

# RANCANG BANGUN MINIATUR TURBIN ANGIN PEMBANGKIT LISTRIK UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN

Oleh :

**Ruzita Sumiati<sup>1</sup> dan Aidil Zamri<sup>1</sup>**

*Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*

---

## **Abstract**

*Wind turbines convert the kinetic energy in wind into clean electricity. When the wind spins the wind turbine's blades, a rotor captures the kinetic energy of the wind and converts it into rotary motion to drive the generator. Wind electric systems are one of the most cost-effective home-based renewable energy systems with zero emissions and pollution. Many factors that influence the performance of wind turbines such as wind speed, blade shape, and number of blades. In Generator, Coil number of turn (N) also influence performance of wind turbine. Manufacture of wind turbine prototype as a learning medium to facilitate students in understanding the concept of wind electric system. Results of the test prototype wind turbine if the wind speed the greater the resulting voltage will be higher, the Coil number of turn (N) also affects the voltage generated.*

*Keywords : Wind Turbine, Media Pembelajaran*

---

## **PENDAHULUAN**

Untuk membangkitkan motivasi dan minat mahasiswa dalam proses belajar mengajar mata kuliah Pembangkit Listrik (TPLMI) dan Konversi Energi serta untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa khususnya bagi mahasiswa Teknik Mesin maka perlu digunakan media dan metode pembelajaran yang berbeda dengan metoda konvensional. Penggunaan media pembelajaran dan metode eksperimen diharapkan mampu membangkitkan motivasi sehingga tercapai proses pembelajaran yang efektif. Apalagi jika terbatasnya ketersediaan sarana dan prasarana praktikum di kampus, pembuatan media pengajaran berupa prototype sangat membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa pada materi yang diajarkan. Dengan bantuan media prototype juga meningkatkan daya kreatifitas mahasiswa untuk lebih berinovasi lagi khususnya untuk lebih mengembangkan pemanfaatan energy terbarukan dari angin mengingat krisis energy yang mulai terasa akhir-akhir ini.

Tenaga angin merupakan salah satu sumber energy terbarukan yang melimpah dinegeri kita dan ramah lingkungan karena menekan emisi gas CO<sub>2</sub>, oleh karena itu kita dapat memperoleh listrik murah yang tidak terbatas dari energy angin. Diharapkan dengan

memberikan pemahaman yang benar dan kongkrit ke mahasiswa diharapkan mereka nantinya dapat mendisain dan menciptakan sebuah pembangkit listrik tenaga angin dengan efisiensi yang baik sehingga bisa dimanfaatkan untuk kehidupan masyarakat dan mewujudkan program pemerintah untuk percepatan pemanfaatan energy terbarukan.

Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energy listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke baterai atau dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu.

Dari hasil pengamatan penulis dalam mengajarkan materi prinsip kerja generator salah satu materi mata kuliah TPLMI ke mahasiswa dengan menggunakan metoda konvensional sangat sulit sekali mahasiswa untuk memahami konsep dasar generator apalagi materi ini diberikan kepada mahasiswa Teknik Mesin. Salah satu usaha yang dilakukan untuk memecahkan masalah ini

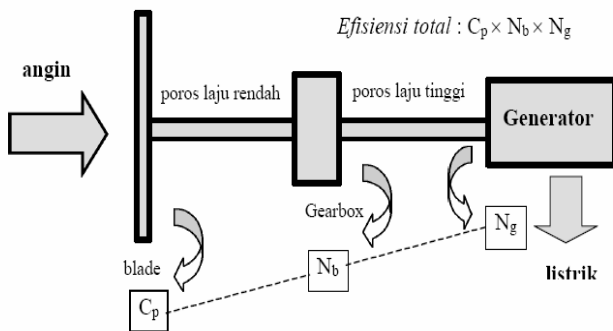
adalah mahasiswa dibawa langsung kunjungan industri ke PLTA atau PLTU terdekat sehingga mereka dapat melihat langsung proses kerja generator. Dari hasil kunjungan industri yang telah dilakukan mereka lebih memahami konsep kerja generator, akan tetapi aktivitas ini tentunya membutuhkan banyak biaya. Hal inilah yang menjadi alasan penulis untuk merancang miniatur turbin angin pembangkit listrik sebagai media pembelajaran untuk mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang jadi mahasiswa tidak perlu jauh-jauh dibawa ke PLTA/PLTU untuk melihat bagaimana listrik bisa dihasilkan oleh suatu generator. Dari prototype yang dibuat juga bisa digunakan sebagai sarana praktikum mahasiswa.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat media pembelajaran pembangkit listrik tenaga angin dalam bentuk miniatur turbin angin sehingga dapat dimanfaatkan dalam pemahaman konsep turbin angin pembangkit listrik, prinsip kerja generator, pengaruh jumlah sudu terhadap listrik yang dihasilkan dan pengaruh jumlah kumparan generator terhadap listrik yang dihasilkan untuk pembelajaran TPLMI. Alat ini juga dapat dipakai sebagai media peraga dan praktikum untuk mata kuliah konversi energi.

