

# Pengujian Unjuk Kerja Turbin Angin Type Savonius Dua Tingkat Delapan Sudu Lengkung U

*Syamsul Bahri<sup>1</sup> dan Suheri<sup>2</sup>*

1,2) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Samudra, Meurandeh, Langsa 24416, Aceh

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2014

Direvisi dari 20 Mei 2014

Diterima 30 Mei 2014

### Kata Kunci:

Kekurangan energi,  
sumber daya angin,  
energi terbarukan,  
konversi energi,  
turbin angin savonius

## ABSTRAK

Krisis energi dewasa ini merupakan dampak dari ketergantungan terhadap energi fosil yang terus meningkat, padahal ketersediaannya sangat terbatas. Upaya untuk melepaskan diri dari penggunaan energi fosil menyebabkan sumber-sumber energi terbarukan menjadi alternatif yang semakin dimaksimalkan pemanfaatannya. Energi angin, yang merupakan salah satu energi terbarukan, dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan cara menggerakkan generator listrik melalui perubahan gerak rotasi sudu turbin. Salah satu konsep turbin angin yang umum digunakan adalah turbin angin Savonius. Turbin ini dikenal memiliki efisiensi rendah, akan tetapi konstruksinya yang murah dan sederhana, serta dapat menerima angin dari segala arah dan torsi awal yang tinggi. Fokus penelitian ini adalah bagaimana menguji unjuk kerja turbin angin Savonius 2 tingkat sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik skala kecil melalui energi terbarukan yaitu angin sebagai sumber energi. Berdasarkan pada pengujian dengan beban generator, pada kecepatan angin 6,73 m/s, maka putaran maksimum yang dihasilkan Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat adalah 78 rpm dengan daya bangkitkan 179.23 W. Putaran minimum yang dihasilkan adalah 30 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 4.91 W pada kecepatan angin 2.03 m/s. Sedangkan pada pengujian tanpa beban generator, putaran maksimum yang dihasilkan Turbin angin Savonius 1 (satu) tingkat adalah 83 rpm dengan daya yang dibangkitkan adalah 103.75 W pada kecepatan angin 7.01 m/s. Putaran minimum yang dihasilkan adalah 32 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 3.43 W pada kecepatan angin 2.25 m/s.

© 2014 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi di Indonesia secara umum meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan perekonomian maupun perkembangan teknologi. Dari data pemakaian energi di Indonesia saat ini lebih dari 90% penduduk Indonesia masih menggunakan energi yang berbasis fosil, yaitu minyak bumi 54.4%, gas 26.5% dan batu bara 14.1%. Untuk energi dengan panas bumi 1.4%, PLTA 3.4% sedangkan energi baru dan terbarukan (EBT) lainnya 0.2%, diantaranya energi angin yang keberadaannya tersebar diseluruh wilayah Indonesia (Kementerian Energi Sumber Daya Mineral). Kebutuhan listrik di Indonesia diproyeksikan akan meningkat dari

14.275 milyar watt pada tahun 2002 melonjak menjadi 26.018 milyar watt pada tahun 2025 dan untuk mendapatkan energi listrik tersebut sebagian besar diperoleh dari batu bara yaitu hampir 40% diikuti oleh gas [1,2,3]

Energi angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi menggunakan turbin angin. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat dimanfaatkan secara langsung atau dikonversi menjadi energi listrik. Prinsip konversi energi angin menjadi energi listrik adalah sebagai berikut: Angin yang melalui sudu-sudu kincir menyebabkan kincir berputar, putaran kincir menyebabkan generator ikut berputar sehingga menjadi energi listrik.

Aplikasi energi angin pada penelitian ini dimanfaatkan secara mekanik langsung dikonversi menjadi energi listrik skala kecil.

