

# Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal

Niharman<sup>1</sup>, Een Tonadi<sup>2</sup>, Bobby Raditya Ardana<sup>3</sup>

Email: niharman.unihaz@gmail.com

## Abstract

One of the potential new and renewable energy sources is wind energy. Wind energy is a clean energy source with no emissions. The government is quite concerned about reducing the use of fossil energy sources and switching to renewable energy that is more friendly to the environment and has unlimited sources. for example in 2025 the government targets the installed capacity for wind energy to be 0.97 GW. For that we need a continuous study of the potential utilization of wind energy. The purpose of this study was to determine the effect of the number of blades on the efficiency of the vertical axis savonius turbine. The test was carried out with 3 variations in the number of blades, namely with 3 blades, 6 blades and 12 blades at a wind speed of 3.5 m / s. To drive the turbine, a fan is installed at a distance of 500 mm from the turbine. The results showed that the highest efficiency was owned by the turbine with the number of blades 12 at a wind speed of 3.5 m / s, namely 23% with a generator output power of 1.94 watts, 398.8 rpm rotation, 0.046 torque. The smallest efficiency was obtained in the 3 blade test, which was 4.2%. Then the research can be concluded that the number of blades greatly affects the value of efficiency, it can be seen that the number of blades 12 get a greater efficiency value than the number of blades 3 and 6.

**Keywords:** Savonius, efficiency, blades.

## Pendahuluan

Salah satu sumber energi baru terbarukan yang cukup potensial adalah energi angin. Energi angin merupakan sumber energi yang bersih tanpa emisi. Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Saat ini pengembangan EBT mengacu kepada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam Perpres disebutkan kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17% dengan komposisi Bahan Bakar Nabati sebesar 5%, Panas Bumi 5%, Biomasa, Nuklir, Air, Surya, dan Angin 5%, serta batubara yang dicairkan sebesar 2%. Target pemerintah pada tahun 2025 kapasitas terpasang untuk energi angin adalah sebesar 0,97 GW.

Untuk menjawab semua tantangan tersebut perlu pengkajian yang terus menerus tentang pemanfaatan potensi energi angin. Turbin angin adalah

sebuah alat yang mampu merubah energi angin menjadi energi mekanik sehingga dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui sebuah rotor. Namun rata-rata kecepatan angin tahunan di wilayah Indonesia tidak begitu besar yaitu 5-6 m/s untuk beberapa wilayah Indonesia. Jenis turbin angin yang cocok dipakai pada kondisi kecepatan angin rendah adalah turbin angin savonius. Hal itu karena turbin jenis ini memiliki *self starting* yang baik sehingga mampu memutar rotor dan menghasilkan torsi yang relatif tinggi.

Turbin savonius sumbu vertikal ini memiliki konstruksi yang sederhana, mampu memanfaatkan potensial angin dari segala arah dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang luas serta torsi yang dihasilkan relatif tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi dari turbin savonius sumbu vertikal.

## Landasan Teori

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

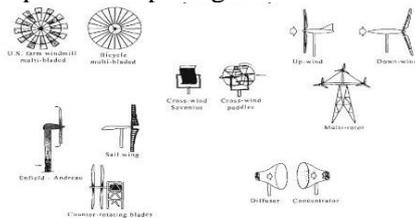
<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021

## A. Turbin Angin

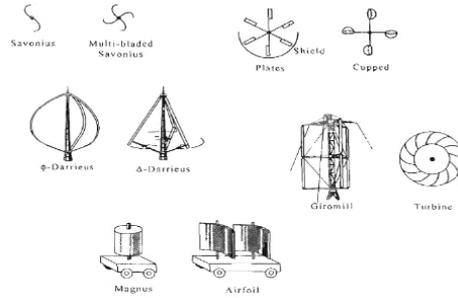
Kincir angin pertama kali digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark di akhir abad ke-19. Kincir angin adalah sebuah alat yang digerakkan oleh tenaga angin sehingga menghasilkan energi mekanik atau gerak. Dahulu di negara-negara Eropa khususnya Belanda dan Denmark kincir angin banyak digunakan untuk irigasi, menumbuk hasil pertanian dan penggilingan gandum. Saat ini kincir angin atau turbin angin banyak dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Turbin angin mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dengan memanfaatkan putaran kincir untuk memutar generator sehingga akan dihasilkan energi listrik. Berdasarkan posisi poros kincir angin dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu turbin angin poros horizontal dan turbin angin poros vertikal.

