

# ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MENGGUNAKAN TURBIN SAVONIUS

Sudirman S.<sup>1</sup>, Sri Kurniati, A.<sup>2</sup> M. Ikram A. Arifin.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro Universitas Nusa Cendana, Jalan Adisucipto Penfui Kupang NTT  
Email: sudirman\_s@staf.undana.ac.id,  
Email:sri\_kurniati@staf.undana.ac.id,  
Email: ikram.alamsyah08@gmail.com

## Info Artikel

### Histori Artikel:

Diterima Feb 13, 2020

Direvisi Mar 15, 2020

Disetujui Mar 26, 2020

## ABSTRACT

The Savonius type wind turbine is one of the vertical shaft wind turbines (VAWT) commonly used in Bayu Power Plants (PLTB). This type of turbine is usually explicitly used for medium and low wind speeds. The construction is simple; that is, it only has a main rotor that rotates vertically. Its advantages are that it can take advantage of the wind from all directions, work at low speeds, and doesn't need a too high tower. This study aimed to analyze the performance of the turbine based on the rotation and output of the load generator. The method used is to take direct turbine and generator rotation measurements in no-load conditions and load conditions. The results showed that the average wind speed in the village of Oenali is 4.64 m / s, and this turbine is capable of turning the Savonius turbine with a moderate rotation of 631 rpm. Then, at 1,243 rpm, the generator can produce an output power of 7.20 watts. In addition, the average generator efficiency was 36%, the highest daily efficiency was 38%, and the lowest daily efficiency was 35%.

**Keywords:** Wind Potential, Savonius Turbine, Permanent Magnet, Generator

## ABSTRAK

Turbin angin tipe Savonius adalah salah satu turbin angin poros vertikal (VAWT) yang biasa digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Jenis turbin ini biasanya digunakan khusus untuk kecepatan angin sedang dan rendah. Konstruksinya sederhana, yaitu hanya memiliki rotor utama yang berputar secara vertikal. Kelebihannya adalah dapat memanfaatkan angin dari segala arah, mampu bekerja dengan kecepatan rendah, serta ia tidak membutuhkan menara yang terlalu tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja turbin berdasarkan rotasi dan output generator beban. Metode yang digunakan adalah melakukan pengukuran langsung putaran turbin dan generator dalam kondisi tanpa beban dan kondisi muatan. Hasil penelitian diperoleh kecepatan angin rata-rata di desa Oenali adalah 4,64 m/s, dan turbin ini yang mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata 631 rpm. Kemudian, pada putaran generator 1.243 rpm mampu menghasilkan daya output sebesar 7,20 watt. Selain itu, efisiensi generator rata-rata sebesar 36%, efisiensi harian tertinggi adalah 38%, dan efisiensi harian terendah adalah 35%.

**Kata Kunci:** Potensi Angin, Turbin Savonius, Generator, Magnet Permanen

---

## Penulis Korespondensi:

Sudirman,

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik,

Universitas Nusa Cendana,

Jl. Adisucipto Penfui - Kupang.

Email: sudirman\_s@staf.undana.ac.id,

---

### 1. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan salah satu sumber dari energi alternatif yang potensial untuk dikembangkan dimana pemanfaatannya memerlukan turbin angin yang dapat merubah energi angin menjadi energi mekanik. Salah Satu jenis turbin yang dapat dimanfaatkan adalah turbin angin tipe vertikal yakni turbin angin Savonius. Kelemahan dalam penggunaan turbin Savonius adalah memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan turbin angin lainnya [1]. Menurut [2], salah satu faktor yang menyebabkan efisiensi rendah adalah adanya rugi-rugi turbin, karena pengaruh gaya kelembaban turbin, rugi-rugi magnet dan rugi-rugi jangkar.

