lain yang mampu *self starting* pada kecepatan angin rendah adalah jenis Savonius. Penelitian ini membahas tentang pengaruh rasio lebar dan tinggi sudu Savonius tambahan pada rotor TASV Darrieus troposkein terhadap kemampuan *self starting* dan jumlah putaran turbin. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variasi desain sudu Savonius tambahan pada rasio lebar dan tinggi rotor 0.718, 0.738 dan 0.758, dan masing-masing memiliki luas penampang sapuan yang sama sebesar 0.04 m<sup>2</sup> yang dipasang di bawah rotor TASV Darrieus *simetric* troposkein yang memiliki luas penampang sapuan sebesar 0.04 m<sup>2</sup> dan diuji pada kecepatan angin 2 m/s untuk memperoleh respon waktu *self starting* dan jumlah putaran turbin. Data pengujian dianalisa untuk diketahui pengaruh variasi rasio lebar dan tinggi sudu Savonius tambahan terhadap kemampuan *self starting* dan jumlah putaran turbin. Diperoleh hasil rasio antar lebar dan tinggi sudu Savonius tambahan 0.738 mampu meningkatkan kemampuan *self starting* yang lebih baik dibanding 0.758 dan 0.718. Rasio antar lebar dan tinggi sudu Savonius tambahan 0.758 mampu menghasilkan jumlah putaran turbin yang lebih baik dibanding 0.718 dan 0.738.

**Kata kunci:** rasio lebar dan tinggi, *self starting*, jumlah putaran

## ABSTRACT

*Lack of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Darrieus Troposkein is unable to self-start at low wind speeds. Another type of VAWT that is capable of self-starting at low wind speeds, is the Savonius type. This study discusses the effect of width and height ratio of additional Savonius blades on the Darrieus Troposkein VAWT rotor on self starting capability and number of turbine turns. The method used was an experiment with additional Savonius blade design variations in the width and height rotor ratios of 0.718, 0.738 and 0.758, and each had the same swept area of 0.04 m<sup>2</sup> mounted under the Darrieus symmetric troposkein VAWT rotor which has a swept area of 0.04 m<sup>2</sup> and tested at wind speed of 2 m / s to obtain the response time of self starting and number of turbine turns. The test data was analyzed to determine the effect of variations in the ratio of width and height of the additional Savonius rotor to the ability of self starting and number of turbine turns. The ratio between the width and height of the Savonius blade is an additional 0.738, which is able to improve the self-starting ability which is better than 0.758 and 0.718. The ratio between the width and height of the Savonius blade with an additional 0.758 can produce a better number of turbine turns compared to 0.718 and 0.738.*

**Keywords:** width and height ratio, *self starting*, number of turns

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan kondisi geografis wilayah kepulauan, kecepatan angin terbanyak bulanan 1.5 m/s maksimal rata-rata 12 m/s dan arah angin yang sering berubah (BMKG Stagen, 2013) serta belum tersedianya jaringan listrik di daerah pedalaman di Kabupaten Kotabaru [1], maka terdapat peluang besar untuk pemanfaatan energi angin sebagai sumber pembangkit listrik. Turbin angin sumbu

vertikal yang mempunyai efisiensi tertinggi sebagai pembangkit listrik adalah jenis Darrieus Troposkein. Tetapi kekurangan turbin ini tidak mampu *self starting* pada kecepatan angin rendah. Turbin angin sumbu vertikal jenis lain yang mampu *self starting*, tetapi memiliki efisiensi yang rendah adalah jenis Savonius. [2].

Oleh karena itu, turbin Darrieus perlu dimodifikasi dengan penambahan sudu Savonius agar mampu *self starting* pada kecepatan angin rendah. Yang menjadi permasalahan dari penelitian

ini adalah berapa ukuran sudu Savonius yang harus ditambahkan pada Rotor turbin Darrieus agar kemampuan *self starting* turbin dapat meningkat secara optimal serta bagaimana pengaruhnya terhadap jumlah putaran rotor turbin. Ukuran sudu terkait dengan luas permukaan sapuan dan rasio antara lebar dan tinggi sudu Savonius tambahan.