**TEORI DASAR**

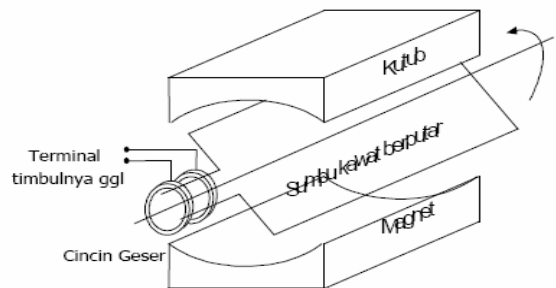
**Prinsip Kerja Turbin Angin Pembangkit Listrik**

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi gerak angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik



Gambar 2.1 Prinsip kerja turbin angin

Komponen yang menghasilkan listrik pada rangkaian turbin angin pembangkit listrik adalah generator. Prinsip kerja generator adalah memakai kaidah Hukum Faraday, yaitu apabila sebuah penghantar digerakkan di dalam sebuah medan magnet, maka kedua ujung penghantar tersebut akan timbul ggl induksi. Bila kedua ujungnya dihubungkan dengan beban, misalnya sebuah lampu, maka akan mengalir arus listrik dan timbul daya listrik. Dasar pembangkitan ggl ini seperti dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 1. Dasar Pembangkit GGL

**Energi Angin**

Prinsip utamanya energi yang dihasilkan angin 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. Energi kinetik untuk suatu massa angin  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  yang nantinya akan diubah menjadi energi poros dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

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 :

$$V = vA$$

Dimana:

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

v : kecepatan angin (m/s)

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

Rotor satu sumbu dengan poros dimana daya poros dihitung dengan persamaan :

$$P = T \cdot \omega$$

dimana : T = torsi poros (Nm)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

*Brake Horse Power* (BHP)

*Brake Horse Power* adalah 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 nantinya BHP diukur dengan menggunakan generator listrik. Dengan mengukur besarnya tegangan yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator. Seperti pada rumus :

$$P_{\text{generator}} = V \cdot I$$

Dimana :

P generator = Daya generator listrik (Watt)

V = Tegangan generator listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

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

$$BHP = \frac{P_{\text{generator listrik}}}{\eta_{\text{generator listrik}}}$$

dimana :

BHP = *Brake Horse Power* (Watt)

P generator = Daya generator listrik (Watt)

$\eta$  = Efisiensi generator (%)

## Torsi (T)

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:

$$T = \frac{P_{\text{generator}}}{2\pi \cdot \eta_{\text{generator}} / 60}$$

dimana:

T = Torsi (Nm)

P generator = Daya generator (Watt)

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

Untuk sebuah generator jumlah lilitan sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan. Sesuai dengan Hukum Faraday sebagai berikut Tegangan induksi dalam satu rangkaian adalah berbanding lurus pada laju perubahan fluks magnetik yang melalui rangkaian. Jika rangkaian adalah kumparan terdiri dari  $N$  lilitan dan jika  $\phi_m$  adalah fluks magnetik melalui satu lilitan, tegangan diinduksi dalam setiap lilitan. Lilitan adalah seri, sehingga tegangannya ( $\epsilon$ ) merupakan penjumlahan; dengan begitu, tegangan induksi total dalam kumparan diberikan oleh :

$$\epsilon = -N \frac{d\phi_m}{dt}$$

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*) yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin savonius, variasi kecepatan angin dan pengaruh jumlah lilitan terhadap arus yang dihasilkan.