Namun demikian, turbin angin Savonius banyak digunakan sebagai sumber energi untuk menggerakkan teknologi tepat guna seperti pompa, irigasi dan lain-lain. Hal tersebut disebabkan karena turbin Savonius memiliki nilai torsi yang cukup tinggi sehingga memungkinkan memodifikasi sistem transmisi daya untuk peningkatan putaran. Sementara itu konstruksinya sederhana, dapat memanfaatkan angin dari segala arah dan tidak memerlukan tiang yang tinggi [3-6].

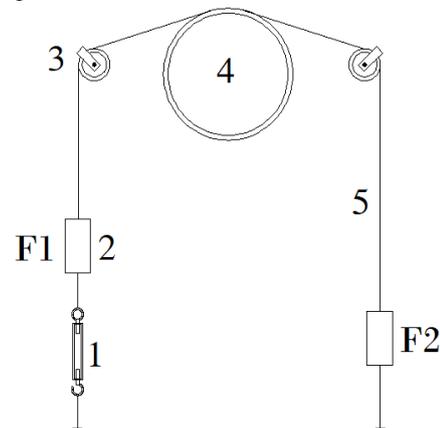
Berdasarkan hal tersebut, maka dalam memanfaatkan turbin angin sebagai alat pembangkit listrik dibutuhkan generator dimana generator merupakan suatu mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang tersedia di pasaran biasanya berjenis *high speed induction generator* yang membutuhkan putaran tinggi dan juga membutuhkan energi listrik awal untuk membuat medan magnetnya. Sedangkan untuk penggunaan turbin angin dibutuhkan generator yang berjenis *low speed* dan tanpa energi listrik awal karena biasanya ditempatkan di daerah-daerah yang tidak memiliki aliran listrik [7-11].

Untuk menaikkan putaran rotor generator, maka biasanya dilakukan pemindahan (transfer) energi dengan menggunakan roda gigi (gear) atau sabuk (belt) dengan mengkopel sumbu turbin angin dengan rotor generator. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem transmisi daya dengan menggunakan sabuk (belt) yang menghubungkan pulley penggerak dan pulley generator. Mengingat putaran turbin sangat tergantung dari kecepatan angin, maka putaran yang dihasilkan juga akan berfluktuasi sesuai kecepatan angin yang tersedia sehingga energi yang dibangkitkan juga tidak akan secara kontinu.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dalam penelitian ini dipilih generator DC magnet permanen karena berjenis *low speed* dimana dalam penggunaannya membutuhkan putaran yang relatif rendah sehingga dapat menghasilkan listrik akibat kecepatan angin terbatas untuk memutar turbin [12]

### 2. METODE PENELITIAN

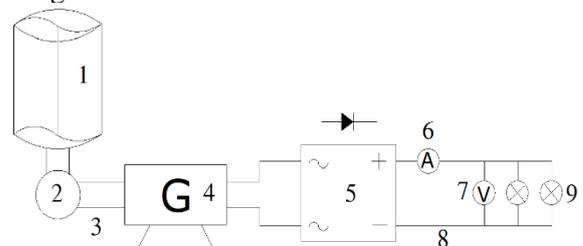
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan pengukuran langsung terhadap putaran turbin dan generator dalam kondisi tanpa beban dan kondisi dengan beban sesuai kecepatan angin yang terjadi selama penelitian. Daya output turbin diperoleh dari perkalian antara gaya yang bekerja dengan jarak melalui pengukuran torsi sebagaimana pada skema penelitian berikut:



Gambar 1. Skema pengukuran torsi dimana:

1. Span Skrup
2. Digital Timbangan Gantung
3. Katrol Mini
4. Pulley Turbin
5. Tali Tambang

Pengukuran daya generator dilakukan sesuai dengan skema berikut:



Gambar 2. skema pengukuran daya generator dimana:

