

## OPTIMASI DAYA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN VARIASI CELAH DAN PERUBAHAN JUMLAH SUDU

**Ahmad Farid**

Prodi. Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal  
Jl. Halmahera Km. 1 Kota Tegal, Telp./fax: 0283342519  
Email: farield\_st@yahoo.com

### Abstrak

*Dalam perencanaan suatu turbin angin, hasil yang diharapkan adalah mempunyai efisiensi dan kehandalan yang tinggi. Sehingga dapat diaplikasikan dengan tepat. Faktor yang mempengaruhi besarnya daya pada turbin angin adalah besarnya torsi dan tingginya putaran poros. Besarnya torsi dan putaran poros dapat ditingkatkan diantaranya adalah dengan bentuk, sudut dan jumlah sudu. Pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti sendiri sebelumnya diperoleh data bahwa turbin angin yang dibuat dengan tipe savonius 2 tingkat dengan jumlah 2 sudu dibagian atas dan 6 sudu dibagian bawah diperoleh daya maksimum 3,3 Watt. Oleh karena itu dari hasil studi referensi yang ada, diperlukan suatu optimalisasi daya turbin agar dapat meningkat. Oleh karena itu dalam penelitian lanjutan ini digunakan metode yaitu dengan melakukan eksperimen pada turbin angin yang ada sebelumnya, dengan melakukan perubahan pada bagian tingkat bawah yaitu 18 sudu dan melakukan perubahan pada jarak atau celah antar sudunya dari 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 mm. Hasil pengujian yang dilakukan turbin angin mampu menghasilkan daya listrik maksimum 5,67 Watt dengan jarak celah sudu 30 mm pada kecepatan angin 5,2 m/s dan daya listrik minimum pada 0,1 Watt pada celah sudu 0 mm dengan kecepatan angin 3,5 m/s.*

**Kata kunci :** optimalisasi, savonius, sudu.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam perencanaan suatu turbin angin, hasil yang diharapkan dicapai adalah mempunyai efisiensi dan kehandalan yang tinggi. Seperti halnya pada turbin angin poros vertikal (savonius) yang mempunyai *Tip Speed Ratio (TSR)* yang rendah dibanding jenis turbin yang lain, perlu perencanaan dan perancangan yang tepat agar mampu diaplikasikan dengan baik. Dalam penelitian ini dilatarbelakangi adanya faktor potensi angin daerah pesisir kota Tegal yang mempunyai kecepatan angin antara 3 – 6 m/s, belum dimanfaatkan baik sebagai pembangkit listrik (penerangan jalan) atau diaplikasikan yang lain misal sebagai penggerak pompa atau aerator tambak. Pada penelitian yang dilakukan pada tahun 2013 oleh A. Farid, Mustaqim dan Hadi W., yang berjudul “*Pemanfaatan potensi angin pesisir kota Tegal sebagai penerangan jalan*”, dalam penelitiannya melakukan suatu perencanaan turbin angin savonius yang dapat dimanfaatkan sebagai penerangan jalan di daerah pesisir kota Tegal. Desain turbin yang dibuat sebagai eksperimen adalah mampu menghasilkan daya 6 Watt, dengan diameter turbin dibuat 40cm dengan 2 tingkat. Tingkat 1 (atas) mempunyai tinggi 50 cm dengan 2 sudu dan tingkat 2 (bawah) tinggi 10 cm dengan 6 sudu. Dibuatnya turbin 2 tingkat dengan tinggi dan jumlah yang berbeda, yaitu bertujuan tingkat atas untuk dapat menghasilkan torsi yang besar sedangkan tingkat bawah sebagai penggerak awal agar turbin dapat berputar pada kecepatan rendah. Hasil yang diperoleh turbin tersebut hanya mampu menghasilkan daya maksimal 3,3 Watt pada kecepatan angin 5-6 m/s. Oleh karena itu dalam penelitian lanjutan ini dilakukan suatu upaya agar daya turbin dapat meningkat.

