

## Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Daya Keluaran Turbin Angin Tipe *Hellical Savonius* dengan 3 Sudu

Adree Gumilang Sukmana<sup>1</sup>, Widya Aryadi<sup>1</sup>, Sunyoto<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

Sejarah artikel  
Diterima 01 010 2021  
Disetujui 11 10 2021  
Dipublikasikan 21 10.2021

#### Kata Kunci:

Kecepatan Angin, Turbin Angin, *Hellical Savonius*, 3 Sudu, Daya keluaran

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap daya keluaran turbin angin tipe *hellical savonius* dengan 3 sudu. Variasi kecepatan angin didapat dengan menggunakan perbedaan waktu dan juga tempat yang sudah ditentukan. Data terdiri dari pengamatan kecepatan angin, tegangan listrik, arus listrik, RPM, dan daya listrik. Hasil pengamatan pengaruh kecepatan angin terhadap daya keluaran turbin menunjukkan adanya perbedaan hasil dari tiap waktu yang diamati. Waktu dan lokasi pengujian yang tidak menghasilkan daya yaitu pada jam 09.00 WIB di pantai marina dan jam 12.00 WIB di GSG UNNES. Daya keluaran terbesar terjadi pada 18.00 WIB di pantai marina dan GSG UNNES. Kesimpulan dari penelitian ini adalah di pagi dan siang hari kecepatan angin yang didapatkan untuk menghasilkan daya keluaran turbin merupakan yang terkecil sedangkan pada sore hari kecepatan angin yang didapatkan untuk menghasilkan daya keluaran turbin merupakan yang terbesar.

### Abstract

*This research aimed to find out the effect of wind speed on power output of savonius type wind turbine with 3 hellical blades. Variations of wind speed were obtained through a predetermined time and location of observation. The data collected consist of wind speed, voltage, electric current, RPM, and the power. The observation showed that wind speed affected the power turbine output. Time and location of the test that did not yield power output namely: at 09.00 am in the Marina Beach and at 12.00 pm in the GSG UNNES. The highest output power obtained at 06.00 pm in both areas. It was concluded that the wind speed in the morning and midday yield in lowest power output of turbine, while in the afternoon produce the highest power.*

## PENDAHULUAN

Turbin angin Savonius pertama kali diperkenalkan oleh seorang insinyur Finlandia yang bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Turbin angin Savonius adalah turbin angin yang memiliki bentuk dan konstruksi yang sangat sederhana sehingga dalam proses pembuatannya pun tidak memerlukan biaya yang mahal. Turbin angin Savonius adalah salah satu jenis turbin angin yang digerakkan dengan gaya *drag*. Turbin ini terdiri atas dua hingga tiga *bucket* atau sudu yang disusun sedemikian rupa sehingga jika dilihat dari atas akan terlihat seperti membentuk huruf S.

Pada turbin angin Savonius luas penampang sapuan turbin adalah panjang diameter *bucket* turbin ( $D$ ) dikali tinggi turbin ( $h$ ), atau secara matematis dapat digambarkan pada persamaan:

$$A = D \cdot h$$

Turbin angin tipe Savonius memiliki koefisien daya (CP) dan *tip speed ratio* yang kecil. harga koefisien daya (CP) berkisar antara 0.08 hingga 1.50 dan harga *tip speed ratio* (tsr) berkisar antara 0.5 hingga 1.2. (Latif, 2013)

Sistem konversi energi angin merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengubah energi potensial angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor untuk kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi energi listrik. Prinsip utamanya adalah mengubah energi listrik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya energi yang dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Hal ini selanjutnya akan dibahas melalui persamaan-persamaan.

