

# PENGUJIAN TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE U TIGA SUDU DI LOKASI PANTAI AIR TAWAR PADANG

Ruzita Sumiati <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang

## ABSTRACT

Sumber energy terbesar yang dimanfaatkan saat ini masih dominan berasal dari fosil. Sumber energy fosil bersifat non renewable sehingga lama kelamaan akan habis dan energy fosil juga tidak ramah lingkungan karena menghasilkan gas CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu saat ini sangat banyak penelitian dilakukan tentang energi terbarukan agar mendapatkan sumber energy baru yang memiliki dampak positif bagi lingkungan dan bersifat renewable. Salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan mudah untuk didapat adalah energi angin. Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan energy angin sebagai penghasil listrik dengan menggunakan turbin angin savonius. Tujuan yang hendak dicapai adalah mengetahui unjuk kerja turbin angin savonius tipe U tiga sudu melalui pengujian terhadap variable ukur yaitu kecepatan angin, kecepatan putar rotor dan daya yang dihasilkan alternator. Lokasi pengujian di pantai Air Tawar Padang. Dari hasil pengujian didapatkan putaran maksimum rotor adalah 196 rpm pada kecepatan angin 7,9m/s, besar daya 126 watt. Untuk putaran minimum rotor 53 rpm pada kecepatan angin 2,7 m/s tidak mampu menghasilkan daya karena putaran pada poros alternator setelah melewati system transmisi menjadi 156 rpm sehingga tidak mampu membangkitkan listrik, dimana spesifikasi alternator yang dipakai baru mampu menghasilkan listrik jika putaran besar dari 300rpm.

**Keyword:** Wind Turbine, Renewable energy, Savonius

## 1. PENDAHULUAN

Isu tentang energi merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi masyarakat saat ini di dunia. Lebih dari 86% dari energi dunia saat ini berasal dari bahan bakar fosil, sementara itu permintaan kebutuhan energi di seluruh dunia terus tumbuh pesat [2]. Sebagai mana yang kita ketahui sumber energi fosil sifatnya non renewable jika kita tetap bertahan hanya menggunakan energi fosil sebagai sumber energi maka suatu saat sumber energi akan habis. Kemudian pemakaian energi listrik yang bersumber dari fosil juga berefek pada peningkatan kadar emisi (CO<sub>2</sub>) di udara sehingga terjadinya efek rumah kaca [2]

Sejak tahun 2011 sampai saat ini sering sekali terjadi pemadaman lampu bergilir khususnya di wilayah Sumatera Barat. Perusahaan Listrik Negara (PLN) terpaksa melakukan pemadaman listrik bergilir di Sumatera Barat karena pasokan listrik di wilayah Sumatera Barat devisa 20 Megawatt selama masa maintenance[6]. Berdasarkan hal tersebut diatas ada dua hal yang seharusnya dilakukan secara simultan untuk menghadapi masalah tersebut: konservasi dan diversifikasi sumber energi. Jadi,

melakukan usaha penghematan konsumsi energi dan kemudian pada saat yang sama, juga melakukan pencarian dan penggunaan secara intensif sumber energi terbarukan (*renewable energi resources*) [10].

Salah satu sumber energy terbarukan adalah energy angin. Energi angin merupakan salah satu sumber daya yang berlimpah, ramah lingkungan dan bersifat renewable, untuk itu sangat berpotensi untuk dikembangkan. Kondisi data kecepatan angin Indonesia khususnya kota Padang mempunyai kecepatan angin rendah berkisar antara 3m/s - 7m/s jadi jenis turbin angin vertikal exis savonius dirasa sangat cocok untuk diterapkan karena lebih mudah berputar pada kondisi kecepatan angin rendah. Turbin angin savonius memiliki self starting yang baik sehingga mampu memutar rotor walaupun kecepatan angin rendah, selain itu torsi yang dihasilkan relative tinggi (Salgorzey, 2007).

Menurut penelitian Hendra A (2012), dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius. Menggunakan metode penelitian eksperimental dengan variasi jumlah sudu : 2, 3, dan 4 buah.