Konsep turbin angin Savonius tidak pernah menjadi terkenal sampai sekarang ini, karena rendahnya efisiensi. Walaupun demikian, turbin angin Savonius mempunyai keuntungan lain yaitu: Konstruksi murah dan sederhana, dapat menerima angin dari segala arah, torsi awal tinggi. Turbin angin Savonius terdiri dari poros vertikal, sudu (*bucket*) yang berbentuk huruf “S” dan peralatan tambahan lain, tergantung pada tujuan pada tujuannya. Sudu Savonius dapat dibuat dari bahan seperti; pipa, drum minyak, triplek dan lembaran pelat. Turbin angin Savonius dapat dipasang berdekatan dengan tanah, sehingga tidak memerlukan biaya yang besar untuk membangun tower yang tinggi dan besar [4,5]

Adapun permasalahan pada penelitian ini ini adalah bagaimana menguji unjuk kerja turbin angin Savonius 2 tingkat sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik skala kecil melalui energi terbarukan yaitu angin sebagai sumber energi. Tujuan penelitian ini ini adalah untuk membuat dan menguji turbin angin tipe Savonius 2 tingkat, yang memiliki 2 sudu tiap tingkat melalui karakteristik perbandingan terhadap putaran pada variasi kecepatan angin [6,7]

## 2. Metode Penelitian

Tahap pertama dari kegiatan penelitian ini adalah melakukan observasi lapangan, dimana peneliti mempelajari beberapa situasi yang berkaitan langsung dengan keadaan pada lokasi pengujian. Dari hasil pengamatan terhadap beberapa daerah yang dianggap baik untuk melakukan pengujian, maka dipilih daerah yang memiliki kecepatan angin rata-rata 4,5 m/s. Yaitu kawasan Pelabuhan Kuala Langsa. Selanjutnya adalah studi literatur untuk mengumpulkan data dari referensi terkait berikut data-data dari penelitian sebelumnya, kemudian dijadikan suatu perbandingan dengan menganalisa rumus-rumus yang berkaitan pada judul tugas akhir ini. Demikian juga dengan pencarian informasi melalui media internet untuk mendukung proses pengumpulan data turbin angin.

Pengolahan data dilakukan berdasarkan hasil data yang diperoleh dari beberapa metode diatas, maka data yang dihasilkan kemudian disesuaikan dengan prosedur pengujian. Berdasarkan analisis terhadap variabel yang terlibat dalam penelitian ini, maka beberapa variabel yang

diukur antara lain adalah putaran poros turbin (Rpm), Putaran pada puli generator (Rpm), dan Kecepatan angin (V)

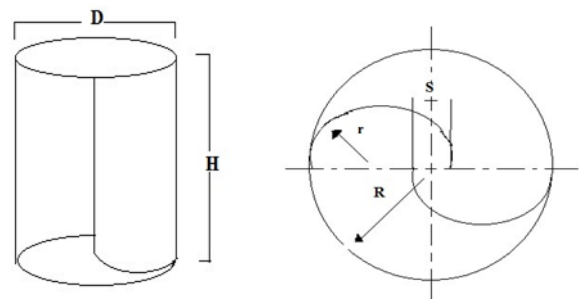
**Lokasi Pengujian.** Pengujian Turbin angin Savonius berlokasi di Pelabuhan Kuala Langsa. Dipilihnya tempat ini sebagai lokasi pengujian karena energi angin di daerah ini tersedia secara berkesinambungan, sehingga memudahkan dalam melakukan pengujian. Selain itu, daerah ini memiliki kecepatan angin rata-rata 4,5 m/s.

**Alat-alat Pengujian.** Adapun beberapa alat-alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Daftar peralatan yg digunakan dalam pengujian**

Alat	Fungsi
Anemometer	Berfungsi sebagai alat pengukur kecepatan angin.
Alternator	Berfungsi sebagai alat yang mengubah gaya gerak menjadi arus listrik.
Tachometer	Berfungsi sebagai alat untuk mengukur putaran tiap menit (rpm)
Lampu/ beban.	Berfungsi sebagai beban dalam percobaan ini dan beban ini yang akan diukur. Lampu yang digunakan adalah 2,5 V
Multitester	Berfungsi sebagai alat pengukur kelistrikan pada beban yang diberikan.