### 1) Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Turbin Angin Poros Horizontal atau Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) adalah turbin angin yang memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digabungkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran turbin yang pelan menjadi lebih cepat. Bentuk-bentuk dari turbin angin HAWT dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. bentuk-bentuk turbin HAWT (<https://www.yumpu.com/en>)



Gambar 2. bentuk-bentuk turbin(VAWT) (<https://www.yumpu.com/en>)

### 2) Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Turbin angin poros vertikal atau Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Terdapat tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya *lift*. Gambar 2 sebagai menunjukkan berbagai bentuk turbin VAWT.

Beberapa kelebihan turbin angin sumbu vertikal antara lain adalah pertama, turbin angin ini dapat menerima hembusan angin dari segala arah. Kedua, memiliki kecepatan pengawalan angin yang rendah dibandingkan dengan sumbu horizontal. Ketiga, tidak memerlukan menara yang tinggi sehingga lebih murah dan kuat, dan keempat, Perawatan turbin angin ini cukup mudah karena letaknya yang dekat dengan permukaan tanah. Sementara kelemahan turbin angin sumbu vertikal adalah pertama, memiliki kecepatan putaran yang rendah, karena letaknya dekat dengan tanah. Kedua, umumnya dipasang dekat dengan permukaan tanah maka kualitas angin yang diterima kurang baik sehingga turbin angin mudah rusak.

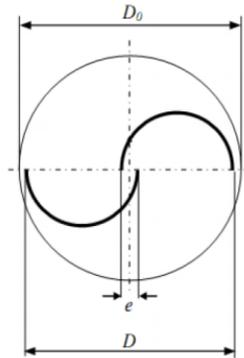
### a) Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius

Turbin angin savonius merupakan alat untuk mengubah energi

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021

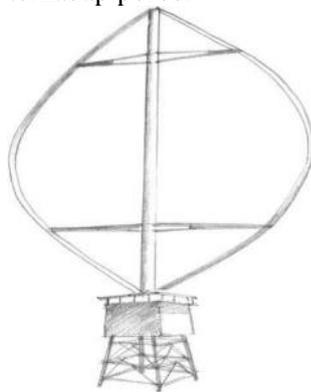
kecepatan angin menjadi energi gerak dengan poros vertikal yang mudah dibuat, dapat menerima angin dari segala arah dan dapat bekerja pada kecepatan angin yang rendah. Turbin angin savonius pada umumnya didesain silinder terbelah yang digeser sehingga membentuk seperti huruf S seperti ditunjukkan pada gambar 3 dengan  $D$  : diameter turbin,  $D_0$  : diameter end plate dan  $\ell$  : jarak overlap.



Gambar 3. Skema Turbin Angin Savonius

b) Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus

Turbin angin tipe ini ditemukan oleh seorang insinyur perancis bernama George Jean Maria Darrieus yang dipatenkan pada tahun 1931. Ia memiliki 2 bentuk turbin diantaranya adalah eggbeater/curved bladed dan straight-bladed seperti ditunjukkan pada gambar 4. Turbin angin tipe darrieus mempunyai bilah sudu yang disusun dalam posisi simetri dengan sudu bilah yang diatur relatif terhadap poros.



Gambar 4. turbin Angin Savonius Tipe Darrieus

B. Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan dan analisis hasil pengujian turbin angin savonius ini digunakan beberapa rumus perhitungan sebagai berikut:

a. Daya Angin

Daya angin ( $P_{angin}$ ) merupakan daya yang dihasilkan oleh sudu turbin angin sebagai akibat tiupan angin. Daya angin dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana:

- $\rho$  : massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )
- $A$  : luas penampang sudu ( $\text{m}^2$ )
- $v$  : kecepatan angin ( $\text{m/s}$ )

b. Torsi (T)

Torsi merupakan hasil kali dari gaya pembebanan (F) dengan panjang lengan torsi  $\ell$ . Untuk menghitung torsi digunakan rumus berikut:

$$T = F \cdot \ell$$

c. Daya Turbin

Daya turbin ( $P_{turbin}$ ) merupakan daya yang dihasilkan oleh gerak putar turbin sebagai akibat hembusan angin yang melewati sudu turbin yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{turbin} = T \cdot \omega$$