Ukuran turbin angin diukur dalam bentuk *swept area* (luas permukaan sapuan), atau luas permukaan sapuan dari perputaran sudu turbin. Adapun luas permukaan sapuan untuk turbin angin sumbu horizontal dihitung menggunakan persamaan 1 berikut. [3].

$$S = 0.785 D^2 \quad (1)$$

Sedangkan untuk turbin angin sumbu vertikal dengan *aspec ratio* (perbandingan antara tinggi dengan diameter rotor) sebesar 1.5, maka luas permukaan sapuan turbin angin dihitung menggunakan persamaan 2. [3].

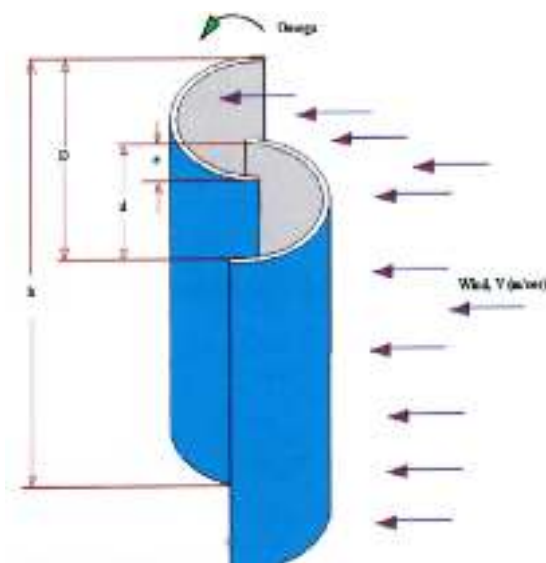
$$S = 1.000 D^2 \quad (2)$$

Di mana :

*S*: luas permukaan sapuan,

*D*: diameter rotor.

Bentuk sudu TASV Darrieus pada umumnya menggunakan *airfoil* yang simetris jenis NACA 00XX karena mempunyai gaya angkat tinggi, karakteristik *stall* yang baik dikombinasikan dengan *drag* yang rendah dan tersedianya kinerja. Rotor sebelumnya menggunakan *airfoil* yang lebih tipis yaitu jenis NACA 0012 dan NACA 0015. Namun, persyaratan peningkatan kekuatan menyebabkan beberapa produsen untuk memilih NACA 0018 *airfoil*. [3].



Gambar 1. Savonius Rotor [4].

Luas permukaan sapuan turbin Savonius adalah

$$A = h(2d-e) = h \times D, \text{ (m}^2\text{)} \quad (3)$$

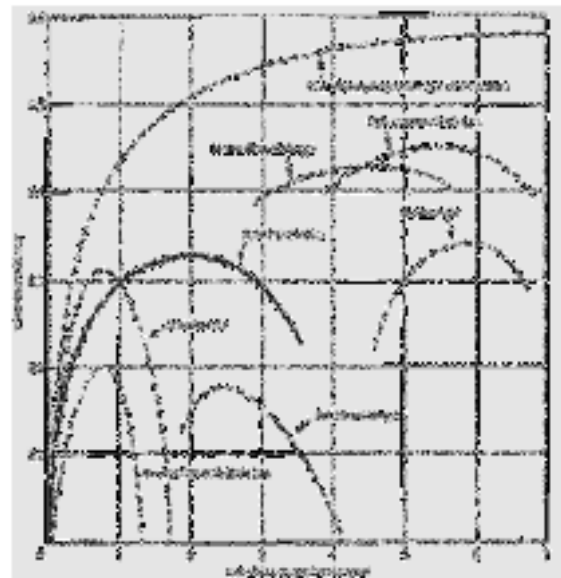
Rasio antara  $d/h$  yang menghasilkan torsi dan  $C_p$  terbaik adalah 0.42. [4].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Menet dan Bourabaa (2003) dalam Leal (2008) dengan cara membuat variasi rasio antara celah dengan diameter ( $e/d$ ) guna meningkatkan  $C_p$ . Rentang nilai dievaluasi untuk rasio  $e/d$  adalah 0.1 sampai dengan 0.5 dan mereka menyimpulkan bahwa kinerja optimal diperoleh pada rasio  $e/d$  0.242.

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh Mohammed Hadi Ali (2013) menyatakan bahwa turbin angin Savonius dengan dua buah sudu lebih efisien dibanding turbin angin Savonius tiga sudu karena memiliki koefisien daya lebih tinggi.[5]

Dari kajian yang telah dilakukan oleh W. Roynarin (2004) menyatakan bahwa rotor Savonius dua susun lebih unggul dalam kerampingan dibandingkan dengan satu susun dan penambahan piringan pelat pada ujung bawah, antara dan ujung atas rotor Savonius menambah kinerja rotor bila dibandingkan dengan rotor tanpa piringan di masing-masing ujung rotor.