### Batasan Masalah

Batasan dan ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Turbin angin yang digunakan adalah poros vertikal tipe savonius 2 tingkat.
2. Pengambilan data yaitu skala laboratorium dengan sumber angin buatan (kipas angin) dengan kecepatan 3 – 5 m/s.
3. Eksperimen dilakukan untuk mengoptimasi daya turbin dengan melakukan perubahan pada turbin bagian/tingkat bawah yaitu penambahan jumlah sudu dan jarak celah antar sudu.

Hasil yang akan dicari adalah daya listrik dengan menggunakan generator mini sebagai penghasil daya listriknya.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi masalah diatas, maka pada penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan yaitu berapa jarak celah antar sudu yang sesuai agar daya turbin angin dapat meningkat?

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian berjudul “Kajian eksperimental pengaruh jumlah sudu terhadap torsi dan putaran turbin savonius tipe U” yang diteliti oleh Zulfikar, Nusyirwan dan Rakiman diperoleh data bahwa turbin angin jenis savonius tipe U dengan 1 tingkat, variasi 2 dan 3 sudu dengan dimensi diameter rotor 40cm dan tinggi 60cm diuji pada kecepatan angin 0,5 - 4,8 m/s. Hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data daya poros maksimal sebesar 2,01 Watt yaitu pada kecepatan angin 4,8 m/s dengan jumlah 3 sudu.

Pada penelitian lain yang berjudul “Rancang bangun turbin angin vertical jenis savonius dengan variasi jumlah stage dan phase shift angle untuk memperoleh daya maksimum”, diteliti oleh Fachrudin S, Gunawan N dan Ali Musyafa. Dalam penelitiannya mengkaji turbin angin savonius dengan 2 dan 3 tingkat. Masing-masing tingkat terdiri dari 2 sudu dengan diameter 10cm, sedangkan tinggi rotor 36cm dan bahan sudunya adalah PVC. Hasil yang diperoleh yaitu putaran poros tertinggi 176,6rpm, daya listrik 2000μWatt dan daya poros 0,5 Watt yang diuji pada kecepatan angin 4,6 m/s dengan sudut 45°.

Sedangkan pada pengujian tentang unjuk kerja turbin angin savonius 2 tingkat 8 sudu Tipe U yang diteliti oleh Syamsul Bahri dan Suheri dengan beban generator, pada kecepatan angin 6,73 m/s, putaran maksimum yang dihasilkan Turbin angin Savonius 2 (dua) tingkat adalah 78 rpm dengan daya bangkitan 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. Hasil analisa dari turbin tersebut turbin angin dengan 2 tingkat yang masing-masing 4 sudu U, lebih efektif dibandingkan dengan 1 tingkat yang 2 sudu lengkung U. Dari berbagai macam penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu dan tingkatan turbin dapat mempengaruhi besarnya daya turbin, sehingga dalam penelitian ini dilakukan optimasi dengan variasi celah antar sudu, bentuk dan jumlahnya, agar peningkatan daya dapat tercapai.

### Unjuk Kerja Turbin Savonius

Faktor yang mempengaruhi besarnya daya pada turbin angin adalah besarnya torsi dan tingginya putaran poros. Besarnya torsi dan putaran poros dapat ditingkatkan diantaranya adalah dengan bentuk, sudut dan jumlah sudu. Sehingga untuk mengetahui unjuk kerja dari turbin savonius diperlukan data-data untuk dilakukan suatu perhitungan dan analisa.

