

RANCANG BANGUN DAN DESAIN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA BAYU MODEL SAVONIUS

Muhammad Hasan Basri¹⁾, Djaman²⁾

¹⁾Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo, ²⁾Politeknik Negeri Ambon Prodi Teknik Listrik

¹⁾hasanmohammadbasri83@gmail.com, ²⁾dj4m4n@gmail.com

ABSTRACT

Wind is an energy that is easily found in everyday life and is also an energy that will never run out. Utilization of wind energy to be energy that is appropriate one of them is to use wind turbines as a medium to produce electrical energy. In this research the type used is the vertical Savonius type. The purpose of this study was to determine the amount of electrical energy produced by a set of wind power plants with a Vertical Savonius type wheel. On this research the method used is the experimental method. The results showed the windmills were able to move an electric motor so that with this rotation the movement could convert mechanical energy into electrical energy. For this reason, in this design a prototype was developed by designing savonius windmills to generate electricity using a DC generator that generates electrical energy by utilizing relatively low wind speeds. This design generates electricity by using 3-fin savonius windmills. And the test results at a speed of 2.6 m / s taken on average produce an electrical voltage of 0.3004 V with a current of 0.0198 mA and a power of 0.089 Watt, for a speed of 3.3 m / s taken on average produces an electrical voltage of 0.370 V and 0.024 mA with a power of 0.137 Watt, and at speeds of 3.7 m / s obtained an average voltage of 0.421 V and 0.022 mA with a power of 0.140 Watt.

ABSTRAK

Angin adalah energi yang mudah ditemukan dalam keseharian dan juga merupakan energi yang tidak akan pernah habis. Pemanfaatan energi angin menjadi energi yang tepat guna salah satunya adalah dengan menggunakan turbin angin sebagai media untuk menghasilkan energi Listrik. Dalam penelitian ini type kincir yang digunakan adalah Type vertical Savonius Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh seperangkat pembangkit listrik tenaga angin dengan kincir tipe Vertikal Savonius. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan kincir angin mampu menggerakkan motor listrik sehingga dengan gerakan putaran ini dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi Listrik. Untuk itu dalam perancangan ini dikembangkan *prototype* dengan melakukan perancangan kincir angin savonius untuk membangkitkan tenaga listrik menggunakan generator DC yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan kecepatan angin yang relatif rendah. Perancangan ini menghasilkan listrik dengan menggunakan kincir angin savonius 3 sirip. Dan hasil pengujian pada kecepatan 2.6 m/s di ambil rata-rata menghasilkan tegangan listrik sebesar 0,3004 V dengan arus sebesar 0,0198 mA dan daya sebesar 0,089 Watt, untuk kecepatan 3.3 m/s diambil rata-rata menghasilkan tegangan listrik sebesar 0,370 V dan 0,024 mA dengan daya 0,137 Watt, dan pada kecepatan 3.7 m/s diperoleh rata-rata tegangan sebesar 0,421 V dan 0,022 mA dengan daya sebesar 0,140 Watt.

Kata Kunci : Kincir Angin Vertical; Kincir Angin Savonius; Pembangkit Listrik; Generator DC

1. PENDAHULUAN

Angin adalah salah satu bentuk energi tertua yang telah lama dikenal dan digunakan manusia. Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin. Di tiap daerah keadaan temperatur dan kecepatan angin berbeda. Energi angin yang sebenarnya berlimpah di Indonesia ternyata belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai alternatif penghasil listrik, bahkan selama ini masih dipandang sebagai proses alam biasa yang kurang memiliki nilai ekonomis bagi kegiatan produktif masyarakat. Ketahanan energi dunia sekarang menunjukkan penurunan khususnya energi fosil. Dimasa depan kebutuhan energi semakin besar disebabkan laju pertumbuhan jumlah penduduk yang

semakin pesat. Jika tidak ditemukan alternatif energi baru maka akan terjadi krisis energi yang parah, sehingga pemadaman listrik akan sering terjadi khususnya di luar pulau Jawa, *DESDM. 2005*.