**Perangkat Pengujian.** Turbin ini terdiri dari dua buah sudu tiap tingkat yang di pasang dengan beda sudut 90 derajat, masing-masing tingkat terdiri dari dua buah sudu (*bucket*). perbandingan jarak gap dengan jari-jari bucket (R) sehingga jarak gap antara bucket (r). sementara plat yang menjadi landasan kedua bucket berdiameter (D) (Gambar 1)



(Sumber: Gary L. Jhonson {3})

**Gambar 1. Sketsa dua sudu lengkung U ((Sumber: Gary L. Jhonson {3})**

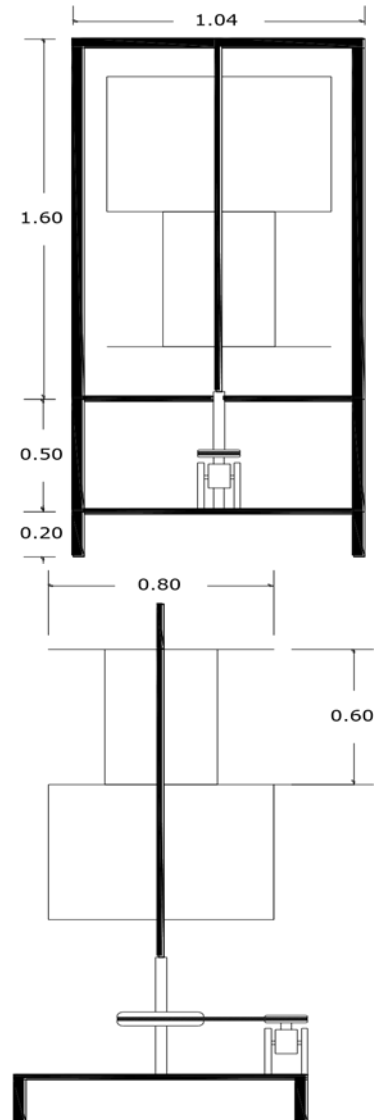
Sudu (*bucket*) terbuat dari bahan aluminium dengan ketebalan 2 mm. *Bucket* di lekatkan pada plat landasannya dengan menggunakan paku keling, kemudian plat landasan diikat dengan baut pada poros yang telah dipasang *flange*. Dua buah bantalan digunakan pada poros untuk mengurangi gesekan, satu buah bantalan di pasang pada dudukan tengah poros, sementara satu lagi dipasang antara sudu (*bucket*) turbin dengan sistem transmisi, yang di pasang di bawah.

Pada penelitian ini, putaran poros turbin dimanfaatkan untuk menggerakkan alternator dan kemudian diteruskan pada beban (lampu). Putaran poros turbin diteruskan melalui sebuah transmisi keporos alternator. Sistem transmisi ini terdiri dari dua buah puli yang berbeda diameter dan sebuah sabuk tipe V. puli yang dipasang pada poros turbin, sementara puli yang lebih kecil dipasang pada poros alternator.

Sudu (*bucket*) Savonius dan sistim transmisi di rangkai pada sebuah rangka yang terbuat dari besi siku L. Rangka ini terbagi, dua bagian, bagian pertama adalah tempat dipasangnya baling-baling beserta poros, bagian kedua merupakan kaki dari rangka di atas dan juga difungsikan untuk tempat pemasangan generator. Kedua rangka ini dapat dipisahkan sehingga memudahkan dalam pengangkutan.

**Prosedur Pengujian.** Sudu (*bucket*) Savonius yang telah dirangkai dengan sistim transmisi pada sebuah rangka, di tempatkan pada lokasi alam terbuka tanpa ada sesuatu hal yang menyebabkan terhalangnya aliran angin ke sudu (*bucket*) turbin angin (Gambar 2).

Pengukuran putaran poros turbin dengan digital *tachometer*, penangkap *Sensor tachometer* dipasang pada poros turbin angin tepatnya di bawah puli. Sementara untuk mengukur kecepatan angin, *anemometer* langsung dipegang oleh penguji yang mengambil posisi berdekatan perangkat alat uji tetapi tidak menghalangi aliran angin ke baling-baling turbin angin. Pengujian ini berlangsung pada siang hari, di mulai jam 09.00-18.00 wib, pengambilan data yang pertama dimulai setelah beberapa saat turbin berputar. Pengukuran kecepatan angin, putaran poros dan arus yang keluar di lakukan setiap 15 menit. Untuk mendapatkan data yang lebih baik pengujian dilakukan oleh tiga orang peneliti yang masing-masing mengambil posisi pada alat ukur, yang bertugas mencatat data yang terlihat layar alat ukur pada waktu yang sama.