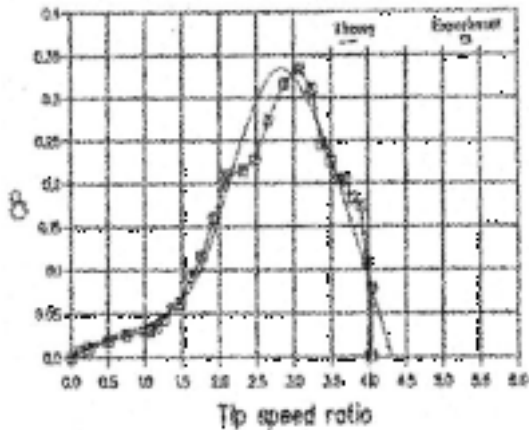
William S. Becker pada November 2006 dalam Leal (2008) telah merilis paten turbin angin hybrid Savonius-Darrieus yang berhasil mencapai  $C_p$  lebih tinggi sekitar 30% pada TSR sekitar 2.



Gambar 2.  $C_p$  according to the TSR for the most common WT's. [6].

Ini berarti bahwa kecepatan kerja lebih tinggi daripada hanya rotor Savonius saja.

A.M. Elmabrok (2009) menguji kinerja mesin gabungan Savonius-Darrieus. Turbin Darrieus (tiga rotor berbilah radius,  $R = 0.375$  m, dan tinggi,  $H = 0.75$  m) dikombinasikan dengan tiga model savonius yang berbeda (setengah lingkaran,  $b/c = 0.0$ ,  $b/c = 0.25$ , dan model Bach) dan diperoleh hasil