Tempat pembuatan miniatur turbin angin pembangkit listrik dilaksanakan di bengkel Politeknik Negeri Padang dan untuk pengujian dilakukan di laboratorium teknik mesin Politeknik Negeri Padang.

## Bahan dan Peralatan

Table 3.1 Daftar Bahan yang digunakan untuk Pembuatan Miniatur Turbin Angin

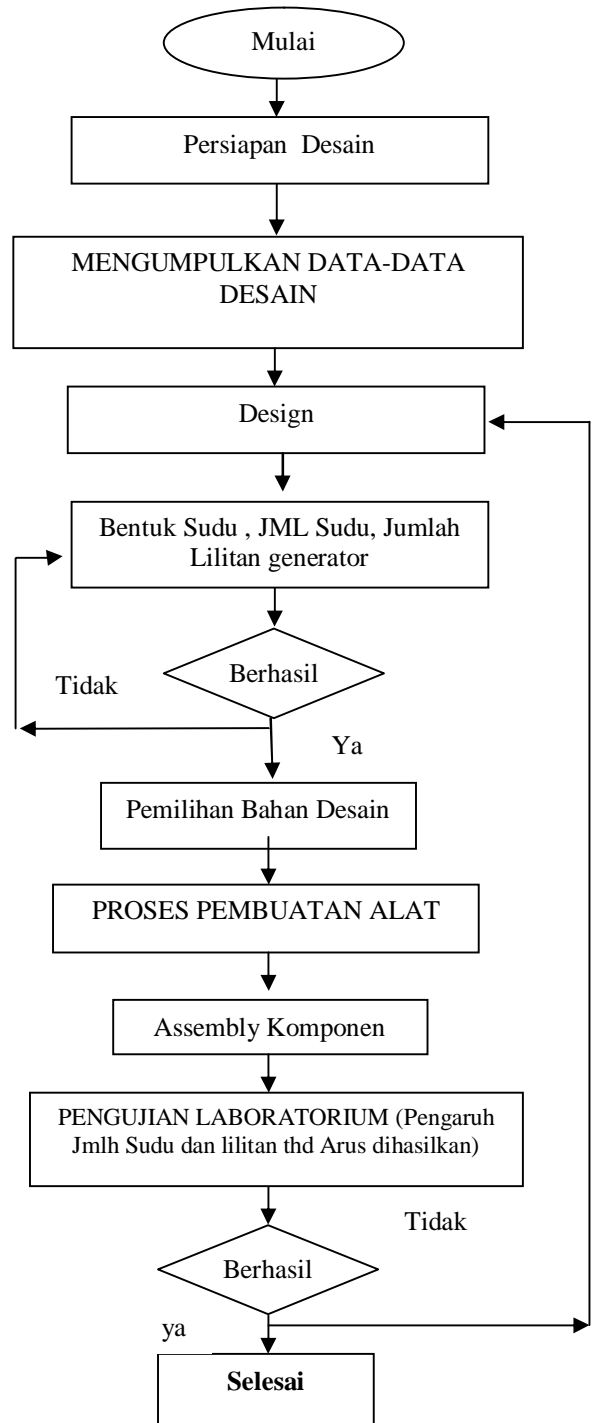
No	Bahan	Keterangan
1	Triplek	Untuk landasan
2	Besi siku	Untuk kerangka
3	Generator	Untuk pengubah besaran
4	Kabel	Untuk penyalur arus
5	Map plastic	Untuk rancangan sudu-sudu
6	Besi	Untuk poros sudu-sudu
7	Mur dan baut	Untuk pengikat
8	Elektroda las	Untuk bahan pengelasan
9	Lem lilin	Untuk perekat pada sudu-sudu