Memasuki abad ke-20, mulai dibayangi oleh masalah krisis energi. Sumber daya energi yang selama ini banyak digunakan adalah jenis energi yang tidak dapat di perbaharui, sumber energi ini akan habis dan manusia harus beralih ke sumber energi lain. Di Indonesia, dampak dari krisis energi ini dapat di lihat secara nyata sejak awal tahun 1990 hingga memasuki tahun 2000. Data yang di kumpulkan dan di sampaikan dalam *Indonesia Energi Outlook and Statistik 2004*.

Kincir Angin Savonius merupakan tipe kincir angin sumbu vertikal yang banyak digunakan sebagai

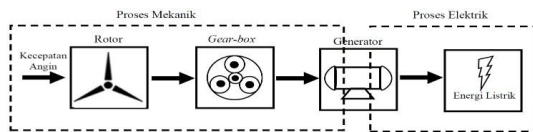
sistem konversi energi angin kelistrikan karena mampu menghasilkan listrik ketika angin memutar turbin. Kincir angin Savonius tipe L termasuk jenis kincir angin savonius dengan desain sisi sudu yang lurus lebih besar dibandingkan pada sisi sudu lengkung seperempat lingkaran. Kincir angin biasanya terdiri dari dua tabung atau sudu berdinding logam yang saling berhadapan dan mempunyai poros ditengahnya. Prinsip kerja kincir angin adalah berdasarkan interaksi sudu dan rotor dengan hembusan angin. Tetapi perputaran kincir ini sering kali terhambat oleh gaya hambat (*drag*) yang besar akibat angin yang menyapu dinding sudu yang lebar.

Dari permasalahan latar belakang diatas maka ada beberapa rumusan masalah 1). Bagaimana cara merancang turbin angin Savonius dengan menggunakan acuan teoritis yang ada agar dapat digunakan sebagaimana mestinya. 2). Bagaman pengaruh besarnya kecepatan angina terhadap energi listrik yang dihasilkan menggunakan kincir model savonius.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang mengkonversikan suatu energi kinetik dari udara menjadi energi mekanik yang menyebabkan putaran yang terjadi pada generator sehingga menghasilkan arus listrik.



Sumber : N. A. Hidayatullah, H. Nur, dan K. Ningrum, 2016

Gambar 1. PLTB Secara umum

Ketika rotor berputar maka secara otomatis generator tersebut akan mengalirkan energi listrik [4].

2.2. Turbin Angin

Turbin angin adalah bagian dari sistem PLTB yang mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Perubahan energi ini terjadi karena bentuk dari turbin seperti baling-baling. Turbin angin ini dapat berputar ketika ada angin yang menyapu area turbin sebagai energi pendorong turbin. Putaran dari baling-baling tersebut dimanfaatkan untuk memutar rotor pada generator [4].

2.3. Energi Listrik

Generator pada PLTB digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada saat angin memutar turbin yang dihubungkan dengan *shaft* pada generator, *shaft* pada generator tersebut yang terhubung

dengan magnet permanen akan berputar pada porosnya. Diluar putaran porosnya tersebut terdapat *stator* yang berisi kumparan-kumparan kawat yang membentuk *loop*. Jadi ketika turbin berputar maka dari putaran tersebut akan terjadi perubahan *fluks* listrik tertentu. Dari perubahan *fluks* listrik tersebut menghasilkan tegangan dan arus listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik [5].

Energi listrik pada turbin angin merupakan proses terakhir yang terjadi pada konversi energi. Yang dimaksud energi listrik ini adalah perubahan dari energi mekanik melalui generator sehingga menjadi arus listrik. Generator tersebut mempunyai efisiensi kerja.