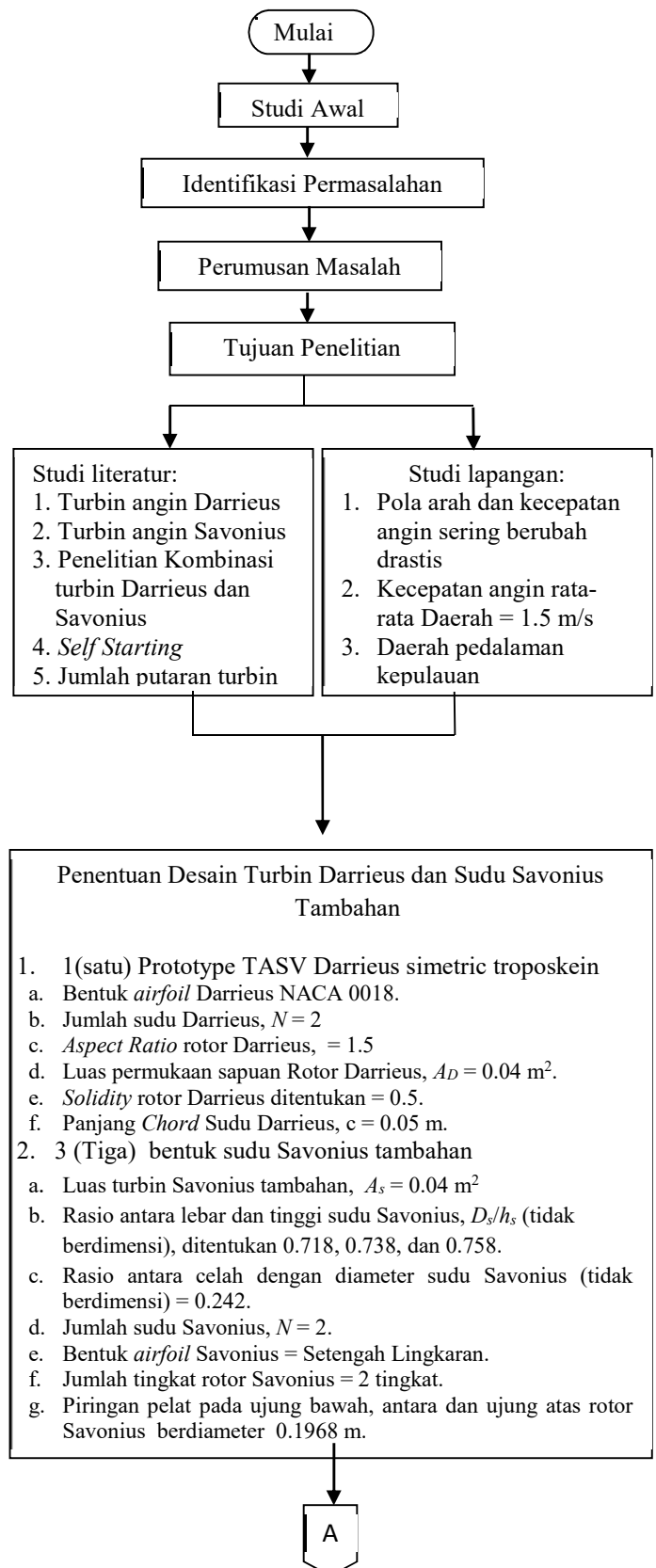


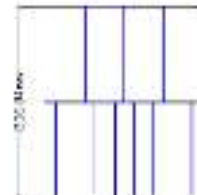
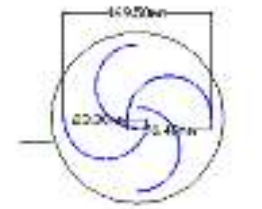
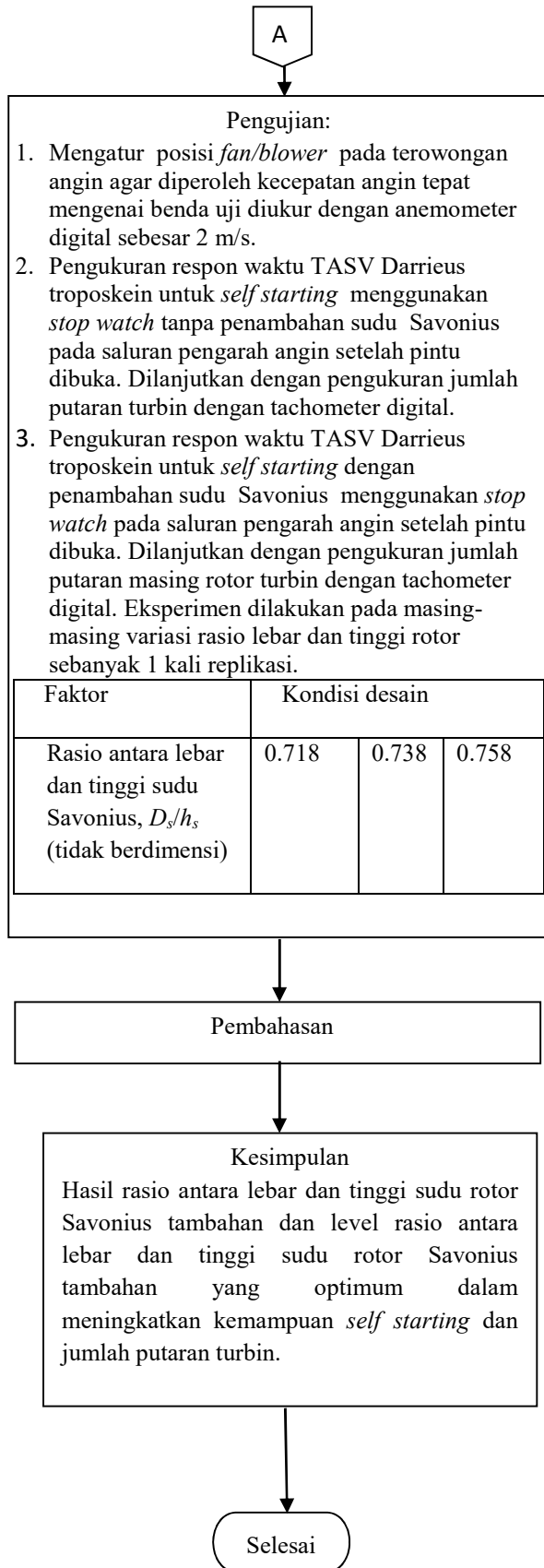
Gambar 3. Perbandingan daya hasil teoritis dengan eksperimen rotor Darrieus-Savonius (model profil semi circular  $b/c = 0.25$ ,  $H/c=2.85$ ). [2].