Energi kinetik untuk suatu massa angin  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut (Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 81):

$$E = 0,5mv^2(Nm)$$

Dimana :

$m$  : massa udara yang bergerak (kg)

$v$  : kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor. Dengan menganggap suatu penampang melintang  $A$ , dimana udara dengan kecepatan  $v$  mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume  $V$  sebagai persamaan (Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 81):

$$V = vA$$

Dimana :

$V$  : laju volume (m<sup>3</sup>/s)

$v$  : kecepatan angin (m/s)

$A$  : luas area sapuan rotor (m<sup>2</sup>)

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara  $\rho$  sebagai (Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 82) :

$$M = \rho Av$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang  $A$  sebagai energi  $P$  yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (3) ke persamaan (1) menjadi (Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 82) :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Dimana :

P : daya mekanik (W)

v : kecepatan angin (m/s)

$\rho$  : densitas udara ( $\rho$  rata-rata : 1,2 kg/m<sup>3</sup>)

Karena setiap jenis turbin angin mempunyai karakteristik aerodinamika yang unik, maka faktor daya sebagai fungsi dari TSR untuk setiap jenis turbin angin juga berbeda-beda. Dengan memasukkan faktor daya  $C_p$ , gaya mekanik aktual yang dapat diperoleh dari energi kinetik pada angin menjadi (Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 82):

$$P = C_p r \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Cara kerja turbin angin merupakan kebalikan cara kerja kipas angin karena pada kipas angin bekerja untuk menghasilkan angin bukan menghasilkan listrik. Angin akan memutar sudut turbin dan poros pun bergerak karena dihubungkan dengan generator sehingga listrik dihasilkan.

Daya yang dihasilkan oleh poros suatu turbin merupakan transformasi energi kinetik yang terdapat pada aliran angin. Aliran angin bergerak dengan nilai kecepatan tertentu dengan besaran energi kinetik yang dapat diserap oleh susunan sudut turbin angin. Daya maksimal aliran angin pada rancangan turbin sebanding dengan energi kinetik aliran udara seperti pada persamaan berikut.

$$P_{turbin} = m \times E_{kinetik} = m \frac{v^2}{2gc}$$

Dimana:

$P_{turbin}$  = daya yang dihasilkan turbin, Watt

m = massa udara per waktu, kg/s

v = kecepatan angin masuk, m/s

gc = faktor konversi, 1 kg/N.s<sup>2</sup>.

Massa aliran udara per waktu dapat dihitung dengan persamaan.

$$m = \rho_{udara} \times A \times v$$

Dimana :

$\rho_{udara}$  = massa jenis udara, kg/m<sup>3</sup>

A = luas penampang rancangan turbin, m<sup>2</sup>

Sehingga di dapat persamaan berikut.

$$P_{total} = 0,5 \times \rho_{udara} \times v^3 \times A$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa daya total dari aliran angin sebanding dengan kerapatan udara, luas penampang turbin, dan kecepatan angin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap keluaran turbin angin savonius dengan 3 sudu. Penelitian ini bermanfaat untuk memaksimalkan potensi energi angin. Selain itu

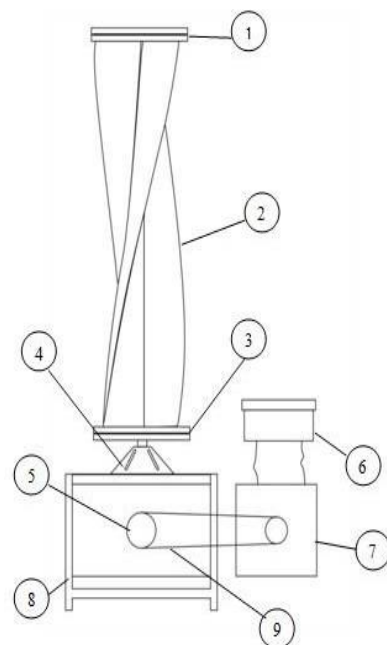
penelitian ini dapat dijadikan literatur penelitian yang sejenis dalam usaha memaksimalkan potensi energi angin di Indonesia .