### Daya Energi Angin (P)

Energi yang dimiliki oleh angin dapat diperoleh dari persamaan :

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

Dimana:

P = Energi angin (Watt)

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

A = Area penangkapan angin (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan angin (m/s)

Persamaan di atas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik. Namun kenyataannya tidak seperti itu. Jadi terdapat faktor efisiensi dari mekanik turbin angin dan efisiensi dari generator sendiri. Sehingga daya yang dapat diekstrak menjadi energi angin dapat diketahui dari persamaan (*wind turbines, Al-shemmeri, 2010*) berikut:

$$P = C_p * \frac{1}{2} \rho * A * V^3 \quad (2)$$

Dimana : P = Energi angin (Watt)

$C_p$  = Koefisien Tenaga

**Brake Horse Power (BHP)**

Brake Horse Power adalah daya dari turbin yang di ukur setelah mengalami pembebanan yang disebabkan oleh generator, *gearbox*, pompa ataupun perangkat tambahan lainnya. Brake yang dimaksud adalah suatu peralatan yang digunakan untuk memberikan beban pada turbin sehingga putarannya dapat terjaga secara konstan. Dalam percobaan nantinya BHP diukur dengan menggunakan generator listrik. Dengan mengukur besarnya tegangan yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator. Seperti pada rumus :

$$P_{generator} = V \cdot I \quad (3)$$

Dimana :

$P_{generator}$  : Daya generator listrik, (Watt)

$V$  : Tegangan generator listrik, (Volt) dan  $I$  : Arus listrik, (Ampere)

Besarnya BHP dapat dihitung setelah didapatkan harga  $P_{generator}$  dengan rumus sebagai berikut :

$$BHP = \frac{P_{generator}}{\eta_{generator}} \quad (4)$$

Dimana :

$BHP$  : Brake Horse Power, (Watt)

$P_{generator}$  : Daya generator listrik, (Watt)

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

$$\eta = \frac{P_L}{P_T} \times 100\%$$

dimana  $P_L$  = daya beban dan  $P_T$  = daya mekanik turbin

**Torsi (T)**

Torsi adalah hasil perhitungan BHP yang dibagi dengan kecepatan sudut dari putaran turbin. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{BHP}{\omega} \quad (5)$$

Dimana :  $\omega$  = Kecepatan sudut, (rad/s) =  $\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$

**Efisiensi**

Efisiensi mesin turbin angin jenis savonius 2 tingkat ini dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta = \frac{BHP}{P_{input}}$$

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimen yaitu melakukan pengujian untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang diberikan berupa perubahan jumlah sudu dan jarak celah antar sudu sehingga diperoleh data putaran poros, torsi dan daya yang dihasilkan

Dalam penelitian ini data yang diperlukan dapat diperoleh melalui dua metode yaitu:

1. Pembuatan rotor/ rancang ulang pada alat sebelumnya dengan ujicoba melakukan perubahan pada sudu rotor dengan menambahkan jumlah sudu pada tingkat bawah dari 6 menjadi 18 sudu, memperkecil diameter sudu dari 20 menjadi 10 dan mengatur jarak celah antar sudu 0 – 50 mm.
2. Pengamatan secara langsung atau observasi yaitu melakukan pengamatan terhadap objek yang diteliti dalam hal ini adalah analisa variasi jarak celah antar sudu terhadap putaran poros, torsi dan daya listrik yang dihasilkan.

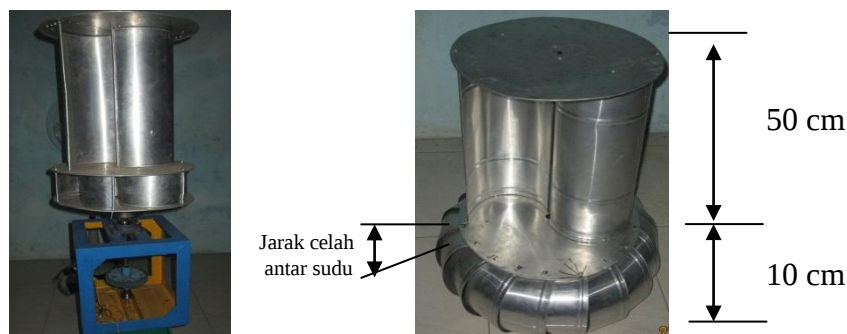
**Variabel Penelitian**

1. Variabel Bebas  
variabel bebas dalam penelitian ini adalah Kecepatan angin : speed 1 = 3,5 m/s, speed 2= 4,5 m/s dan speed 3 = 5,2 m/s serta variasi jarak celah sudu 0 - 50 mm.
2. Variabel terikat  
Variabel terikat dalam penelitian ini: putaran poros (n), dan daya listrik (volt x amper).