Sehingga dapat dirumuskan :

$$P_{\text{tin}} = \eta_g \cdot p_{\text{in}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

P_{tin} = daya total input (watt)

η_g = efisiensi generator

P_{in} = daya input generator

Untuk menghitung besarnya daya pada generator juga dapat digunakan persamaan,

$$P = V I R \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

P = Daya

R = Resistansi Beban

I = Arus

V = Tegangan

2.4. Jenis Turbin Angin

Turbin angin pada prinsipnya dapat dibedakan atas dua jenis turbin berdasarkan arah putarannya. Turbin angin yang berputar pada poros horizontal disebut dengan turbin angin poros horizontal atau horizontal *axis wind turbine* (HWAT), sementara yang berputar pada poros vertikal disebut dengan turbin angin poros vertikal atau *vertical axis wind turbine* (VAWT).

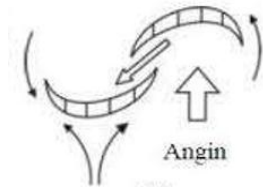
2.4.1. Turbin angin sumbu vertikal

Kincir angin sumbu vertikal adalah salah satu jenis kincir angin yang bisa menangkap atau mengkonversi angin dari segala arah, sudunya yang tegak lurus arah angin akan memutar dengan orientasi arah kincir horizontal.

2.4.2. Turbin angin savonius

Turbin angin tipe savonius merupakan turbin dengan konstruksi sederhana pertama kali ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Turbin yang termasuk dalam kategori VAWT ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill. Turbin angin memiliki prinsip kerja sama seperti turbin pada

umumnya. Dimulai dari pemanfaatan energi kinetik yang dimiliki oleh angin, yang kemudian dikonversikan oleh sudu menjadi energi mekanik poros atau rotor. Hal tersebut seperti pada gambar 2 berikut



Sumber : Soelaiman, 2006

Gambar 2. Prinsip kerja turbin angin savonius type L

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). [8]

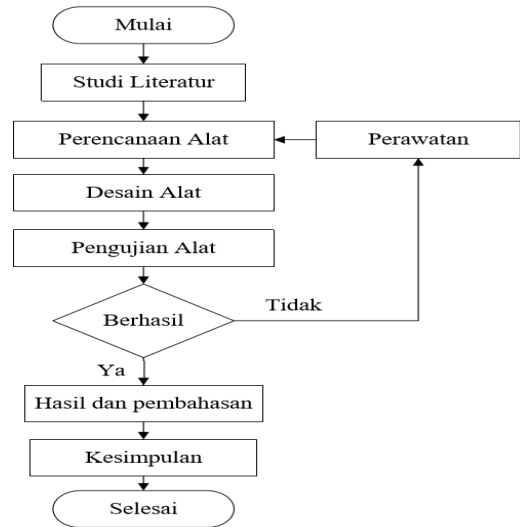
2.5. Motor DC Menjadi Generator DC

Sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatis menggunakan gaya elektrostatis. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya.

Motor listrik dan generator yang sering disebut sebagai mesin-mesin listrik. Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energy mekanik menjadi energy listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energy listrik DC menjadi energy mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC [9].

3. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian ini menggunakan metode dan pen eksperimental (experimental research), yaitu melakukan desain alat dan uji coba untuk mencari data sebab akibat dalam proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan dan arus unjuk kerja pada turbin angin savonius.



Sumber : M Hasan Basri, 2019

Gambar 3. Pembuatan prototype



Sumber : M Hasan Basri, 2019

Gambar 4. Desain Alat

Kincir yang dirancang seperti di atas mempunyai 3 titik sudu yang dibuat agar lebih mudah menangkap angin,

3.1. Energi Kinetik.

Energi kinetik adalah usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkan sebuah benda dengan massa tertentu dari keadaan diam hingga mencapai kecepatan tertentu.

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

E = energi dari udara yang bergerak (joule)

m = massa (kg)

v = kecepatan angin (m/detik)

3.2. Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius

3.2.1. Brake horse power (BHP)

$$P_{Generator} = V \cdot I \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- $P_{generator}$ = Daya generator listrik (Watt)
- V = Tegangan generator listrik (Volt)
- I = Arus listrik (Ampere).