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan karena penelitian ini menghasilkan suatu produk dan akan menguji keefektifan dari produk tersebut. Penelitian ini tidak membahas ranah pengembangan karena produk yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan produk baru. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan hanya untuk mengikuti proses-proses yang ditempuh dalam metode penelitian dan pengembangan untuk memvalidasi suatu produk agar alat yang dibuat dalam penelitian ini dapat dinyatakan layak dan dapat dipergunakan.

Penelitian dan pengembangan terdiri dari delapan tahap, yaitu: 1) idetifikasi masalah; 2) pengumpulan data; 3) desain alat; 4)pembuatan alat ; 5) uji coba alat; 6) uji lapangan; 7) analisis data pengujian alat; 8) hasil dan kesimpulan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap keluaran turbin angin savonius dengan 3 sudu. Data penelitian di dapat dari hasil uji alat langsung pada lokasi dengan variasi waktu yang berbeda selama 3 hari .urutan kegiatan harus dilakukan agar dapat mengetahui potensi maksimal energi angin. Adapun skema alat penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Keterangan:

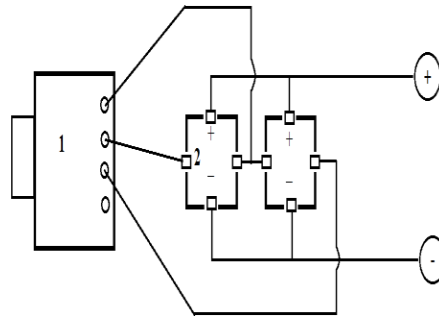
1. Dudukan atas sudu turbin.
2. Sudu turbin tipe *helical savonius*.
3. Dudukan bawah sudu turbin.
4. Poros sudu turbin.
5. Puli.
6. Ruang penyimpanan
7. Generator.
8. Rangka bangun turbin
9. Belt.

**Gambar 1.** Skema Alat Penelitian

### 1. Alat Penelitian

1. Sudu turbin angin *savonius* dengan 3 sudu berbahan plastik fiber
2. Dudukan turbin berukuran panjang 60 cm ,lebar 60 cm dan tinggi 30 cm
3. Puli dengan ukuran 7.5 cm dan 5 cm
4. Belt berdiameter 30 cm
5. Dinamo Mitsubishi AC servo motor HC- MF23
6. Multitester
7. Digital Anemometer GM816
8. Digital Tacometer DT-2234C
9. Rectifier sebagai pengubah arus listrik AC yang dihasilkan dinamo menjadi DC. Daya keluaran dari

turbin angin diukur dengan Amperemeter dan Voltmeter. Skema instalasi penyearah arus yang dihasilkan oleh rectifier ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.**Skema Instalasi

## 2. Bahan Penelitian

1. Besi L
2. Plat Alumunium
3. Pipa besi
4. Plastic fiber 30cmx120cm



**Gambar 3.** Turbin angin

Pengujian pengaruh kecepatan angin terhadap keluaran turbin angin tipe *helical savonius* dilakukan pada empat variasi waktu dan dua variasi lokasi. Setiap varian pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data yang valid.

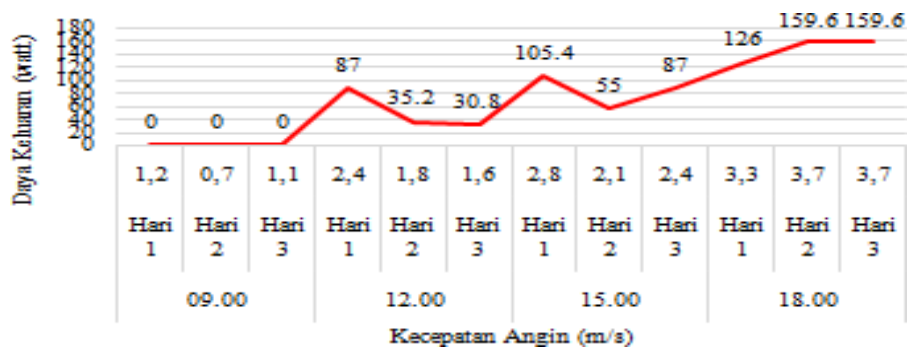
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan kecepatan angin dengan variasi kecepatan berbeda. Pengujian dilakukan di dua lokasi untuk mendapatkan variasi kecepatan angin yaitu di Pantai Marina dan Gedung Parkir Universitas Negeri Semarang, Sekaran. Data yang diperoleh terdiri dari kecepatan angin (m/s), tegangan (Volt), arus (I), daya (W) dan putaran turbin (rpm).

