

## **Pengaruh diameter dan jumlah sudu turbin angin savonius tipe L terhadap unjuk kerja yang dihasilkan**

**Mohammad Rizqi Saputra<sup>1\*</sup>, Nur Kholis<sup>2</sup>, Mohammad Munib Rosadi<sup>3</sup>**

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy`Ari Jombang<sup>1,2,3</sup>  
Jl. Irian Jaya no.55 Cukir, Kecamatan Diwek Kabupaten Jombang  
Corresponding author : mohammadrizqi70@gmail.com

### **Abstract**

*The wind is a renewable mechanical energy source that can be used as an energy source due to the energy from the wind that can be used to drive wind turbines. Savonius wind turbine type L is a tool to convert wind energy into electricity with simple construction and able to work with low wind speeds. The study aims to determine the effect of differences in diameter and number of blades on the power produced. The method used is a simulation method with an artificial wind source. With a wind speed of 8 m/s. The data analysis technique used is 2-way ANOVA using the SPSS application. Variations used are 20 cm and 40 cm in diameter and the number of blades 2 and 4. The result is a wind turbine with a variation of 40 cm and 4 blades capable of producing the best output which produces 350.98 RPM voltage of 11.64 volts current of 0.144 amperes and power of 1,676 watts. As for BHP, torque, and turbine efficiency with a variation of 40 cm and 4 blades capable of producing the best output where the generated BHP is 3.352 watts, torque 0.091 N / m efficiency 2.17. For the results of calculations with SPSS wind turbines with a diameter variation of 40 cm and 4 blades, the biggest power is 1,744 watts and for BHP produces 3.3520 watts and the efficiency reaches 2.17%.*

*Keywords: Diameter, number of blade, Performance.*

### **Abstrak**

Angin adalah sumber energi mekanik yang bisa diperbaharui sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi karena dapat digunakan untuk menggerakkan turbin angin. Turbin angin savonius tipe L merupakan alat untuk mengubah energi angin menjadi listrik dengan konstruksi yang sederhana dan dapat bekerja dengan kecepatan angin yang rendah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan diameter dan jumlah sudu terhadap unjuk kerja yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah metode simulasi dengan sumber angin buatan. Dengan kecepatan angin 8 m/s. Teknik analisis data yang digunakan adalah ANOVA 2 arah dengan menggunakan aplikasi SPSS. Variasi yang digunakan adalah diameter 20 cm dan 40 cm serta jumlah sudu 2 dan 4. Hasilnya turbin angin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu mampu menghasilkan output terbaik yang dimana menghasilkan RPM 350,98 tegangan 11,64 volt arus 0,144 ampere dan daya 1,676 watt. Sedangkan untuk BHP, torsi, dan efisiensi turbin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu mampu menghasilkan output yang terbaik dimana BHP yang dihasilkan adalah 3,352 watt, torsi 0,091 N/m efisiensi 2,17. Untuk hasil perhitungan dengan SPSS turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 4 sudu menghasilkan daya terbesar yakni 1,744 watt dan untuk BHP menghasilkan 3,3520 watt dan efisiensinya mencapai 2,17 % untuk torsi tertinggi dicapai turbin variasi 40 cm 2 sudu dengan torsi 0,116.

Kata kunci : diameter, jumlah sudu, unjuk kerja.

## Pendahuluan

Angin merupakan udara yang bergerak terjadi karena adanya perbedaan suhu udara yang dingin dengan suhu udara panas. Angin adalah sumber energi mekanik yang dapat diperbaharui sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi karena energi dari angin dapat digunakan untuk menggerakkan turbin angin. Pemanfaatan energi angin ini, selain mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem pertanian, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas masyarakat pertanian. [3].

Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan paling berkembang sekarang. Berdasarkan data dari WWEA tahun 2011 (*World Wind Energy Association*) sampai dengan tahun 2017 perkiraan energi listrik dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93.85 GigaWatts (GW), mampu menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Amerika Serikat, Spanyol dan China merupakan negara-negara terdepan dalam pemanfaatan energi angin baik secara teknologi maupun ilmu pengetahuan. Salah satu pemanfaatan angin yang paling populer adalah dengan menggunakan kincir angin. Kincir angin terdapat dua jenis yakni kincir angin vertical dan horizontal. Pada penelitian kali ini kincir angin yang digunakan adalah kincir angin vertical tipe savonius. Alasan dipilihnya kincir angin savonius karena konstruksinya yang mudah dan memiliki kecepatan *start up* yang rendah dibanding turbin angin horizontal.

Dengan banyaknya jenis dan variasi dari turbin jenis savonius ini didapatkan banyak daya output yang dihasilkan. Dari penelitian terdahulu masih jarang yang meneliti tentang kombinasi diameter dan jumlah sudu yang digunakan. Maka dari itu dalam penelitian ini penulis mengkombinasikan perbedaan diameter

dengan jumlah sudu. Untuk mengetahui tidak hanya daya yang dihasilkan akan tetapi untuk mengetahui *Brake Horse Power*, Efisiensi dan Torsi yang dihasilkan. Diameter yang digunakan adalah 40 cm dan 20 cm. Hal ini dikarenakan turbin angin tersebut hanya digunakan sebagai *prototype*. Sedangkan jumlah sudu yang digunakan adalah 2 dan 4 buah. Sehingga didapatkan 4 kombinasi turbin angin. Melihat pentingnya perkembangan turbin angin sebagai sumber energi terbarukan dan banyaknya variasi yang diaplikasikan dalam model turbin angin sehingga penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Diameter dan Jumlah Sudu Turbin Angin Savonius Tipe L Terhadap Unjuk Kerja yang Dihasilkan” untuk mengetahui pengaruh antara sudu dan diameter turbin angin terhadap daya yang dapat dihasilkan.

## Tinjauan Pustaka

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan temperatur udara. Udara bergerak dari tempat bertemperatur tinggi ke tempat bertemperatur rendah. Perbedaan tekanan udara dipengaruhi oleh sinar matahari [10]. Sedangkan dalam Buku Panduan *Renewable Energy* tenaga angin adalah sekedar bentuk tenaga surya yang dikonversi. Radiasi matahari memanaskan di beberapa tempat di bumi dengan waktu yang berbeda pada siang dan malam hari. Hal ini menyebabkan berbagai bagian atmosfer memanaskan dalam waktu yang berbeda.

Kincir atau turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi gerak angin menjadi energi mekanik untuk memutar poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar (*horizontal axis*

*windturbine*) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*).

Turbin yang memanfaatkan tenaga angin pada awalnya digunakan di sektor pertanian sebagai penggiling biji-bijian dan pemompa air untuk irigasi. Diakhir abad ke-19 turbin angin mulai dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik oleh P. La Cour dari Denmark. Putaran turbin pada poros digunakan untuk menggerakkan rotor pada generator sehingga menghasilkan listrik.

Torsi dan putaran poros merupakan factor yang mempengaruhi daya pada turbin angin. Untuk mengetahui unjuk kerja yang dihasilkan dapat dilakukan perhitungan dengan rumus berikut

### 1. Daya Energi Angin (P)

Energi yang dihasilkan oleh pergerakan angin diperoleh dari persamaan :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \dots (1)$$

Dimana:

P = Energi angin (Watt)

$\rho$  = Massa jenis udara (1,2 Kg/m<sup>3</sup>)

A = Luas sudu (m)

V = Kecepatan angin (m/s<sup>2</sup>)

*Brake Horse Power* (BHP)

2. *Brake Horse Power* adalah daya hasil turbin yang sudah berkurang karena direduksi oleh pembebanan yang disebabkan oleh generator, gearbox, penerus daya ataupun perangkat tambahan lainnya. Pertama mencari tegangan yang dihasilkan, maka dapat diketahui besarnya daya generator. Seperti rumus dibawah ini :

$$P_{generator} = V \cdot I \quad \dots (2)$$

Dimana :

P generator : Daya generator , (Watt)