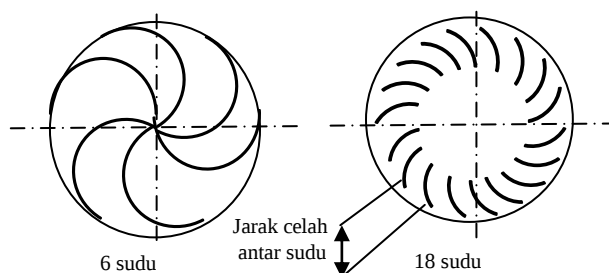
## Instrumen Penelitian

Berikut adalah gambar alat uji turbin angin poros vertical

### A. Gambar Alat (prototype turbin angin savonius 2 tingkat)



Gambar 1 Turbin Hasil Rancangan I dan II (modifikasi)



Gambar 2 Skema susunan sudu turbin pada tingkat ke2 (bawah)

Pada gambar 2 diatas terlihat bahwa antara masing-masing sudu ada jarak atau celah yang berfungsi untuk masuknya angin yang akan memutar turbin. Masing-masing sudu tersebut dapat diputar atau digerakkan untuk mengatur jarak kerenggarangannya. Dimana jarak celah atau kerenggarannya diatur dari 0-50 mm.

## PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

### 1. Hasil Penelitian

#### 1. Putaran Poros

Tabel 4.1 Variasi kecepatan angin terhadap putaran poros

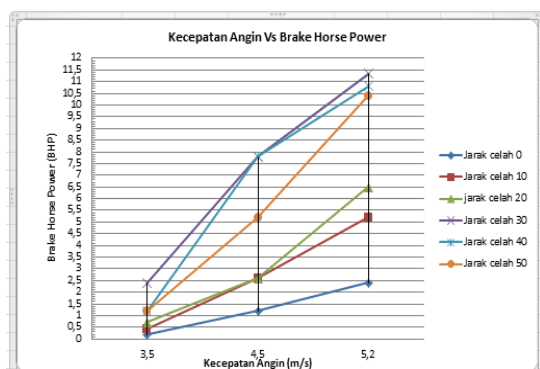
| No | Jarak celah antar sudu (mm) | Speed | Kec.Angin (m/s) | n (rpm) |
|----|-----------------------------|-------|-----------------|---------|
| 1  | 0                           | 1     | 3,5             | 88,2    |
| 2  | 0                           | 2     | 4,5             | 101,5   |
| 3  | 0                           | 3     | 5,2             | 115,8   |
| 4  | 10                          | 1     | 3,5             | 80,7    |
| 5  | 10                          | 2     | 4,5             | 115,6   |
| 6  | 10                          | 3     | 5,2             | 120     |
| 7  | 20                          | 1     | 3,5             | 101,1   |
| 8  | 20                          | 2     | 4,5             | 124     |
| 9  | 20                          | 3     | 5,2             | 133     |
| 10 | 30                          | 1     | 3,5             | 98      |
| 11 | 30                          | 2     | 4,5             | 126     |
| 12 | 30                          | 3     | 5,2             | 136,2   |
| 13 | 40                          | 1     | 3,5             | 97      |
| 14 | 40                          | 2     | 4,5             | 124,2   |
| 15 | 40                          | 3     | 5,2             | 135,7   |
| 16 | 50                          | 1     | 3,5             | 93      |
| 17 | 50                          | 2     | 4,5             | 123     |
| 18 | 50                          | 3     | 5,2             | 134,2   |