**Tabel 1.** Data Lokasi Pantai Marina

Waktu	Hari ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (volt)	Aruslistrik (Ampere)	DayaKeluaran (watt)	Rotasi Per Menit
09.00	Hari 1	1,2	0	0	0	0
	Hari 2	0,7	0	0	0	0
	Hari 3	1,1	0	0	0	0
12.00	Hari 1	2,4	29	3	87	24,8
	Hari 2	1,8	22	1,6	35,2	9,8
	Hari 3	1,6	22	1,4	30,8	8
15.00	Hari 1	2,8	31	3,4	105,4	36,2
	Hari 2	2,1	25	2,2	55	15,6
	Hari 3	2,4	29	3	87	24,8
18.00	Hari 1	3,3	35	3,6	126	43,4
	Hari 2	3,7	38	4,2	159,6	48,3
	Hari 3	3,7	38	4,2	159,6	48,3

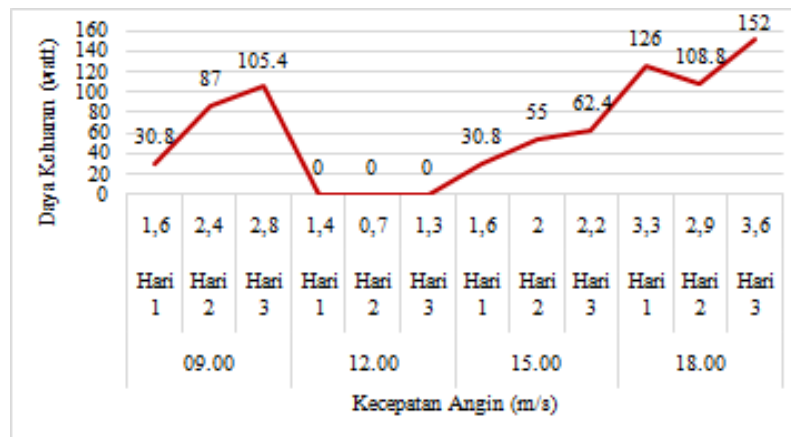
Jika dibuat grafik hubungan kecepatan angin dengan daya keluaran turbin maka akan terlihat sebagai berikut.



**Gambar 4.** Daya di Lokasi Pantai Marina

**Tabel 2.** Data Lokasi GSG Unnes

Waktu	Hari ke-	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)	Aruslistrik (Ampere)	DayaKeluaran (watt)	Rotasi Per Menit
09.00	Hari 1	1,6	22	1,4	30,8	8
	Hari 2	2,4	29	3	87	24,8
	Hari 3	2,8	31	3,4	105,4	36,2
12.00	Hari 1	1,4	0	0	0	0
	Hari 2	0,7	0	0	0	0
	Hari 3	1,3	0	0	0	0
15.00	Hari 1	1,6	22	1,4	30,8	8
	Hari 2	2	25	2,2	55	15,4
	Hari 3	2,2	26	2,4	62,4	15,6
18.00	Hari 1	3,3	35	3,6	126	43,4
	Hari 2	2,9	32	3,4	108,8	36,8
	Hari 3	3,6	38	4	152	47,8



**Gambar 5.** Daya di Lokasi GSG Unnes

Pengujian dilakukan pada tempat yang berbeda dengan tujuan untuk memperoleh data yang variatif. Data yang diperoleh yaitu data waktu pelaksanaan, kecepatan angin dan perubahan daya turbin. Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan alat digital Anemometer GM816. Kecepatan angin akan diketahui secara otomatis melalui angka yang muncul di LCD.