V : Tegangan generator listrik, (Volt) dan

I : Arus listrik, (Ampere)

BHP dapat dihitung setelah didapatkan harga P generator dengan rumus sebagai berikut :

$$BHP = \frac{P_{generator}}{\eta_{generator}} \quad \dots (3)$$

Dimana :

BHP : *Brake Horse Power*, (Watt)

Pgenerator : Daya generator, (Watt)

$\eta_{generator}$  : Efisiensi generator, (asumsi 0,5 %) bila dihitung dengan persamaan

$$\eta = \frac{PL}{PT} \times 100\%$$

Dimana PL= daya beban dan PT daya mekanik turbin

### 3. Torsi (T)

Torsi merupakan perkalian kecepatan angin dan jari-jari turbin angin dibagi *Top Speed Ratio*. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{v^2 \cdot R^3}{\gamma^2} = F \cdot r = m \cdot a \quad \dots (4)$$

$$TSR (\gamma^2) = \frac{\omega}{v} \quad \dots (5)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad \dots (6)$$

Dimana :

r = jari-jari turbin angin

N = putaran turbin (rpm)

V = kecepatan udara

### 4. Efisiensi

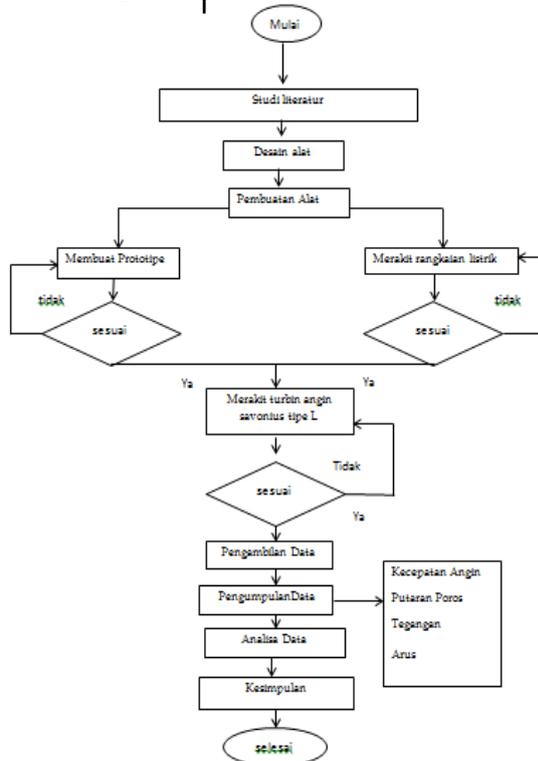
Efisiensi turbin angin merupakan perbandingan daya keluaran turbin dengan daya angin. Untuk menghitung efisiensi dari turbin angin adalah

$$\eta = \frac{BHP}{P} \times 100\% \quad \dots (7)$$

### Metode penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif. Untuk metode penulis menggunakan metode eksperimental dengan variabel bebas jumlah sudu dan diameter sedangkan variabel terikatnya adalah arus tegangan dan

RPM yang kemudian menghasilkan turbin angin jenis *savonius* tipe L dengan 2 dan 4 sudu sedangkan diameter 20 cm dan 40 cm. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan mendapatkan kesimpulan. Berikut ini adalah *flow chart* penelitian pada Gambar 2.



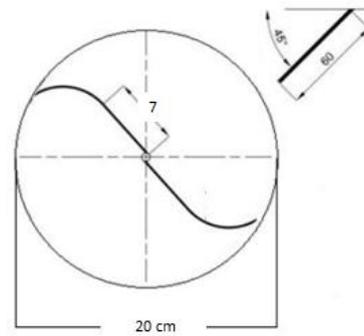
Gambar 2. *Flow Chart* Penelitian

### Variabel penelitian

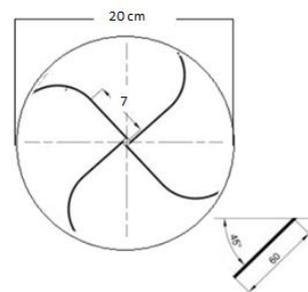
1. Variabel bebas adalah variabel utama yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan yaitu jumlah sudu dan diameter.
2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau hasil dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya listrik, BHP, torsi dan efisiensi.
3. Variabel kontrol yaitu variabel yang dikendalikan oleh peneliti yang menyebabkan hubungan variabel bebas dan variabel terikat tidak terpengaruh faktor luar. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan angin.