Gambar 2. Sketsa pengujian turbin savonius

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data-data seperti kecepatan angin, putaran poros turbin angin dan arus listrik yang diperoleh dan hasil pengukuran selama 9 jam pengujian turbin angin Savonius yang nantinya ditunjukkan dalam tabel dan grafik. Berdasarkan data-data tersebut beberapa parameter lain dari turbin angin Savonius dapat ditentukan, seperti : Perhitungan untuk Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat yang memiliki 2 sudu lengkung U tiap tingkat. Parameter-

parameter dari Turbin angin Savonius untuk data hasil pengukuran jam 14:45 WIB.

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan di lapangan maka pengujian dilakukan dalam 2 (dua) tahap, yaitu pada tahap pertama pengujian dilakukan pada Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat dan memiliki 2 (dua) sudu lengkung U masing-masing tingkat. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 28 maret 2013, dimulai pada pukul 09.00-18.00 WIB yang bertempat di Pelabuhan Kuala Langsa. Sedangkan pada tahap kedua pengujian di lakukan pada turbin angin Savonius satu tingkat dan hanya memiliki 2 (dua) sudu lengkung U. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 29 Maret 2013 dan dimulai pada jam dan tempat yang sama seperti Turbin angin 2 (dua) tingkat.

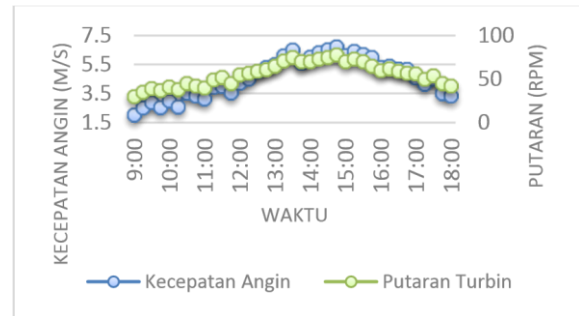
Hasil dari pengujian turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat dapat dilihat pada beberapa Tabel dan Grafik. Pada Grafik 3 menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dan turbin. Pada grafik dibawah ini dapat dilihat bahwa pada pukul 09.00-09.30 kecepatan keduanya berjalan dengan lancar, namun pada jam berikutnya terjadi perubahan karena adanya kerugian (*loses*) yang terjadi pada turbin terutama pada sudu turbin, pada waktu pukul 13.30-13.45 terjadi perubahan kecepatan angin, namun tidak terlalu berpengaruh terhadap kecepatan turbin. Pada Gambar 3 kecepatan maksimum angin adalah 6.73 m/s dan kecepatan maksimum turbin 3.91 m/s terjadi pada pukul 14.45 WIB.



Gambar 3. Hubungan Kecepatan angin dengan sudu turbin

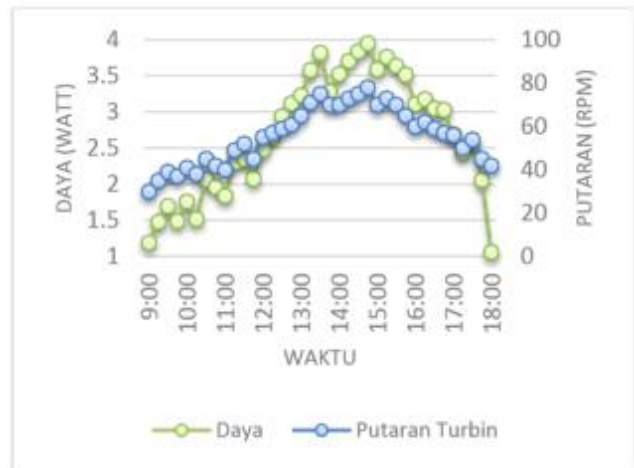
Wilayah Pelabuhan Kuala Langsa memiliki kecepatan angin rata-rata 4, 5 m/s, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Kecepatan awal angin pada pukul 09.00 WIB adalah 2.03 m/s dan kecepatan akhir angin pada pukul 18.00 adalah 3.35 m/s. Sedangkan kecepatan maksimum angin adalah 6.73 m/s dan putaran turbin ialah 78 Rpm. Pada grafik dibawah ini bahwa terjadi beberapa kali perubahan putaran. Hal ini disebabkan karena pada saat pengujian kepada

angin tidak konstan sehingga mempengaruhi putaran turbin.