Tercatat variasi kecepatan angin pada lokasi pertama, di Pantai Marina Semarang, yaitu 1,2 m/s; 2,4 m/s; 2,8 m/s; 3,3 m/s; 0,7 m/s; 1,8 m/s; 2,1 m/s; 3,7 m/s; 1,1 m/s; 1,6 m/s; 2,4 m/s; dan 3,7 m/s. Kuat arus listrik dan tegangan listrik yang diperoleh dapat diketahui melalui multitester yang telah dihubungkan pada rangkaian turbin angin. Data jumlah putaran poros turbin diperoleh dengan menggunakan Digital Tacometer DT-2234C.

Tabel 1 menampilkan data dari lokasi di Pantai Marina. Terlihat bahwa daya keluaran terendah sebesar 0 watt yaitu ketika kecepatan angin 0,7m/s sampai 1,2 m/s. Kecepatan tersebut belum dapat memutar turbin secara sempurna sehingga tegangan dan arus listrik belum terjadi. Daya keluaran turbin mulai muncul ketika kecepatan angin turbin mencapai 1,6 m/s yaitu sebesar 30,8 watt. Daya keluaran paling besar pada kecepatan angin 3,7 m/s yaitu sebesar 159,6 watt yang terjadi pada saat hari ke 2 dan 3 pada pukul 18.00. Daya keluaran maksimal terjadi ketika kecepatan angin yang diperoleh juga maksimal.

Gedung Parkir Unnes (GSG) dipilih karena merupakan lokasi yang letaknya lebih tinggi dibanding dengan gedung yang lain yang ada di lingkungan Unnes. Kecepatan angin yang tercatat dari lokasi kedua ini adalah 1,6 m/s; 1,4 m/s; 3,3 m/s; 2,4 m/s; 0,7 m/s; 2 m/s; 2,9 m/s; 2,8 m/s; 1,3 m/s; 2,2 m/s; dan 3,6 m/s. Jika dilihat dari hasil data kecepatan angin yang diperoleh maka dapat dikatakan kecepatan angin di lokasi kedua lebih rendah dibanding dengan lokasi pertama.

Tabel 2 menampilkan data dari lokasi di Gedung Parkir Unnes (GSG). Daya keluaran terendah sebesar 0 watt yaitu ketika kecepatan angin 0,7m/s sampai 1,4 m/s. Kecepatan tersebut belum dapat memutar turbin secara sempurna sehingga tegangan dan arus listrik belum terjadi. Daya keluaran turbin mulai muncul ketika kecepatan angin mencapai 1,6 m/s yaitu sebesar 30,8 watt. Daya keluaran terbesar terjadi pada kecepatan angin 3,6 m/s yaitu sebesar 152 watt yang terjadi pada hari ke 3 pada pukul 18.00.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menghubungkan antara kecepatan angin dan daya keluaran turbin maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Terdapat perbedaan variasi kecepatan angin pada kedua lokasi tempat penelitian yaitu 1,2 m/s; 2,4 m/s; 2,8 m/s; 3,3 m/s; 0,7 m/s; 1,8 m/s; 2,1 m/s; 3,7 m/s; 1,1 m/s; 1,6 m/s; 2,4 m/s; dan 3,7 m/s pada lokasi Pantai Marina yang merupakan dataran rendah dan 1,6 m/s; 1,4 m/s; 3,3 m/s; 2,4 m/s; 0,7 m/s; 2 m/s; 2,9 m/s; 2,8 m/s; 1,3 m/s; 2,2 m/s; dan 3,6 m/s pada lokasi Gedung Parkir Unnes (GSG) yang merupakan dataran tinggi.
2. Kecepatan angin minimal yang dapat memutar poros turbin pada penelitian kali ini adalah 1,6 m/s dan daya keluaran minimal yang dihasilkan pada kecepatan angin tersebut adalah 30,8 watt