### Gambar desain

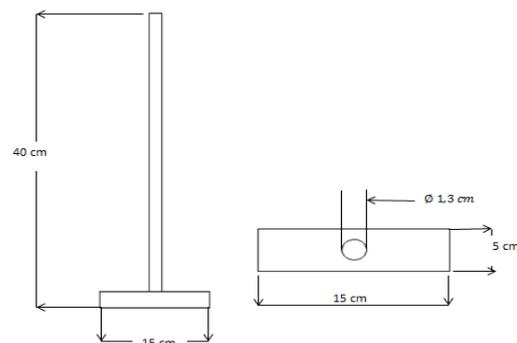
Berikut ini adalah gambar turbin angin *savonius* tipe.



Gambar 3. Turbin Angin 2 Sudu Diameter 20 cm



Gambar 4. Turbin Angin 4 Sudu Diameter 20 cm



Gambar 5. Desain Poros

### Prosedur penelitian

Pertama data yang dikumpulkan adalah data kecepatan angin dan putaran turbin. Setelah itu divariasikan terhadap jumlah sudu yang akan digunakan. Hasilnya berupa daya listrik yang dihasilkan kemudian dicari efisiensi, BHP

dan torsi. Data diambil dari hasil penelitian yang telah dicatat ke dalam tabel hasil penelitian dan kemudian diolah.

Setelah memperoleh hasil kemudian dilakukan pengolahan data, analisa data dan penyajian yang kemudian data tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitan.

### Teknik pengujian dan pengumpulan data

Dalam memperoleh data yang diinginkan pada penelitian ini penulis melakukan dengan cara mengukur rotasi putaran poros permenit (RPM), tegangan dan arus

### Teknik analisis data

Dalam penelitian ini analisa yang penulis gunakan adalah analisa komparasi yang membandingkan antara jumlah sudu dengan diameter trubin angin terhadap arus, tegangan dan RPM pada turbin angin *savonius* tipe L dengan kecepatan angina 8 m/s.

### Hasil dan Pembahasan

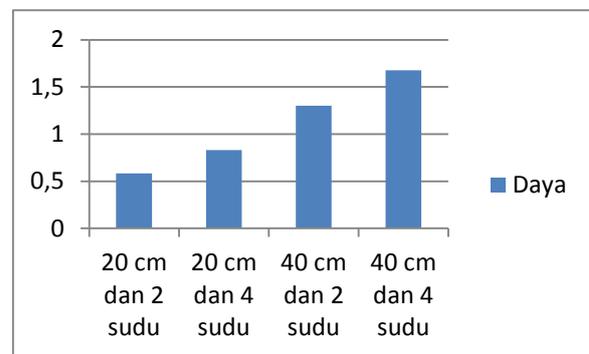
Data hasil pengukuran turbin angin *savonius* dengan variasi jumlah sudu dan diameter seperti Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Unjuk Kerja Turbin Angin *Savonius*

No	Variasi Turbin	BHP	Torsi	Efisiensi
1	20 cm dan 2 sudu	1,166	0,017	1,512
2	20 cm dan 4 sudu	1,66	0,014	2,153
3	40 cm dan 2 sudu	2,602	0,116	1,7
4	40 cm dan 4 sudu	3,352	0,111	2,17

Dari Tabel 1 diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu dan diameter dapat meningkatkan BHP dan torsi turbin angin *savonius* dengan kecepatan angin tetap yakni 8 m/s yang dimana terjadi kenaikan BHP sangat signifikan pada variasi diameter 40 cm dan sudu 4. Sedangkan untuk efisiensi terjadi perubahan pada saat menggunakan turbin dengan 4 sudu.