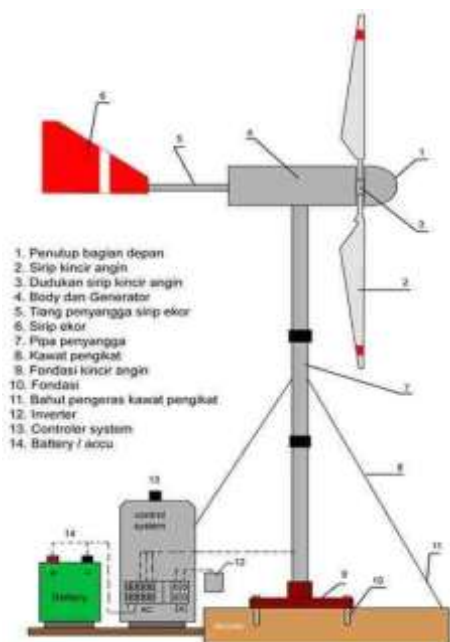
Didapatkan hasil bahwa turbin angin dengan jumlah sudu 3 buah memiliki unjuk kerja yang lebih baik dibanding dengan sudu yang lain.

Adapun permasalahan pada penelitian ini ini adalah bagaimana menguji unjuk kerja turbin angin savonius tipe U yang menggunakan sudu berjumlah tiga buah sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik skala kecil yaitu angin sebagai sumber energi. Tujuan penelitian ini ini adalah untuk membuat dan menguji turbin angin savonius bentuk sudu U yang memiliki jumlah sudu 3 buah melalui karakteristik perbandingan terhadap putaran pada variasi kecepatan angin.

**2. TEORI DASAR**

**2.1 Prinsip Dasar Turbin Angin**

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana sketsa kincir angin adalah sebagai berikut :



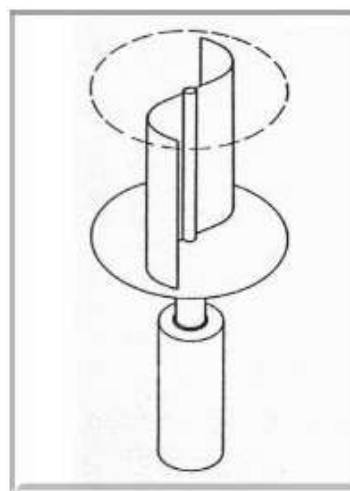
Gambar 2.1 Bagian-Bagian Turbin Angin  
 Sumber: lugiromadoni.blogspot.com

Prinsip dasar anemometer baling-baling sama dengan turbin angin. Hal yang terpenting dari turbin angin adalah menghasilkan daya. Daya merupakan

fungsi dari kecepatan angin dan luas sapuan sudu (Blade).

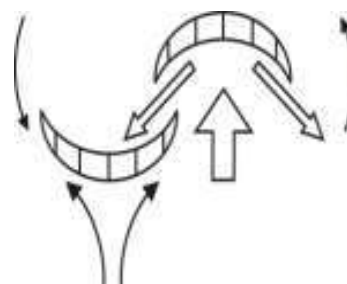
**2.2 Turbin Angin Savonius**

Turbin angin dengan konstruksi sederhana yang ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius (1922). Turbin yang termasuk dalam kategori TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill.



Gambar 2.2 Turbin Angin Savonius  
 Sumber: [www.reuk.co.uk/Savonius-Wind-Turbines.htm](http://www.reuk.co.uk/Savonius-Wind-Turbines.htm)

Turbin angin *savonius* adalah jenis turbin angin tipe drag, dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang di hasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu (White, 1986: 412).Turbin angin savonius bisa berputar pada kecepatan angin rendah, proses manufacture turbin savonius mudah dan memiliki koefisien daya rendah. Pola aliran udara pada sudu turbin angin tipe U dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Pola aliran Udara sudu tipe U

### 2.3 Daya Total

Angin adalah udara yang bergerak. Dengan kerapatan udara dan kecepatan tertentu, angin mempunyai tekanan angin dinamik yang diformulasikan sebagai berikut :

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (1)$$

dimana  $q$  = tekanan dinamik angin  
 $\rho$  = kerapatan udara  
 $V$  = kecepatan angin