Setelah didapatkan harga $P_{generator}$ maka dapat dihitung BHP.

$$BHP = \frac{P_{Generator}}{\eta_{Generator}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- BHP = Brake Horse Power (watt)
- $P_{generator}$ = Daya generator listrik(watt)
- $\eta_{generator}$ = Efisiensi generator listrik (%)

3.2.2. Torsi (T)

$$T = \frac{BHP}{2\pi \frac{n}{60}} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

- T = Torsi (Nm)
- BHP = Brake Horse Power (watt)
- $n_{Generator}$ = Putaran generator (rpm)

3.2.3. Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{BHP}{P_{input}} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

- η = Efisiensi (%)
- BHP = Brake Horse Power (Watt)
- P_{input} = Daya masukan (Watt)

3.2.4. Variabel Penelitian.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas, adalah variable yang tidak dipengaruhi oleh variable lain
 - Jumlah sudu : 3 buah
 - Kecepatan angin: 2,6 m/s, 3,3 m/s dan 3,7 m/s,

Hal ini dapat kita lihat pada gambar 4 seperti berikut :



Sumber : Soelaiman, 2006

Gambar 5. sudu turbin savonius type L

2. Variabel terikat Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan dalam penelitian ini. Variabel terikatnya adalah :
 - Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator
 - Besarnya daya Listrik setelah dibebani dengan resistir 15 Ω .



Sumber : M Hasan Basri, 2019

Gambar 6. Pengukuran Generator

Saat kincir sudah dipasang menggunakan percobaan seperti pada gambar 5. Untuk mendapatkan data tegangan dan arus. Data didapat dengan mengukur menggunakan AVO meter digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil uji coba 1 : Pengujian alat dengan kecepatan angin 2,6 m/s.

4.1.1. Pengukuran Tegangan

Untuk melakukan pengujian alat ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Pengujian alat dengan beban menggunakan resistor 2W. 15 Ω pada kecepatan angin 2,6 m/s dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. hasil pengujian tegangan pada alat dengan kecepatan angin 2,6 m/s

N O	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (V)
1	1	2.6	0,298
2	2	2.6	0,301
3	3	2.6	0,303
4	4	2.6	0,301
5	5	2.6	0,299
Rata-rata			0,3004

Sumber : M Hasan Basri, 2019

Seperti terlihat pada tabel 1 pada kecepatan angin

2,6 m/s, dapat dilihat bahwa rata-rata tegangan yang dihasilkan adalah 0,3004 V.

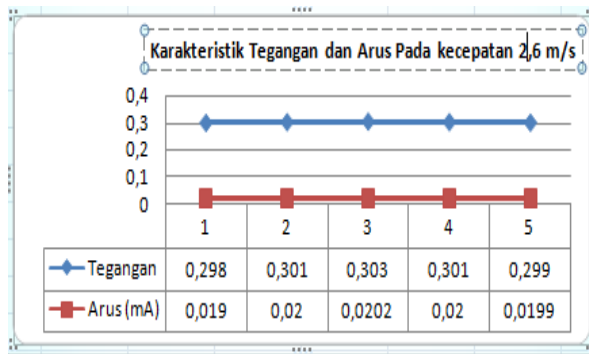
4.1.2. Pengukuran Arus

Untuk melakukan pengujian arus pada alat ini dilakukan dengan mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Dan sebagai sampel dibebani dengan menggunakan resistor 2W, 15 Ω dan hasil perhitungan arus diperoleh dari tegangan dibagi resistor beban maka didapatkan arus sebesar seperti terlihat pada table 2.