Dimana:

- $T$  : Torsi (N.m)
- $\omega$  : kecepatan sudut (rad/s)

d. Tip Speed Ratio (tsr)

tsr merupakan perbandingan antara kecepatan linier lingkaran terluar kincir dengan kecepatan angin. tsr dihitung menggunakan rumus berikut:

$$tsr = \frac{\omega \cdot r}{v}$$

Dimana:

- $r$  : jari-jari kincir (m)

e. Koefisien Daya ( $C_p$ )

Koefisien daya merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin dengan daya angin. Untuk mendapatkan nilai koefisien daya dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$C_p = \frac{P_{turbin}}{P_{angin}} \cdot 100\%$$

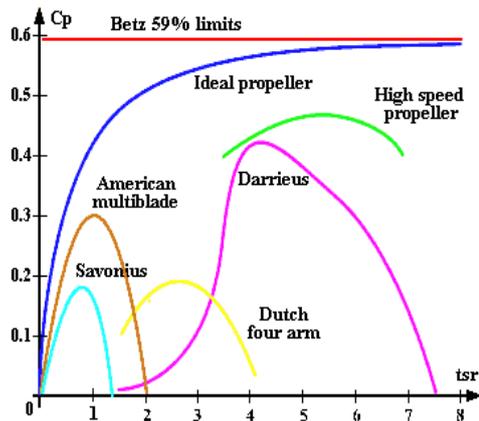
<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021

Dimana:

$P_{turbin}$ : Daya keluaran turbin (watt)

$P_{angin}$ : Daya angin (watt)

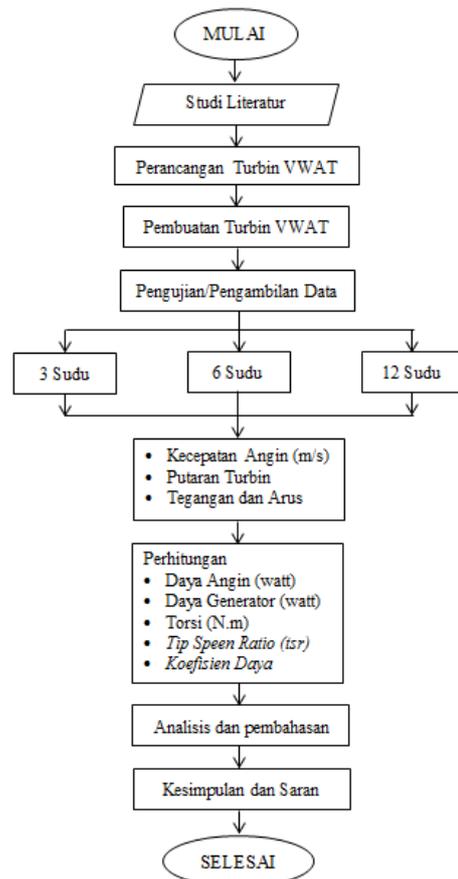


Gambar 5. Perbandingan antara Koefisien daya dengan Tip Speed Ratio berbagai turbin angin (Betz limits)

### Metodologi Penelitian

#### A. Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, setelah melakukan studi literatur, hal pertama yang dilakukan adalah perancangan dan pembuatan alat pengujian turbin angin savonius sumbu vertikal. Beberapa bahan pembuatan alat yang diperlukan adalah pipa PVC ukuran 4 Inchi untuk pembuatan sudu, besi siku untuk rangka, vanbelt dan pully untuk meneruskan putaran, alternator, kabel serta baut dan mur. Satu unit kipas angin sebagai sumber energi angin untuk memutar turbin. Tahapan-tahapan penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tahapan Penelitian