Hubungan antara daya dengan variasi diameter dan jumlah sudu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan variasi diameter dan sudu terhadap daya

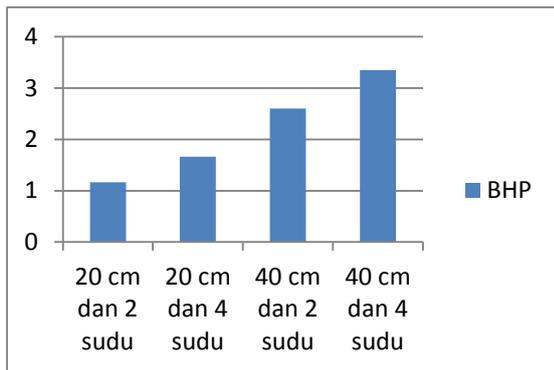
Gambar 6 menunjukkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa daya dengan nilai tertinggi didapat dengan variasi turbin angin diameter 40 cm dan 4 sudu. Akan tetapi tegangan terbesar didapat dari variasi 20 cm dan 4 sudu. Dari data diatas dapat diketahui bahwa jumlah sudu di masing-masing diameter mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai *self starting* dari turbin angin *savonius* dengan jumlah sudu yang berbeda mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan oleh system turbin angin. Setiap jumlah sudu memiliki massa yang berbeda sehingga mempengaruhi besarnya inersia dan kecepatan putaran turbin sehingga menghasilkan tegangan yang berbeda. Akan tetapi karena perbedaan diameter sehingga turbin angin yang memiliki diameter lebih besar menghasilkan

tegangan yang lebih kecil karena bertambahnya massa yang lebih besar [4].

Ada pengaruh geometri yang dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan seperti halnya perbedaan diameter pada sudu turbin angin. Dimana semakin lebar diameter turbinnya daya yang dihasilkan pun juga meningkat [2].

Hubungan antara BHP dengan variasi diameter dan jumlah sudu seperti Gambar 7.

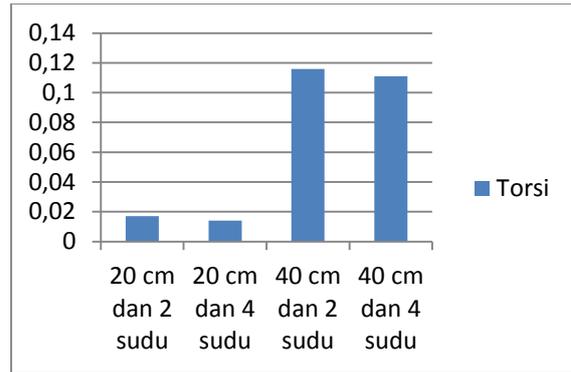


Gambar 7. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap BHP

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu dan diameter dapat meningkatkan BHP turbin angin savonius dengan kecepatan angin tetap yakni 8 m/s yang dimana terjadi kenaikan BHP sangat signifikan pada variasi diameter 40 cm dan sudu 4. Kecepatan angin juga mempengaruhi BHP yang dihasilkan dengan catatan turbin angin yang sama. Sedangkan hasil di atas dengan kecepatan angin yang sama dan jumlah sudu dan diameter berbeda [9].

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa BHP tertinggi didapat oleh variasi diameter 40 cm dan 4 sudu. Hal ini dikarenakan bidang luas sapuan angin berpengaruh terhadap daya putar poros sehingga turbin dengan diameter lebih besar mampu menghasilkan BHP lebih besar.

Hubungan antara torsi dengan variasi diameter dan jumlah sudu dapat dilihat pada Gambar 8.