Tekanan angin dinamik yang menerpa suatu luas sapuan tertentu akan menghasilkan gaya angin. Dengan demikian gaya angin diperoleh dari perkalian antara tekanan angin dinamik dan luas sapuan sebagai berikut :

$$F = qA \quad (2)$$

dimana  $F$  = gaya angin  
 $A$  = luas sapuan

Angin bertiup menerpa rotor. Oleh karena itu luas sapuan dalam hal ini adalah luas rotor, yaitu

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (3)$$

dimana  $D$  = diameter rotor

Secara definisi perkalian antara gaya angin dan kecepatan angin menghasilkan daya angin, yaitu

$$P_{\text{angin}} = FV \quad (4)$$

Angin bertiup menerpa rotor dengan luas sapuan tertentu. Namun tidak semua daya angin dapat diserap oleh rotor. Besarnya daya angin yang dapat diserap oleh rotor sangat tergantung pada prestasi rotor, yang mana biasanya dinyatakan dalam koefisien daya,  $c_p$ . Berdasarkan hal tersebut maka persamaan 4 dapat ditulis ulang menjadi

$$P_{\text{rotor}} = c_p P_{\text{angin}} \quad (5)$$

Salah satu variable yang penting di dalam pengujian turbin angin adalah nilai *Brake Horse Power* yaitu daya dari turbin yang diukur 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 *Brake Horse Power* diukur melalui tegangan dan arus yang keluar dari generator listrik yang digunakan untuk pembangkit listrik pada turbin angin. Dengan mengukur besarnya tegangan ( $v$ ) dan arus ( $I$ ) yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator.

$$P_{\text{Generator}} = V.I \quad (6)$$

Dimana :

$P_{\text{gen}}$  = Daya generator listrik (Watt)  
 $V$  = Tegangan generator listrik (Volt)  
 $I$  = Arus listrik (Ampere)

Besarnya *Brake house Power* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\text{BrakeHousePower} = \frac{\text{DayaGenerator}}{\text{EfisiensiGenerator}} \quad (7)$$

Besaran yang juga memegang peranan penting dalam pengujian sebuah turbin angin adalah pengukuran Torsi. Torsi biasa disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda berputar pada suatu sumbu. Torsi juga bisa didefinisikan ukuran keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut. Besar torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

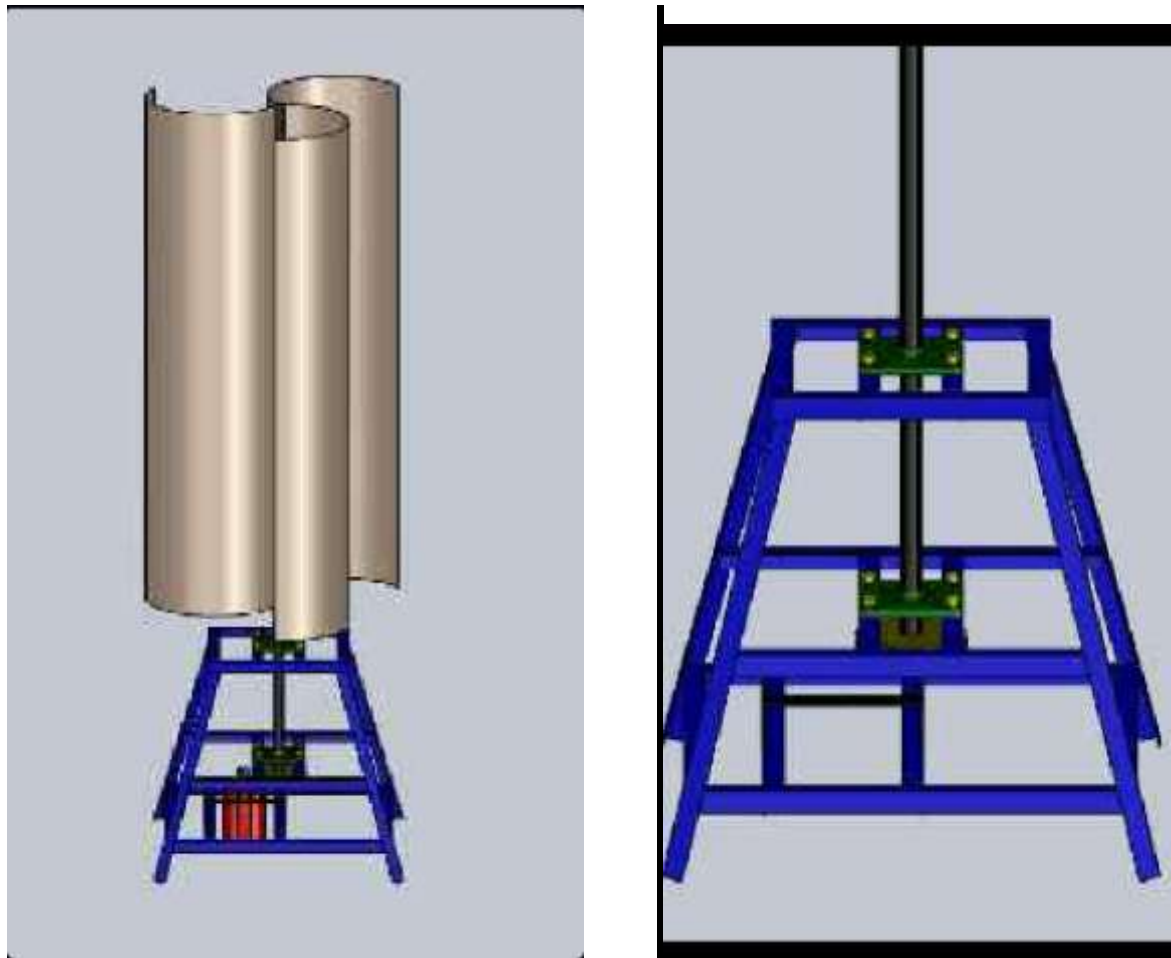
$$\text{Torsi} = \frac{\text{Daya Generator}}{(2.\pi.\eta_{\text{generator}})/60} \quad (8)$$