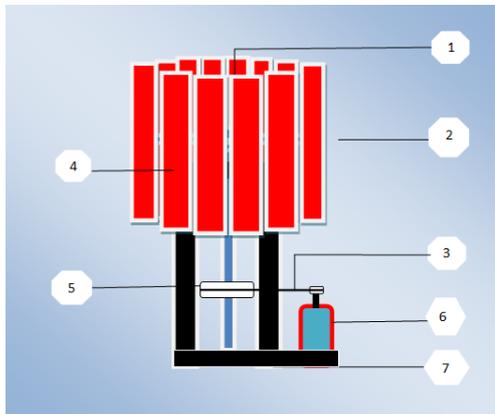
Selanjutnya adalah proses pembuatan alat yang terdiri dari proses pemotongan bahan, proses penyambungan (pengelasan) dan perakitan sampai pada proses *finishing* berupa pengecatan dan lain sebagainya. Turbin angin savonius yang dibuat ini adalah dengan tiga variasi jumlah sudu (*blade*) yaitu turbin dengan jumlah 3 sudu, 6 sudu dan 12 sudu.

Langkah selanjutnya adalah proses pengujian dan pengambilan data. Sebelum melaksanakan proses pengujian, dilakukan persiapan alat pengukuran dan pengaturan *layout* pengujian. Skema turbin dan turbin yang sudah dirakit dan sebagaimana terlihat pada gambar 7 dan 8. Adapun alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah tachometer digital untuk mengukur putaran turbin, anemometer untuk mengukur kecepatan angin, multimeter untuk mengukur kuat

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021

arus dan tegangan dari generator. Sebuah kipas angin dipasang untuk menggerakkan turbin angin. Jarak antara kipas angin dengan turbin adalah 500 mm dan kecepatan angin ditetapkan adalah sebesar 3,5 m/s. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Unihaz pada tanggal 30 Juli 2020.



Gambar 7. Skema turbin angin terpasang



Gambar 8. Turbin selesai perakitan 12 Sudu

### Hasil Dan Pembahasan

Pada penelitian ini data pengujian yang diambil antara lain adalah putaran turbin yang diukur menggunakan tachometer, arus dan tegangan keluaran dari generator yang diukur menggunakan multimeter. Pengukuran yang sama dilakukan pada jumlah sudu 3, 6 dan 12. Dengan kecepatan angin 3,5 m/s dan jarak antara turbin dengan kipas sebesar 500 mm.

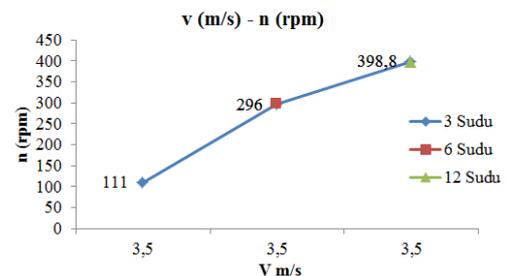
Hasil pengujian turbin sebagaimana terdapat pada tabel 1, menunjukkan bahwa putaran turbin tertinggi didapat pada pengujian turbin

dengan 12 sudu yaitu sebesar 398,8 rpm. Begitu juga dengan besar tegangan dan kuat arus yang didapat nilai paling besar yaitu pada pengujian sudu 12 yaitu masing-masing 4,62 volt dan 0,42 ampere.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

NO	Jumlah Sudu	Putaran (RPM)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
1	3	111,0	2,40	0,17	0,40
2	6	296,0	3,41	0,32	1,09
3	12	398,8	4,62	0,42	1,94

Kemudian Pada grafik gambar 9 menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dengan putaran turbin. Hasilnya terlihat bahwa dengan kecepatan angin 3,5 m/s putaran turbin paling besar didapat pada turbin dengan jumlah sudu 12.

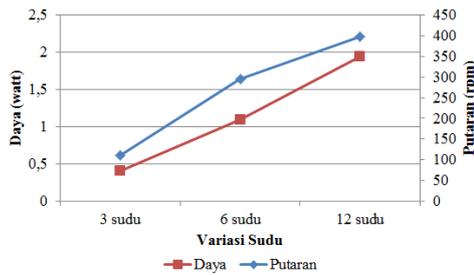


Gambar 9. Kecepatan angin vs putaran turbin pada 3 variasi jumlah sudu

Pada gambar 10 merupakan perbandingan kecepatan putaran dengan daya hasil keluaran dari generator. Hasilnya menunjukkan bahwa besar putaran berbanding lurus dengan besar daya yang dihasilkan. Daya terbesar didapat pada turbin dengan jumlah sudu 12 yaitu sebesar 1,94 watt dengan putaran 398,8 rpm. Daya terkecil didapat pada turbin dengan 3 sudu, yaitu sebesar 0,4 watt dengan putaran 111 rpm. Sementara pada 6 sudu didapat daya sebesar 1,09 watt dengan putaran turbin 296 rpm.