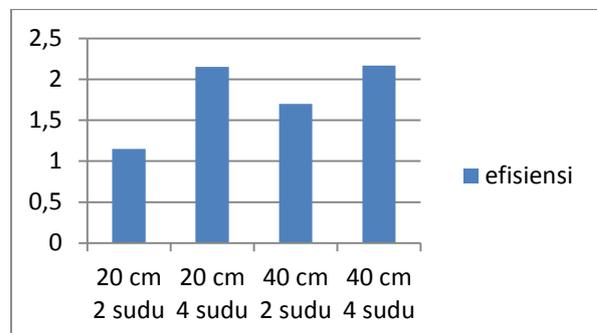


Gambar 8. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap Torsi

Berdasarkan gambar 8 di atas kita dapat kita lihat bahwa torsi yang dihasilkan oleh variasi turbin diameter 40 dan sudu 2 mendapatkan torsi tertinggi dengan kecepatan angin yang sama. penyebabnya adalah arah angin keluar sudu tidak kembali lagi menumbuk atau mendorong sudu yang arah hadapannya terbalik dengan arah datangnya angin [9].

Maka dari itu turbin dengan jumlah sudu 2 lebih besar torsi yang dihasilkan karena angin yang datang akan mendorong sudu yang arahnya sama dengan datangnya angin. Begitupun dengan diameter yang lebih besar akan menghasilkan torsi yang besar pula hal ini karena daerah luasan sapuan angin yang lebih besar sehingga mampu menghasilkan daya dorong yang lebih besar pula.

Hubungan antara efisiensi dengan variasi diameter dan jumlah sudu seperti Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa turbin angin dengan variasi 20 cm

dan 4 sudu memiliki efisiensi yang hampir sama dengan turbin variasi 40 cm dan 4 sudu. Yang dimana turbin dengan variasi 20 cm dan 4 sudu memiliki efisiensi 2,153 % sedangkan turbin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu memiliki efisiensi 2,17 %.

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa turbin dengan variasi 40 cm dan sudu 4 memiliki daya poros atau BHP tertinggi sehingga menghasilkan efisiensi yang tinggi pula. Sedangkan pada turbin variasi 20 cm dan 4 sudu hasil perbandingan antara daya poros atau BHP dengan dengan daya angin tidak terlalu jauh sehingga mampu menghasilkan efisiensi yang tinggi pula.

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 4 sudu memiliki kinerja terbaik dengan menghasilkan daya 1,676 watt, BHP 3,352 watt, dan efisiensi 2,17 % sedangkan torsi tertinggi diraih turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 2 sudu dengan torsi 0,116 Nm.

### Referensi

- [1]. Tim PNPM Mandiri. Buku Panduan *Renewable Energy*.
- [2]. Canra, Delfika. Suliono. 2019. "Pengaruh Busur Sudu Turbin Angin Savonius Tipe U Menggunakan Perangkat Lunak". *Jurnal Politeknik Negeri Indramayu*.
- [3]. Daryanto. 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG -UPT - LAGG, Yogyakarta.
- [4]. Hiccary, dkk. 2016. "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertical Terhadap Tegangan dan Arus Di Dalam Proses Pengisian Akumulator". *Jurnal Universitas Telkom*. Vol 3, (3) Desember 2016.
- [5]. Laila, Rachmawati Mentari. 2010. "Rancang Bangun Kincir Agin Model Savonius Termodifikasi Sebagai Sumber Energi Terbarukan". Fakultas MIPA, Universitas sebelas Maret.
- [6]. Nanang, Rosidin. 2007. "Perancangan, Pengujian dan Pembuatan Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol" Tugas Sarjana. Bandung : ITB.
- [7]. Ully, Natahniel Dedi. 2017. "Pengaruh Pemasangan Sudu Pengarah Dan Variasi Jumlah Sudu Rotor Terhadap Performance Turbin Angin Savonius Type L". Jurusan Teknik Mesin PNK, Kupang.
- [8]. WWEA; 2011: *10th World Wind Energy Conference & Renewable Energy exhibition*; World Wind Energy Association WWEA 2011, Bonn.
- [9]. Andri, Kusbiantoro, Rudy, Soenoko, Sutikno, Djoko, Sutikno, 2009. Pengaruh Panjang Lengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Savonius. *Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang*.
- [10]. Rosidin, Nanang. 2007. Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol. Bandung: ITB