Berdasarkan pemodelan teoritis, maksud dan keberhasilan dalam meningkatkan kemampuan *self starting* dapat dievaluasi. Sulit untuk mengetahui pengaruh aspek rasio terhadap kemampuan *self starting*. Tapi dengan jumlah sudu turbin meningkat, dapat dilihat pengaruh peningkatan jelas kemampuan untuk *self starting*. Tapi jika jumlah sudu lebih dari empat bilah, turbin menjadi tidak layak dan ada sejumlah faktor seperti kinerja daya, ekonomi, inersia rotor dan lain-lain perlu dipertimbangkan. Meskipun soliditas tinggi dan bilangan Reynolds meningkatkan *self starting*, aspek ekonomi faktor-faktor ini harus dipertimbangkan. Selain itu, profil sudu yang tebal memiliki pengaruh yang signifikan pada peningkatan *self starting*. [7]. Semakin besar jumlah putaran turbin akan meningkatkan daya keluaran turbin tersebut jika memiliki torsi yang konstan.

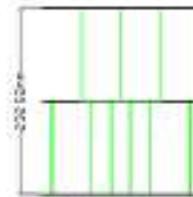
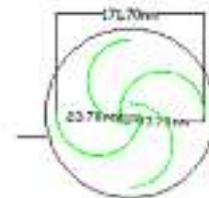
## 2. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian dilakukan dengan metode *eksperimen*. Data hasil eksperimen diolah untuk diketahui pengaruhnya yang optimal dalam meningkatkan kemampuan *self starting* dan jumlah putaran turbin.

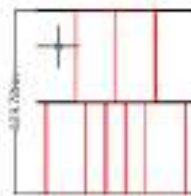
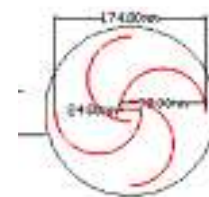




(1)  $A_s = 0.04 \text{ m}^2$ ,  
 $D_s/h_s = 0.718$



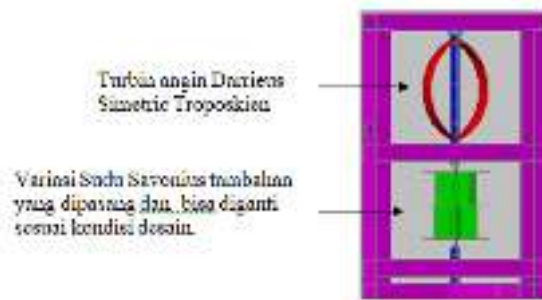
(2)  $A_s = 0.04 \text{ m}^2$ ,  
 $D_s/h_s = 0.738$



(3)  $A_s = 0.04 \text{ m}^2$ ,  
 $D_s/h_s = 0.758$

Gambar 6. (1), (2), dan (3) merupakan bentuk sudu rotor Savonius tambahan

Gambar 5. Alur Penelitian



Gambar 7. Rancangan penempatan rotor Savonius tambahan pada TASV Darrieus troposkien.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil eksperimen rotor Darrieus Troposkien sebelum penambahan sudu dan sesudah penambahan variasi bentuk sudu Savonius diperoleh data respon waktu *self starting* pada masing-masing rotor seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil eksperimen respon waktu *self starting* rotor Darrieus yang diteliti

EKSPERIMEN	LUAS PERMUKAAN SAPUAN ROTOR DARRIEUS (m <sup>2</sup> )	RESPON <i>SELF STARTING</i> TURBIN: D = DIAM, S = <i>SELF STARTING</i>	WAKTU YANG DIPER-LUKAN UNTUK <i>SELF STARTING</i> t (s)
1	0.04	D	-
2	0.04	D	-
3	0.04	D	-

Tabel 2. Hasil eksperimen pengukuran putaran rotor Darrieus yang diteliti

EKSPERIMEN	LUAS PERMUKAAN SAPUAN ROTOR DARRIEUS (m <sup>2</sup> )	RESPON <i>SELF STARTING</i> TURBIN: D = DIAM, S = <i>SELF STARTING</i>	JUMLAH PUTARAN ROTOR TURBIN GABUNGAN n (rpm)
1	0.04	D	0
2	0.04	D	0
3	0.04	D	0

Berdasarkan data hasil eksperimen yang pertama pada Tabel 1 dan Tabel 2, dapat dilihat bahwa turbin angin Darrieus simetris troposkein tidak mampu melakukan *self starting* pada

kecepatan angin 2 m/s dan jumlah putarannya nol.