Dimana:  $\eta_{\text{generator}}$  = Putaran generator (rpm)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metoda penelitian eksperimen, yaitu dengan melakukan pengamatan atau pengukuran terhadap variable yang ditentukan untuk mengetahui kemampuan kerja turbin angin savonius yang telah dirancang dan dibuat yaitu dengan bentuk sudu tipe U jumlah sudu 3.

**3.1 Disain Turbin**



Gambar 3.1 Rancangan turbin angin savonius tipe U dan Rangka dudukan

Adapun spesifikasi turbin angin yang diuji ini adalah diameter rotor 83 cm diameter masing-masing sudu 40 cm bahan pembuat sudu seng plat tebal 1 mm, tinggi sudu 150 cm. Bahan poros terbuat dari besi profil bulat pejal panjang 19,55 cm dengan diameter 3 cm. Transmisi yang digunakan adalah transmisi roda gigi dibuat dengan menggunakan mesin milling. Roda gigi besar dan kecil dibuat dengan perbandingan 3:1



Gambar 3.2 : Sistem transmisi roda gigi yang dipakai

Bantalan yang digunakan adalah ball bearing digunakan 2 buah yaitu pada poros sudu dan bantalan poros roda gigi. Untuk pembangkit listrik digunakan alternator.

**3.2 Lokasi Penelitian**

Pengujian turbin angin dilakukan di lokasi pinggir pantai Perumnas Air Tawar Padang. Kecepatan angin disekitar pinggir pantai cukup baik dibanding lokasi yang lainnya di kota Padang rata-rata kecepatan angin adalah 5,7 m/s.

**3.3 Alat dan Bahan**

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Daftar peralatan yg digunakan dalam pengujian

Anemometer :	pengukur kecepatan angin.
Alternator :	Berfungsi sebagai pengubah energy gerak menjadi energy listrik

Tachometer :	alat untuk mengukur putaran tiap menit (rpm)
Beban :	Berfungsi sebagai beban dalam percobaan ini dan beban ini yang akan diukur. Digunakan lampu
Multitester :	Berfungsi sebagai alat ukur arus (i) dan tegangan (v) untuk mendapatkan nilai daya yg dihasilkan generator