3. Daya keluaran tertinggi 159,6 watt pada saat kecepatan angin 3,7 m/s, daya keluaran terendah yaitu 0 watt pada saat kecepatan angin dibawah 1,4 m/s dimana kecepatan angin tersebut tidak dapat memutar poros turbin. Sehingga pengaruh kecepatan angin terhadap daya keluaran berbanding lurus, artinya semakin tinggi nilai kecepatan angin maka daya keluaran juga akan semakin tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alit, I., dan S. Pamuji. 2016. Turbin Angin Poros Vertikal Tipe *Savonius* Bertingkat Dengan Variasi Posisi Sudut. *Dinamika Teknik Mesin*, 6(2), 107–112.
- Arianto, F., I. M. Mara, dan M. Nuarsa. 2013. Pengaruh Kecepatan Angin dan Variasi Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 50–59.
- Atmadi, S., dan A. J. Fitroh. 2010. Analisis Dan Optimasi Sudu Skea 5 Kw Untuk Pemompaan. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 8(2), 108–115.
- Ali, H, M. 2013. Experimental Comparison Study for *Savonius* Wind Turbine of Two and Three Blades At Low Wind Speed. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(5), 2978–2986.
- Hau, E. 2006. *Wind Turbines. Spectrum* (2nd ed.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Hicary, Suwandi, dan A. Qurthobi. 2016. Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin *Savonius* Sumbu Vertikal terhadap Tegangan dan Arus didalam Proses Pengisian Akumulator. *E-Proceeding of Engineering*, 3(3), 4911–4918.
- Hidayatulloh, F., dan I. H. Siregar. 2017. Pengaruh Perubahan Sudut Lengkung Blade terhadap Kinerja Turbin Angin *Savonius* Tipe S Dua Tingkat pada Kondisi Angin Real. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 107–111.
- Kadier, A., M. S. Kalil, M. Pudukudy, H. A. Hasan, A. Mohamed, dan A. A. Hamid. 2017. Pico hydropower (PHP) development in Malaysia: Potential, present status, barriers and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1–10.
- Lutfi F.S., G. Nugroho, dan A. Musyafa. 2013. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis *Savonius* dengan Variasi Jumlah Stage dan Phase Shift Angle untuk Memperoleh Daya Maksimum. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1–5.
- Napitupulu, H., dan Mauritz, F. 2013. Uji Eksperimental dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan dan Jumlah Sudu terhadap Daya dan Putaran Turbin Angin Vertikal Axis *Savonius* dengan Menggunakan Sudu Pengarah. *Jurnal Dinamis*, 2(12).
- Otong, M., dan R. M. Bajuri. 2016. Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 5(2), 103–110.
- Pate, J. B., K. Koshti, dan K. Patel. 2018. Design and Analysis of Vertical Axis Double Stage *Savonius* Wind Turbine. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 8(5), 17468–17471.
- Pradana, A. J., G. Nugroho, dan A. Musyafa. 2013. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis *Savonius* Dengan Variasi Profil Kurva Blade Untuk Memperoleh Daya Maksimum. *Jurnal Teknik Pomits*, 7(7), 1–6
- Putranto, A., Prasetyo, A. dan Zاتمiko, A. 2011. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal untuk Penerangan Rumah tangga. *Tugas Akhir Teknik Mesin UNDIP*
- Rahmat. 2016. Kondisi Angin. <http://www.kincirangin.info/pdf/kondisi-angin.pdf> (diakses 5 Januari 2017)
- Rinkesh. 2018. Vertical Axis Wind Turbines. [www.conserveenergyfuture.com](http://www.conserveenergyfuture.com) (diakses 21 Januari 2017)
- Sargolzaei, J. 2007. Prediction of the power ratio in wind turbine *Savonius* rotors using artificial neural networks. *International Journal of Energy and Environment*, 1(2), 51–56.
- Ueki Tatsuya. 2016. Jenis - Jenis Angin <http://academia.edu> (diakses 20 Desember 2016).