#### 2. Daya Listrik

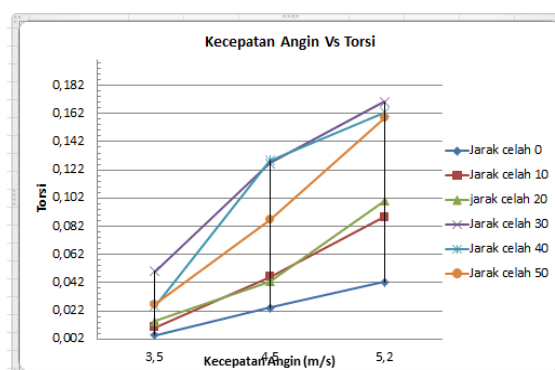
Tabel 4.2 Variasi kecepatan angin terhadap Daya Listrik

| No | Jarak celah antar sudu (mm) | Speed | Kec.Angin (m/s) | Tegangan (Volt) | Arus (Amp) | Daya Listrik (W) |
|----|-----------------------------|-------|-----------------|-----------------|------------|------------------|
| 1  | 0                           | 1     | 3,5             | 10              | 0,01       | 0,1              |
| 2  | 0                           | 2     | 4,5             | 12              | 0,05       | 0,6              |
| 3  | 0                           | 3     | 5,2             | 12              | 0,1        | 1,2              |
| 4  | 10                          | 1     | 3,5             | 11              | 0,02       | 0,22             |
| 5  | 10                          | 2     | 4,5             | 13              | 0,1        | 1,3              |
| 6  | 10                          | 3     | 5,2             | 13              | 0,2        | 2,6              |
| 7  | 20                          | 1     | 3,5             | 12              | 0,03       | 0,36             |
| 8  | 20                          | 2     | 4,5             | 13              | 0,1        | 1,3              |
| 9  | 20                          | 3     | 5,2             | 13              | 0,25       | 3,25             |
| 10 | 30                          | 1     | 3,5             | 12              | 0,1        | 1,2              |
| 11 | 30                          | 2     | 4,5             | 13              | 0,3        | 3,9              |
| 12 | 30                          | 3     | 5,2             | 13,5            | 0,42       | 5,67             |
| 13 | 40                          | 1     | 3,5             | 12              | 0,05       | 0,6              |
| 14 | 40                          | 2     | 4,5             | 13              | 0,3        | 3,9              |
| 15 | 40                          | 3     | 5,2             | 13,5            | 0,4        | 5,4              |
| 16 | 50                          | 1     | 3,5             | 12              | 0,05       | 0,6              |
| 17 | 50                          | 2     | 4,5             | 13              | 0,2        | 2,6              |
| 18 | 50                          | 3     | 5,2             | 13              | 0,4        | 5,2              |

## 2. Analisa Data BHP (Brake Horse Power) dan torsi



Gambar 4.1 Grafik kec. angin terhadap BHP



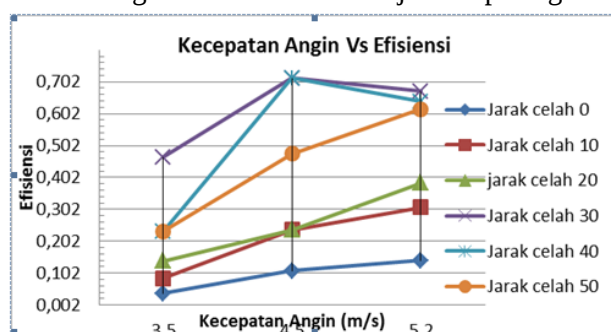
Gambar 4.2. Kec.angin terhadap Torsi

Dari gambar 4.1 diketahui bahwa daya pengereman (BHP) tertinggi pada jarak celah 30 cm dengan kecepatan angin 5,2 m/s yaitu sebesar 11,34 watt dan BHP minimum pada kecepatan angin 3,5 m/s dengan jarak celah 0 cm. Dapat disimpulkan pula semakin tinggi kecepatan angin maka BHP yang dibutuhkan semakin tinggi.