### 3.4 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dalam tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian kecepatan angin disekitar lokasi tempat pengambilan data. Pengujian dilakukan selama 2 hari dari jam 7 pagi sampai jam 6 sore. Data diambil tiap 1 jam berselang.
2. Melakukan pengujian Alat
  - Instalasi turbin angin savonius di pasang di pinggir pantai. Pengujian pertama adalah pengujian putaran dengan alat ukur tachometer variable yang diukur adalah kecepatan putar rotor turbin dan kecepatan putar output bersamaan dengan pengujian kecepatan angin saat itu diukur dengan anemometer.
  - Kemudian pengujian kedua pengukuran daya keluaran generator dengan cara mengukur tegangan dan arus pada keluaran generator dengan multimeter. Berdasarkan data hasil pengukuran tegangan dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya arus dan daya keluaran dari turbin.

Dengan pengujian ini diharapkan agar diketahui unjuk kerja turbin angin yang telah dibuat yaitu turbin angin savonius tipe U sehingga dengan hasil yang didapat bisa dilakukan perbaikan untuk meningkatkan kinerja turbin angin ini dan nantinya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energy listrik.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Kecepatan Angin

Pengujian kecepatan angin dilakukan pada tanggal 20 Mai 2012 di daerah pantai Air Tawar Padang. Pengujian dengan menggunakan anemometer. Pengujian ini dilakukan dari jam 7 WIB – Jam 18 WIB.dari hasil pengujian didapat kecepatan angin sebagai berikut:



Gambar 4.1: Grafik kecepatan angin dan waktu

Dilihat dari grafik 4.1 diketahui rata-rata angin di daerah pantai air tawar adalah 5,7 m/s. Dan kecepatan maksimum adalah pada jam 15 wib. Kecepatan angin dari jam 3 sore sampai jam 6 sore cenderung tinggi disaat pengujian dilakukan yaitu berkisar antara 6-7 m/s. Menurut keterangan penduduk setempat angin cenderung kencang sekitar jam 15 wib sampai jam 18 wib. Di pagi hari keadaan angin cenderung tenang jadi pemanfaatan potensi angin di daerah ini maksimal disore hari.

### 4.2 Putaran Rotor

Pengukuran Kecepatan rotor turbin yang diukur dari jam 7 sampai jam 18 wib adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Putaran Turbin Diukur dari Jam 7-18 wib



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kec. Angin Dan Putaran Poros

Putaran rpm maksimum poros didapat pada kecepatan angin maksimal pada saat pengujian dilakukan yaitu 7,9 m/s menghasilkan putaran sebesar 196 rpm sementara itu putaran pada poros generator menjadi tiga kali lipat putaran poros karena menggunakan sistem transmisi roda gigi dengan perbandingan gigi 1:3 sehingga putaran pada generator menjadi 588 rpm. Saat pengujian alat di pantai air tawar padang putaran maksimal di dapat sekitar pukul 15 wib. Untuk putaran minimal didapat pada kecepatan angin 2,7 m/s dengan putaran rotor 52 rpm sehingga kecepatan pada poros generator didapat sebesar 156 rpm data didapat sekitar pukul 7 wib.

#### 4.3 Daya Alternator

Pengujian terhadap daya yang dihasilkan alternator melalui pengukuran tegangan dan arus keluaran alternator. Daya didapatkan dari perkalian antara tegangan dan arus. Pengukuran dilakukan setiap jam dari jam 7 pagi sampai jam 18 wib. Data daya yang dihasilkan oleh alternator disajikan oleh grafik berikut diurut berdasarkan kecepatan angin terkecil sampai terbesar :



Gambar 4.4 Grafik Daya generator dan kecepatan angin

Dari grafik dapat dilihat bahwa daya baru dapat dihasilkan sebesar 6 watt pada kecepatan angin 5,5 m/s dengan putaran rotor 150 rpm atau 456 rpm pada poros alternator hal ini disebabkan karena alternator yang dipakai spesifikasinya memiliki putaran minimum 300rpm baru mampu menghasilkan listrik. Jika putaran yang diberikan kurang dari 300 rpm maka arus dan tegangan bernilai nol. Daya maksimum dihasilkan pada kecepatan angin 7,9 m/s yaitu sebesar 126 watt.