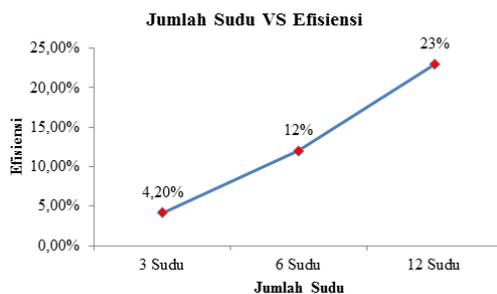
<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021



Gambar 10. Perbandingan Putaran vs Daya

Selanjutnya adalah efisiensi yang dihasilkan oleh turbin dengan berbagai jumlah sudu. Efisiensi Sistem adalah perbandingan daya alternator dengan daya angin, semakin besar daya yang mampu diserap oleh rotor maka efisiensi sistem juga akan semakin meningkat. Grafik pada gambar 11 di bawah menunjukkan hubungan jumlah sudu dengan efisiensi. Hasilnya menunjukkan efisiensi terbesar didapat pada jumlah sudu 12 yaitu sebesar 23% dengan kecepatan angin tetap yaitu 3,5 m/s. Sementara efisiensi turbin terendah yaitu pada turbin dengan 3 sudu yaitu sebesar 4,20% dan pada 6 sudu didapat efisiensi sebesar 12%.



Gambar 11. Hubungan Jumlah sudu vs Efisiensi

### Kesimpulan Dan Saran

Hasil pengujian dan analisis data turbin angin savonius sumbu vertikal dengan variasi jumlah sudu dapat disimpulkan bahwa turbin dengan jumlah sudu 12 memperoleh efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 23%. Kemudian untuk efisiensi terendah diperoleh pada turbin dengan jumlah sudu 3 yaitu sebesar 4,20%. Selanjutnya kedepan perlu dilakukan penelitian di lapangan

tidak hanya skala lab untuk turbin angin dengan jumlah sudu 12.

### Daftar Pustaka

Dedy Nataniel, Bernadus Wuwur, dan Purnawarman Ginting. 2017. "Pengaruh Pemasangan sudu pengarah dan variasi jumlah sudu rotor terhadap performance turbin angin savonius tipe L". Fakultas Teknik Politeknik Negri Kupang: Kupang.

Hicary, Suwandi, Ahmad Qurthobi. 2016 "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Terhadap Tegangan Dan Arus Di Dalam Poros Pengisian Akumulator". Fakultas Teknik Elektro. Universitas Tel kom. [http://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/121573/jurnal\\_eproc/analisis-pengaruh-jumlah-sudu-pada-turbin-angin-savonius-sumbu-vertikal-terhadap-tegangan-dan-arus-di-dalam-proses-pengisian-akumulator.pdf](http://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/121573/jurnal_eproc/analisis-pengaruh-jumlah-sudu-pada-turbin-angin-savonius-sumbu-vertikal-terhadap-tegangan-dan-arus-di-dalam-proses-pengisian-akumulator.pdf).

J. Victor Tuapetel, kbal Arif Triprayoga, Putu M. Santika. 2019. Analisis dan Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius 4 Sudu. Jurnal Teknik Mesin-ITI Vol 3 No. 2 Hal. 46-52.

Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2008. Potensi energi baru terbarukan (EBT) Indonesia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia>. Diakses 18 Maret 2021.

Robby Ilham Fitrandi, Indra Herlamba Siregar. 2014. "Karakteristik Turbin Angin Savonius 2 dan 3 Blade Dengan Menggunakan Bantuan Guide Vane". Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.

Sumiati Zuita, Zamri Aidil. 2013. "Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran". Jurnal Teknik Mesin Vol 3, No. 2. Politeknik Negeri Padang. Padang.

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu

<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021

Sugiyanto. 2013. *Potensi Pembangkit Listrik Hybrid menggunakan Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dan Panel Sel Surya*. Jurnal Teknologi Vol 6, No. 2. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

---

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
<sup>3</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.2 Juli 2021