Sedangkan pada grafik 4.2 diketahui bahwa Torsi terbesar pada jarak celah 30 cm dengan kecepatan angin 5,2 m/s yaitu sebesar 0,17 Nm dan Torsi minimum pada kecepatan angin 3,5 m/s dengan jarak celah 0 cm sebesar 0,0046Nm, dan dapat disimpulkan pula semakin tinggi kecepatan angin maka Torsi yang dihasilkan juga semakin besar.

## 2. Efisiensi

Hasil penelitian tentang efisiensi turbin ditunjukkan pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik kecepatan angin terhadap efisiensi

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa Efisiensi tertinggi yaitu pada jarak celah 30 dan 40 cm dengan kecepatan angin 4,5 m/s yaitu sebesar 0,71 dan Efisiensi terendah pada kecepatan angin 3,5 m/s dengan jarak celah 0 cm sebesar 0,0038, dan dapat disimpulkan pula semakin tinggi kecepatan angin maka efisiensi yang dihasilkan tidak semakin tinggi tapi justru mengalami penurunan.

## 4. KESIMPULAN

### A. SIMPULAN

Dari hasil rancang ulang alat, ujicoba penelitian untuk mengoptimasi daya listrik yang dihasilkan dimana pada penelitian sebelumnya diperoleh 3,3 watt, dengan melakukan perubahan bentuk, jumlah dan celah antar sudu maka hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Diperoleh daya listrik maksimum 5,67 Watt, sehingga mengalami peningkatan 1,71% dari daya listrik pada turbin rancangan awal sebesar 3,3 Watt.
2. Daya listrik maksimum diperoleh pada jarak celah antar sudu 30 cm pada kecepatan angin 5,2 m/s.

**B. SARAN**

1. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar lagi dimensi/ diameter turbin sebaiknya lebih diperbesar lagi.
2. Konstruksi rotor baik poros maupun sudu dan juga penyangga turbin bila akan diaplikasikan langsung di lapangan perlu diperbaiki dan diperhitungkan lebih baik.
3. Untuk lampu sebaiknya digunakan Lampu LED yang mempunyai daya listrik rendah, namun cahaya lebih terang.
4. Untuk efisiensi turbin yang lebih baik, sebaiknya menggunakan generator khusus turbin angin.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Al-Shemmeri, Wind Turbines, 2010
- Setiawan AA, Soenoko R., Sutikno D, 2012, *Pengaruh Jarak Celah Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertical Savonius*. Univ.Brawijaya. Malang
- Anonim 1, 2007. [www.mst.gadjahmada.edu/dl/Kincir\\_Angin.pdf](http://www.mst.gadjahmada.edu/dl/Kincir_Angin.pdf)
- Hau, E, 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Applications, Economics* 2<sup>nd</sup> Edition. Berlin: Springer.
- Syukri H, 2006. *Energi Angin*, CV Bintang Lamumpatue, Makassar.
- Ikhsan I, Hipi A, 2011, *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Kincir Angin Tipe Propeller pada Wind Tunnel sederhana*, TA, Makasar.
- Mahendra B, Soenoko R.& Sutikno D, 2012, *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Savonius Type L*. Univ.Brawijaya. Malang
- Zulfikar, Nusyirwan & Rakiman “*Kajian eksperimental pengaruh jumlah sudu terhadap torsi dan putaran turbin savonius type U*” Politeknik Negeri Padang.
- Lutfi FS, Nugroho G & Musyafa A, 2013, “*Rancang bangun turbin angin vertical jenis savonius dengan variasi jumlah stage dan phase shift angle untuk memperoleh daya maksimum*”, ITS, Surabaya.
- Bachri S. & Suheri, “*Pengujian Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius 2 tingkat 8 sudu Tipe U*” Universitas Samudra Langsa.