Berdasarkan grafik hubungan kecepatan putar turbin angin dan kecepatan angin dan grafik hubungan daya dan kecepatan angin menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan kecepatan angin semakin meningkat juga kecepatan putar turbin angin dan dengan semakin meningkatnya kecepatan

putar turbin angin maka daya yang dihasilkan turbin angin juga semakin besar.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian yang dilakukukan di lokasi pantai air tawar padang terhadap unjuk kerja turbin angin savonius tipe U tiga sudu dengan spesifikasi diameter rotor 83 cm diameter masing-masing sudu 40 cm bahan pembuat sudu seng plat tebal 1 mm, tinggi sudu 150 cm. Bahan poros terbuat dari besi profil bulat pejal panjang 19,55 cm dengan diameter 3 cm, menggunakan system transmisi roda gigi dengan perbandingan 3:1 mampu mengasilkan daya maksimal sebesar 126 watt pada putaran rotor turbin 196 rpm atau putaran poros generator 588 rpm putaran tertinggi di dapat sekitar pukul 13 wib waktu setempat. Alternator mampu menghasilkan listrik disaat putaran pada poros alternator besar dari 300 rpm hal ini dikarenakan spesifikasi alternator yang digunakan dengan minimum rpm sebesar 300 rpm. Untuk kecepatan angin minimum 2,7 m/s tidak mampu menghasilkan daya karena putaran yang dihasilkan rendah yaitu sebesar 52 rpm pada rotor dan 156 rpm pada poros generator sehingga tidak mampu membangkitkan listrik pada alternator yang dipakai.

### 5.2 Saran

Dari pengujian terhadap turbin angin yang kami rancang ini didapat hasil yang belum maksimal untuk kelanjutan pengembangannya disarankan untuk memaksimalkan energy angin yang diterima oleh sudu disarankan memakai pengarah kemudian untuk mendapatkan putaran dengan efisiensi yang baik disarankan pemakaian bearing yang mampu menahan beban aksial dan radial sehingga putaran rotor lebih stabil.

## 6. UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada Politeknik Negeri Padang yang telah mendanai penelitian ini yaitu didanai oleh dana DIPA Politeknik Negeri Padang dengan No Kontrak: 290/PL9.1.4/LT/2012

## PUSTAKA

1. **Aji, Riangga.** 2011 : *Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Performansi Vertical Axis Wind Turbine Jenis Savonius Type-U*; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. **Darwin, Roy.** 2004. *Effects of Greenhouse Gas Emissions on World Agriculture, Food*

- Consumption, and Economic Welfare*. Journal of Climate Change, 66(2004) page 191-238
3. **Djojodihardjo, H., J.P. Molly**, *Wind Energy Systems*, Penerbit Alumni, Bandung, 1983,
  4. **Eric Hau**, 2005. *Wind Turbines Fundamentals*.
  5. **Heier, S.**, *Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1998.
  6. **Harian Padang Expres**. 25 Maret 2012. Pemadaman lampu Bergilir Selama Masa Maintenance Unit Pembangkit PLN
  7. **Hermawan**. 2010 : Unjuk Kerja Model Trubin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Variasi Posisi Sudu; Jurusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
  8. **Karnowo**; 2008: Pengaruh Perubahan Overlap Sudu Terhadap Torsi Yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U, *Majalah Ilmiah STTR*, Cebu
  9. **Koch, J U. Dayan, dan Mey Marom**. 2000. Inventory of Emission of greenhouse Gases in Israel. *Journal of Water, Air, & Soil Polution*, 123(2000) page 259-271.
  10. **Majalah Teknologi**, *Konservasi dan Diversifikasi Energi*, PT. Darma Yasamas Teknindo, Jakarta, Oktober 1999
  11. **Sargolzay, J**. 2007. Prediction of The Power Ratio in Wind Turbine SavoniusRotors Using Artifical NeuralNetworks.Zahedan:Baluchestan University
  12. **Soedomo**, Moestikahadi.1999. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB
  13. **Tylene Levesque**, 2007. *Micro Wind Turbines: Small Size, Big Impact*
  14. **White F.M.**, *Mekanika Fluida*, Jilid 2, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988