## Peralatan

Table 3.2 Daftar Peralatan yang digunakan untuk Pembuatan Miniatur Turbin Angin

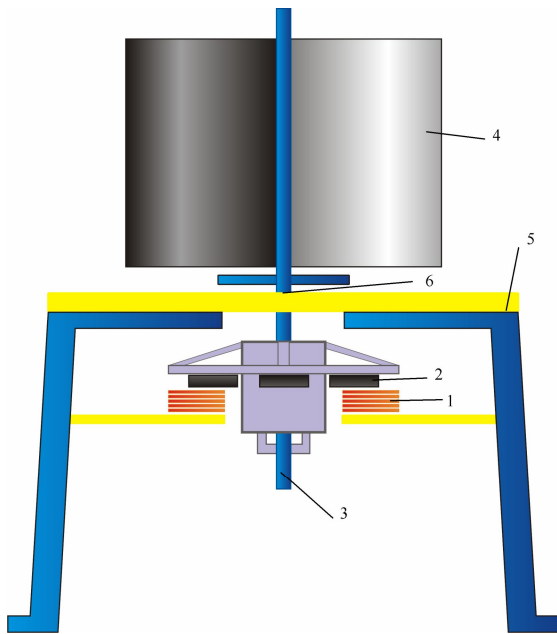
No	Peralatan	Keterangan
1	Gergaji besi	Untuk memotong besi
2	Gergaji kayu	Untuk memotong triplek
3	Mesin las listrik	Untuk pengelesan
4	Mesin bor	Untuk melobangi triplek dan besi siku
5	Mistar / meteran	Untuk pengukuran dimensi
6	Kipas angin	Untuk menghembuskan udara
7	Gunting	Untuk memotong map plastik
8	Pisau karter	Untuk memotong map plastik

Diagram Aliran Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir pelaksanaan penelitian

## Desain Alat



Gambar 3.2 Desain miniatur turbin angin pembangkit listrik.

Keterangan :

Lilitan tembaga (generator) (Dapat diganti-ganti).

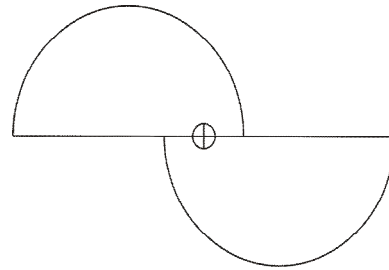
1. Magnet Neodimium
2. Poros (rotor)
3. Sudu turbin (Dapat diganti-ganti)
4. Dudukan
5. Bearing

### Prinsip Kerja Alat

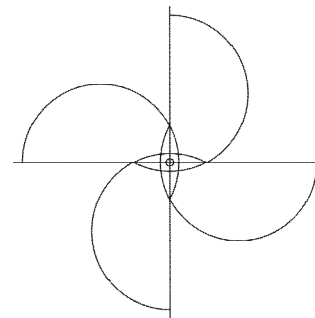
Prinsip kerja miniatur turbin angin ini adalah putaran blade oleh angin diteruskan ke rotor generator sehingga menghasilkan listrik. Komponen 1, 2 dan 3 adalah komponen generator dimana ketiga komponen ini dibuat terbuka agar mahasiswa dapat melihat langsung komponen utama dari generator. Untuk lilitan dapat diganti-ganti jumlahnya agar mahasiswa dapat mengetahui pengaruh perubahan lilitan terhadap listrik yang dihasilkan. Beban yang diberikan berupa lampu LED. Komponen Sudu juga dibuat bisa dibongkar pasang untuk memvariasikan dalam pengambilan data uji pengaruh jumlah sudu terhadap arus yang dihasilkan. Kemudian untuk mengganti-ganti kecepatan angin

digunakan kipas angin yang mempunyai 3 kecepatan 1,2 dan 3.

### Bentuk Sudu



Gambar. 3.3 Sudu jenis Savonius 2 Sudu/blade



Gambar 3.4 Sudu jenis Savonius 4 Sudu/blade

Bentuk sudu yang dipilih adalah jenis savonius, pada penelitian ini divariasikan jumlah sudu yaitu 2 sudu dan 4 sudu untuk melihat pengaruh arus yang dihasilkan dengan memvariasikan jumlah sudu turbin yang digunakan.