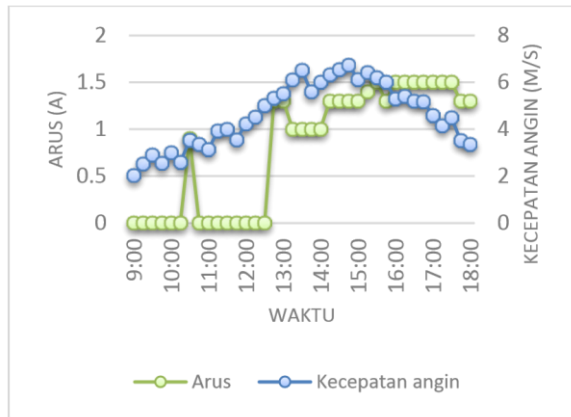
Gambar 4. Hubungan antara kecepatan angin dan putaran turbin

Perhitungan daya yang dihasilkan Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat ini merupakan hasil perhitungan teoritis. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Grafik 5. Dari grafik dibawah ini dapat disimpulkan bahwa daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin adalah 3.95 W pada saat putaran 78 (Rpm) sementara daya minimum yang dibangkitkan turbin adalah 1.19 W pada putaran 30 Rpm



Gambar 5. Hubungan antara

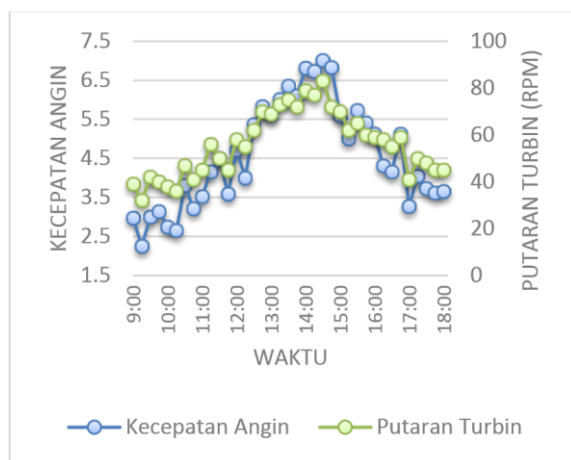
Hubungan antara daya *output* dan arus dihitung dalam satuan arus dan voltase (V) hanya untuk mengetahui besarnya arus yang dihasilkan turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat. Hubungan ini terdapat pada Grafik 6. Pada grafik ini pada saat pukul 12.45 WIB arus yang dihasilkan turbin adalah 1.3 A dan pada daya 3.12 W atau pada kecepatan 5.32 m/s lampu/beban menyala. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan pada saat kecepatan angin diatas 5.00 m/s lampu dapat menyala tetapi belum sempurna. Sedangkan pada kecepatan angin diatas 6.00 m/s lampu dapat menyala dengan sempurna.



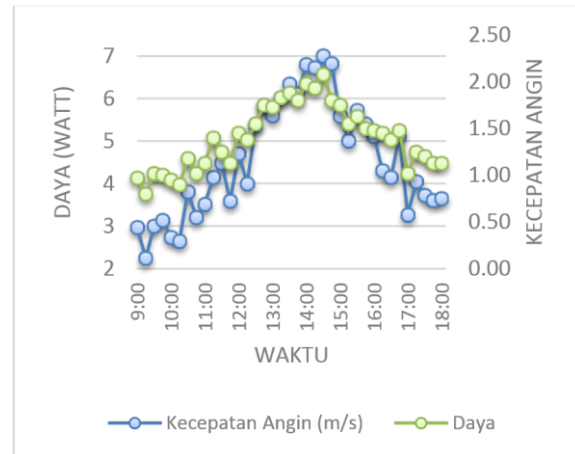
Gambar 6. Hubungan Kecepatan Angin dan Arus

Pada tahap kedua peng-ujian dilakukan pada turbin angin Savonius 1 (satu) tingkat dan yang memiliki 2 (dua) sudu lengkung U. Pengujian ini dilakukan pada tempat dan jam yang sama seperti pada turbin angin 2 (dua) tingkat. Pengujian turbin angin Savonius 1 (satu) tingkat ini tidak menggunakan beban (generator) karena turbin angin Savonius 1 (satu) tingkat tidak mampu berputar ketika dipasang sabuk V pada puli generator. Hal ini disebabkan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi turbin angin tidak berputar diantara terjadi perbedaan luas penampang turbin, antara turbin angin 1 (satu) tingkat dengan 2 (dua) tingkat dan secara otomatis akan mempengaruhi gaya dorong (*drag force*) pada sudu turbin.