Tabel 2. hasil perhitungan arus dengan variasi tegangan pada kecepatan angin 2,6 m/s

NO	Resistor (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	15	0,298	0,019
2	15	0,301	0,0200
3	15	0,303	0,0202
4	15	0,301	0,0200
5	15	0,299	0,0199
Rata-rata			0,099

Sumber : M Hassan Basri, 2019



Sumber : M Hassan Basri, 2019

Gambar 7. Karakteristik Tegangan dan Arus pada kecepatan angin 2,6 m/s

Berdasarkan hasil pengujian pada table 2 dapat disimpulkan bahwa besarnya tegangan rerata adalah 0,300V dan arusnya 0,200 mA pada kecepatan angin 2,6 m/s. Dari grafik menunjukkan bahwa tegangan dan arus pada kecepatan angin tersebut adalah relative sejajar. Dengan daya reratanya sebesar 0,089 Watt

4.2. Hasil uji coba 2 : Pengujian alat dengan kecepatan angin 3,3 m/s.

4.2.1. Pengukuran Tegangan

Untuk melakukan pengujian alat ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Pengujian alat dengan beban menggunakan resistor 2W, 15 Ω pada kecepatan angin 3,3 m/s dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. hasil pengujian tegangan pada alat dengan kecepatan angin 3,3 m/s

NO	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (V)
1	1	3,3	0,374
2	2	3,3	0,369
3	3	3,3	0,371
4	4	3,3	0,369
5	5	3,3	0,371
Rata-rata			0,311

Sumber : M Hassan Basri, 2019

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian tegangan didapatkan 0,311 V pada kecepatan angin 3,3 m/s.

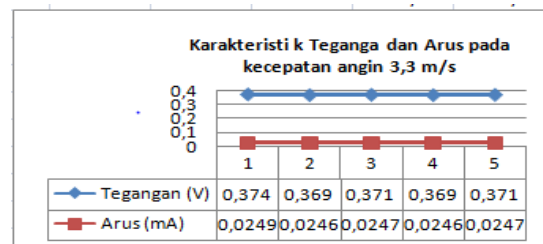
4.2.2. Penghitungan Arus dengan beban resistor 15 Ω

Untuk melakukan pengujian ini maka dibebani dengan beban resistor sebagai sampel. Hal ini dilakukan agar mendapatkan nilai daya beban yang dihasilkan generator. Besarnya resistor yang digunakan dalam Pengujian ini adalah 15 Ω. Pengujian beban pada generator untuk kecepatan angina 3,3 m/s, hasil perhitungan arusnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. hasil perhitungan arus dengan variasi tegangan pada kecepatan angin 3,3 m/s

NO	Resistor (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	15	0,374	0,0249
2	15	0,369	0,0246
3	15	0,371	0,0247
4	15	0,369	0,0246
5	15	0,371	0,0247
Rata-rata			0,247

Sumber : M Hassan Basri, 2019



Sumber : M Hassan Basri, 2019

Gambar 8 Grafik Tegangan dan Arus pada kecepatan angin 3,3 m/s

Berdasarkan hasil pengujian table 4 dapat dijelaskan bahwa rata-rata dari perhitungan arus didapatkan 0,0247 mA pada kecepatan angin 3,3 m/s. Dari grafik terlihat bahwa besarnya tegangan 0,376V maka arus dan tegangan selalu sejajar. Dengan daya rerata adalah 0,137 Watt

4.3. Hasil uji coba 3 : Pengujian alat dengan beban kecepatan 3,7 m/s.

4.3.1. Pengukuran Tegangan

Untuk melakukan pengujian alat ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Pengujian alat dengan beban menggunakan resistor 2W. 15 Ω pada kecepatan angin 3,7 m/s dapat dilihat pada table 5.

Tabel 5. hasil pengujian tegangan pada kecepatan angin 3,7 m/s

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (V)
1	1	3,7	0,427
2	2	3,7	0,422
3	3	3,7	0,417
4	4	3,7	0,422
5	5	3,7	0,417
Rata-rata			0,421

Sumber : M Hassan basri, 2019

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat dijelaskan bahwa rata-rata dari hasil pengujian tegangan didapatkan 4,21 V pada kecepatan angin 3,7 m/s.