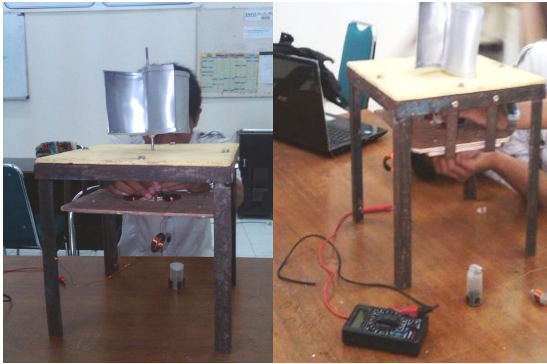
Karena miniatur turbin angin ini dirancang untuk tujuan peraga dan praktikum pembelajaran maka ada 3 variable bebas yang dibuat untuk mengetahui pengaruh masing-masing variable terhadap unjuk kerja turbin angin. Variable tersebut yaitu :

- a. Jumlah sudu  
Untuk variable jumlah sudu yang digunakan adalah 2 sudu dan 4 sudu
- b. Jumlah lilitan  
Jumlah lilitan yang disediakan yaitu 250 ( $\varnothing = 2$  cm) lilitan dan 400 ( $\varnothing = 3,5$  cm) lilitan.
- c. Kecepatan angin.  
Untuk variable kecepatan angin digunakan kecepatan kipas sebagai pemutar yaitu kecepatan 1, 2 dan 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

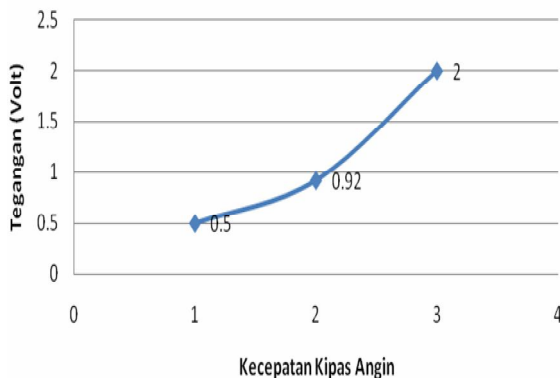
Dari hasil pembuatan dan pengujian alat yang telah dilakukan dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Desain alat miniatur turbin angin pembangkit listrik komponen generator di buat terbuka sehingga kelihatan magnet dan kumparan dengan tujuan agar mahasiswa mengetahui komponen-komponen dasar generator. Kemudian kumparan dapat diganti-ganti jumlah lilitannya. Jadi alat peraga pembangkit listrik tenaga angin bisa dimanfaatkan dengan maksimal sehingga dalam pembelajaran dapat diperagakan kepada mahasiswa secara langsung.



Gambar 4.1. Gambar Alat hasil rancangan

2. Hasil pengujian prototype untuk mengetahui hubungan kecepatan angin dengan tegangan yang dihasilkan digunakan fan untuk variasi kecepatan maka didapat data sesuai dengan grafik berikut :

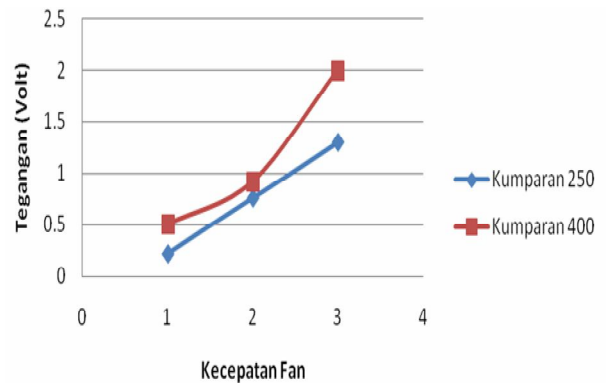


Gambar 4.2. Grafik Hubungan kec Angin dan Tegangan

Dari grafik dapat diketahui bahwa kecepatan angin berpengaruh terhadap

tegangan yang dihasilkan. Dari kecepatan kipas no. 1 sampai no. 3 yang diberikan kepada alat data memperlihatkan bahwa makin tinggi kecepatan yang diberikan makin meningkat nilai tegangan yang dihasilkan. Semakin meningkatnya kecepatan angin akan menyebabkan semakin besar momentum angin yang menumbuk penampang sudu turbin tiap detiknya, maka perbedaan tekanan antara bagian depan sudu dan bagian belakang sudu akan semakin meningkat, sehingga gaya drag yang dihasilkan juga semakin meningkat, akibat dari peningkatan gaya drag ini akan menyebabkan peningkatan putaran pada poros turbin. Peningkatan putaran pada poros turbin menyebabkan peningkatan pada voltase dan arus yang dihasilkan generator listrik. Semakin tinggi voltase dan arus generator listrik yang dihasilkan, daya generator listrik semakin meningkat.