Pada Grafik 7 hubungan antara kecepatan angin dan rpm. Pada grafik dibawah ini kecepatan angin maksimum adalah 7.01 m/s dan menghasilkan putaran 83 Rpm pada pukul 14.30 WIB, sedangkan daya yang dihasilkan adalah 2.06 W.



Gambar 7. Hubungan kecepatan angin dan putaran turbin



Gambar 8. Hubungan antara kecepatan angin dan daya

Hubungan antara kecepatan angin dan turbin ditunjukkan pada Grafik 8. Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa kecepatan angin maksimum adalah 7.01 m/s dan kecepatan minimum turbin adalah 2.08 m/s pada pukul 14.30 WIB.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian, pada pengujian dengan beban generator, putaran maksimum yang dihasilkan Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat adalah 78 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 179.23 W pada kecepatan angin 6,73 m/s. Putaran minimum yang dihasilkan adalah 30 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 4.91 W pada kecepatan angin 2.03 m/s. Sedangkan pada pengujian tanpa beban generator, putaran maksimum yang dihasilkan Turbin angin Savonius 1 (satu) tingkat adalah 83 rpm dengan daya yang dibangkitkan adalah 103.75 W pada kecepatan angin 7.01 m/s. Putaran minimum yang dihasilkan adalah 32 rpm dan daya yang dibangkitkan adalah 3.43 W pada kecepatan angin 2.25 m/s.

Berdasarkan hasil analisa maka turbin angin 2 (dua) tingkat yang memiliki 4 (empat) sudu lengkung U, lebih efektif dibandingkan dengan turbin angin 1 (satu) tingkat yang memiliki 2 (dua) sudu lengkung U. Salah satu yang menyebabkan hal ini terjadi karena pengaruh perbedaan luas penampang yang merupakan faktor utama pada turbin angin, karena besarnya luas penampang berpengaruh terhadap atau sapuan angin atau yang menyebabkan gaya dorong pada turbin angin.

Masih ada sejumlah kelemahan dari rancangan yang dibuat dalam penelitian ini, antara lain adalah sistem transmisi sabuk V yang pilih untuk Turbin angin Savonius yang masih belum efisien dalam meneruskan putaran dan daya.

Namun demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal untuk mengkaji lebih lanjut pemanfaatan energi angin sebagai salah satu energi terbarukan dengan menggunakan turbin angin Savonius. Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan agar kalkulasi terhadap besarnya kerugian (loses) yang terjadi pada komponen turbin diutamakan, terutama pada sudu agar angin yang diterima dapat di manfaatkan secara optimal. Selanjutnya adalah, pemilihan sistem transmisi yang lebih baik sehingga mampu meneruskan putaran dan daya dengan tepat, seperti roda gigi, rantai, sabuk bergerigi. Sekaligus mengevaluasi jenis material dan komponen yang digunakan agar sesuai dengan lokasi pelaksanaan penelitian agar dapat meningkatkan kemampuan, ketahanan dan waktu pakai turbin.

## REFERENSI

- Djojodiharjo, H. dan Molly, J.P. 1983. Wind Energy System. Penerbit Alumni. Bandung
- Kadir, A. 1995. Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensial Ekonomi. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Wakil, El.M.M, 1984, Power Plant Teknology, Mc.Graw-Hill, New York.
- B.F. Blakwell, R.E. Sheldahl & L.V. Felt, 1977, Wind Tunnel Performance Data for Two-and Three-bucket Savonius Rotors. Sandia National Laboratory.
- Fox, J.A. 1982. An Introduction to Engineering Fluid Machanics. Ed-2, The Macmillan Press Ltd. London
- Jhonson, Gary L, 2001, Wind Energy Systems.
- Sularso, Kiyokatsu Suga, 2008. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, cetakan-12, Jakarta.

□TAR