Tabel 3. Hasil eksperimen respon waktu *self starting* rotor Darrieus terhadap penambahan sudu rotor Savonius tambahan dengan luas penampang 0.04 m<sup>2</sup> yang diteliti

EKSPERIMEN	LUAS PERMUKAAN SAPUAN ROTOR DARRIEUS (m <sup>2</sup> )	RASIO LEBAR DAN TINGGI ROTOR SAVONIUS TAMBAHAN <i>Ds/hs</i>	RESPON <i>SELF STARTING</i> TURBIN: D = DIAM, S = <i>SELF STARTING</i>	WAKTU YANG DIPER-LUKAN UNTUK <i>SELF STARTING</i> t (s)
1	0.04	0.718	S	3.35
2	0.04	0.738	S	2.83
3	0.04	0.758	S	2.88

Tabel 4. Hasil eksperimen pengukuran putaran rotor Darrieus terhadap penambahan sudu rotor Savonius tambahan dengan luas penampang 0.04 m<sup>2</sup> yang diteliti

EKSPERIMEN	LUAS PERMUKAAN SAPUAN ROTOR DARRIEUS (m <sup>2</sup> )	RASIO LEBAR DAN TINGGI ROTOR SAVONIUS TAMBAHAN <i>Ds/hs</i>	RESPON <i>SELF STARTING</i> TURBIN: D = DIAM, S = <i>SELF STARTING</i>	JUMLAH PUTARAN ROTOR TURBIN GABUNGAN n (rpm)
1	0.04	0.718	S	198
2	0.04	0.738	S	174
3	0.04	0.758	S	200

Berdasarkan data hasil eksperimen pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa turbin angin Darrieus simetris troposkein dengan penambahan sudu Savonius setengah lingkaran yang memiliki luas penampang sapuan 0.04 m<sup>2</sup> dan rasio lebar dan tinggi rotor 0.738, mampu melakukan *self starting* pada kecepatan angin 2 m/s dengan respon waktu tercepat 2.83 s mulai berputar setelah pintu terowongan angin dibuka.

Berdasarkan data hasil eksperimen pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa turbin angin Darrieus simetris troposkein dengan penambahan sudu Savonius setengah lingkaran yang memiliki luas penampang sapuan 0.04 m<sup>2</sup> dan rasio lebar dan

tinggi sudu 0.758 pada kecepatan angin 2 m/s menghasilkan putaran terbesar 200 rpm.



Gambar 8. Proses pengujian penambahan sudu Savonius pada rotor TASV Darrieus

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rasio lebar dan tinggi sudu Savonius yang ditambahkan memberikan pengaruh terhadap kemampuan *self starting* turbin Darrieus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio antar lebar dan tinggi sudu rotor Savonius tambahan 0.738 mampu meningkatkan kemampuan *self starting* rotor Darrieus dengan respon waktu tercepat sebesar 2.83 s lebih baik dibandingkan dengan rasio antar lebar dan tinggi sudu rotor Savonius tambahan 0.758 dan 0.718.
2. Diperoleh sudu Savonius tambahan optimal dengan luas permukaan sapuan  $0.04 \text{ m}^2$  dengan rasio antara lebar dan tinggi rotor Savonius tambahan 0.758, pada kondisi kecepatan angin 2 m/s mampu menghasilkan jumlah putaran turbin 200 rpm

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Maskuriah, U. 2013. Listrik Mikro Hidro Jadi Alternatif. Melalui <http://kalsel.antaranews.com/berita/6762/listrik-mikro-hidro-jadi-alternatif>. Akses Mei 2020.
2. Elmabrok, A.M. 2009. *Estimation of The Performance of The Darrieus Savonious Combined Machine*. EVER MONACO.
3. Paraschivoiu, I. 2002. *Wind Turbine Design with Emphasis of Darrieus Concept*. Presses internationales Polytechnique, Canada.
4. Roynarin, W. 2004. *Optimisation of Vertical Axis Wind Turbines*. Doctoral Thesis, Northumbria University.
5. Ali, M. H. 2013. *Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two & Three Blades At Low Wind Speed*. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). Vol.3, Issue. 5: 2978-2986.
6. Leal, C.H.V. 2008. *Optimization of the efficiency of a Savonius wind turbine for urban media using a genetic algorithm*. Instituto Tecnológico De Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.
7. Dominy, R. et al. 2007. *Self-Starting Capability of a Darrieus Turbine*. Proceedings of the I MECH E part A : journal of power and energy, Vol. 221: 111-120.