3. Hubungan jumlah kumparan generator dan Tegangan yang dihasilkan



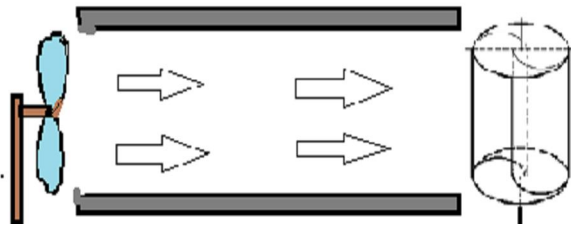
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Jumlah Kumparan dan Tegangan.

Dari grafik terlihat untuk kumparan 400 lilitan memiliki tegangan lebih besar dibandingkan dengan 250 lilitan kumparan. Ini telah memenuhi hukum faraday yaitu ;

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_m}{dt}$$

4. Hubungan jumlah sudu dengan tegangan yang dihasilkan. Pengujian dilakukan

dengan bantuan kipas /fan dengan bantuan pengarah sebagai berikut :



Gambar pengujian Pengaruh jumlah sudu terhadap tegangan yang dihasilkan Data sebagai berikut :

Kec Fan	Tegangan 2 Sudu (Volt)	Tegangan 4 Sudu(Volt)
1	0.4	0.5
2	0.75	0.92
3	1.5	2

Bertambahnya jumlah sudu yang akan mengakibatkan bertambahnya pula berat dari turbin sehingga membutuhkan gaya dorong yang besar untuk memutar sudu turbin. Hal itu dapat disebabkan karena semakin tinggi gaya dorong yang dihasilkan, juga akan meningkatkan putaran dari turbin. Semakin tinggi putaran maka daya motor yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan berikut yaitu :

$$BHP = \frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}$$

## KESIMPULAN

Dari hasil desain, pembuatan dan pengujian miniature turbin angin pembangkit listrik sebagai media pembelajaran dapat disimpulkan: bahwa telah dihasilkannya media pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep pembangkit listrik tenaga angin dan juga prinsip kerja generator. Alat ini dapat digunakan dalam praktek mahasiswa untuk melihat pengaruh beberapa variable berikut :

- a. Kecepatan angin mempengaruhi energi yang dihasilkan oleh turbin makin besar kecepatan yang diberikan makin besar voltage yang dihasilkan.

- b. Jumlah lilitan pada generator juga mempengaruhi voltage yang dihasilkan oleh pembangkit listrik. Makin besar diameter lilitan makin besar voltage yang dihasilkan.
- c. Jumlah sudu mempengaruhi tegangan yang dihasilkan karena daya angkat sudu berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan oleh turbin angin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dietzel, F. 1999. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga.
- [2] Djojodihardjo, H., J.P. Molly, 1983. *Wind Energy Systems*, Penerbit Alumni, Bandung
- [3] Fox, Robert W., Mc Donald, Alan T. 2003. *Introduction to Fluid Mehanic 6th edition*. USA: John Wiley&Sons.
- [4] Hau, E. 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Applications, Economics 2nd Edition*. Berlin: Springer.
- [5] Hemami, A. 2012. *Wind Turbine Technology*. USA: Cengage Learning.
- [6] Hendra A. 2012, *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius*. Universitas Brawijaya.
- [7] Heier, S., *Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1998
- [8] Manwell J.F., McGowan J.L., Rogers A.L. 2003. *Wind Energy Explained – Theory, Design & Application*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- [9] Reksoatmodjo. 2005. *Vertical-Axis Differential Drag Windmill*. Universitas Jenderal Achmad Yani.

- [10] Sargolzaei, J. 2007. *Prediction of the power ratio and torque in wind turbine Savonius rotors using artificial neural networks*. Department of chemical engineering. Ferdowsi university of Mashhad. Iran.
- [11] Tong, W. 2010. *Wind Power Generation and Wind Turbine Design*. USA: WIT Press.
- [12] White, M. Frank. *Fluid Mechanics 4th edition*. Rhode Island :McGraw Hill