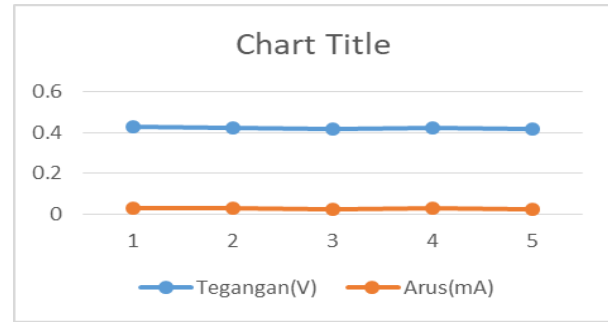
4.3.2. Penghitungan Arus

Untuk melakukan pengujian alat ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh generator DC. Pengujian alat dengan beban menggunakan resistor 2W. 15 Ω pada kecepatan angin 3,7 m/s, maka hasil perhitungan arusnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. hasil perhitungan arus dengan variasi tegangan pada kecepatan angin 3,7 m/s

NO	Resistor (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	15	0,427	0,028
2	15	0,422	0,028
3	15	0,417	0,027
4	15	0,422	0,028
5	15	0,417	0,027
Rata - rata			0,027

Sumber : M Hassan basri, 2019



Sumber : M Hasan Basri, 2019

Gambar 9. Karakteristik tegangan dan arus pada Kecepatan angin 3,7 m/s

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 6 dapat dijelaskan bahwa rata-rata hasil perhitungan arus didapatkan 0,027 mA pada kecepatan angin 3,7 m/s. Dari grafik terlihat bahwa besarnya tegangan dan arus selalu sejajar. Dengan daya rerata adalah 0,140 Watt

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat prototype kincir angin Savonius yang telah dikerjakan, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

- Daya rata-rata yang dihasilkan generator pada kecepatan angin 2.6 m/s adalah 0,089 watt.
- Daya rata-rata yang dihasilkan generator pada kecepatan angin 3.3 m/s adalah 0,137 watt.
- Daya rata-rata yang dihasilkan generator pada kecepatan angin 3.7 m/s adalah 0,140 watt.
- Semakin tinggi kecepatan angin semakin tinggi pula tegangan generator yang dihasilkan.

5.2 Saran.

- Pada penggunaan pembangkit listrik tenaga bayu agar dapat memperhitungkan besarnya aliran angin pada suatu tempat
- Perlu memilih generator dengan efisiensi yang bermutu
- Sebagai suatu inspirasi agar dijadikan acuan untuk penelitian berikutnya

DAFTAR PUSTAKA

B. Maswasano Gautama, *Unjuk Kerja model kincir Angin Giromill Dengan Sudu Naca 0015 dan Panjang Chord 15 cm*, Jurusan Teknik Mesin fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2016.

DESDM. 2005. Blue print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025. Jakarta. Diakses : 20 Maret 2010. Website: esdm.go.id.

F. Aryanto, M. I. Mara, dan M. Nuarsa, “Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu

- Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal,”* Din. Tek. Mesin, vol. 3, no. 1, hal. 50–59, 2013.
- Indonesia energy outlook and statistics. Pengkajian energy universitas Indonesia. UI : Depok Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015.
- N. A. Hidayatullah, H. Nur, dan K. Ningrum, “*Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker*” J. Electr. Electron. Control Automot. Eng. JEECAE, vol. 1, no. 1, hal. 7–12, 2016.
- R. Gupta, A Biswas, K. K. Comperaktive Study of a three – bucket savonius rotor with a combined three-bucket savonius – three - bladed darrieus rotor, journal of renewable energy, vol. 33, issue 9, Science Direct Site Elsevier Ltd, Amsterdam, hal 1974-1981.
- Sutarno, “*Sumber Daya Energi,*” 1 ed., Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013, hal. 145–153.
- Soelaiman; 2006 : Pengaruh bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius. Majalah Ilmiah STTR, Cepu.
- Syauqi Muttaqin,. *Analisa Karakteristik Generator dan Motor DC*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2017.