1. Turbin Savonius
2. Pulley Turbin
3. Sabuk (Belt)

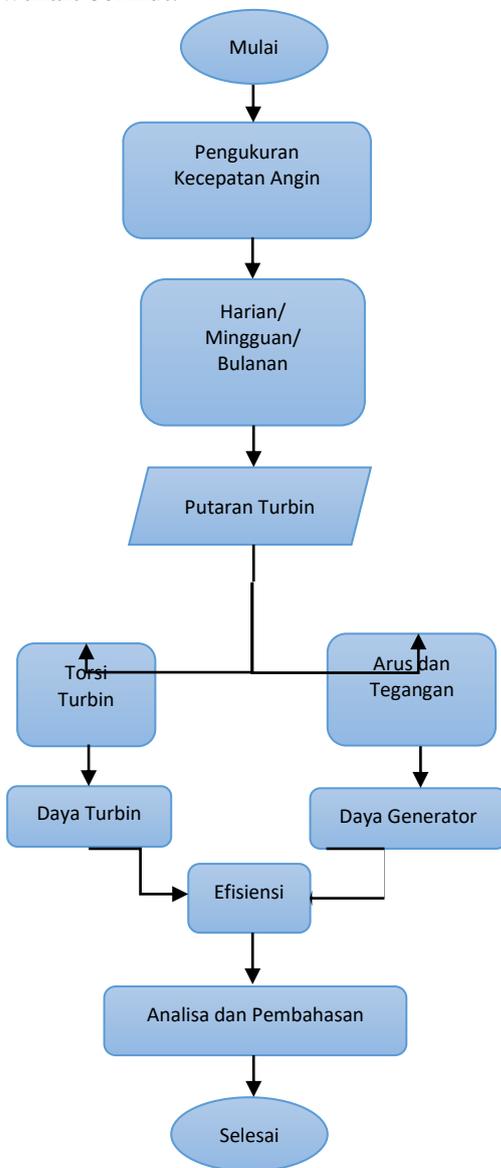
4. Generator
5. Dioda Kiprok
6. Digital Amperemeter
7. Digital Voltmeter
8. Kabel NYA
9. Lampu DC

Tahapan Penelitian:

Tahapan penelitian dilakukan dengan melakukan langkah dan urutan pengukuran berikut:

1. Mengukur kecepatan angin
2. Mengukur torsi turbin
3. Mengukur daya generator

Adapun alur penelitian sebagaimana pada flowchart berikut:



Turbin Savonius



Gambar 3. Turbin Savonius

Tabel 1: Spesifikasi Turbin Savonius

Elemen	Dimensi	Spesifikasi
Double Blade Turbin	100 x 100 cm <sup>2</sup>	Plat Aluminium
Diameter	100 cm	Besi Plat
Tinggi Menara	4 m	Besi
Type Turbin	Blade Kombinasi	Besi dan Aluminium



Gambar 4 : Sistem Transmisi

Generator DC Magnet Permanen

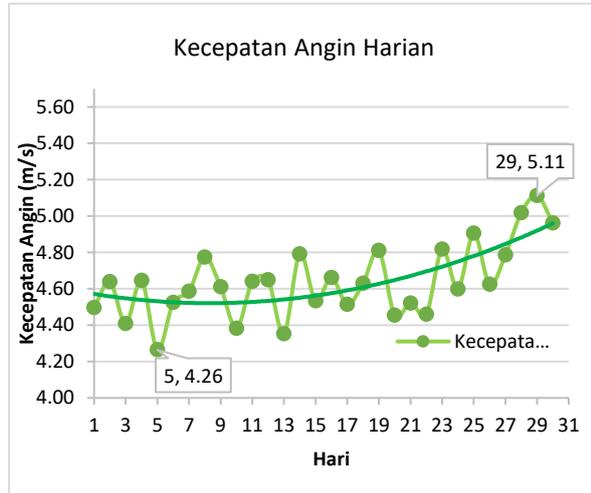
Tabel 2: Spesifikasi Generator Magnet Permanen

Model	Spesifikasi
Nilai Daya (W)	300 W
Max Daya (W)	345 W
Tegangan (V)	12 V / 24 V / 48 V
Dinilai Diputar Kecepatan (r/m)	750 r/m
Top Berat Bersih (kg)	4,3 kg
Output saat ini	AC
Mulai Torsi (Nm)	0,28 Nm
Generator	2 phase

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

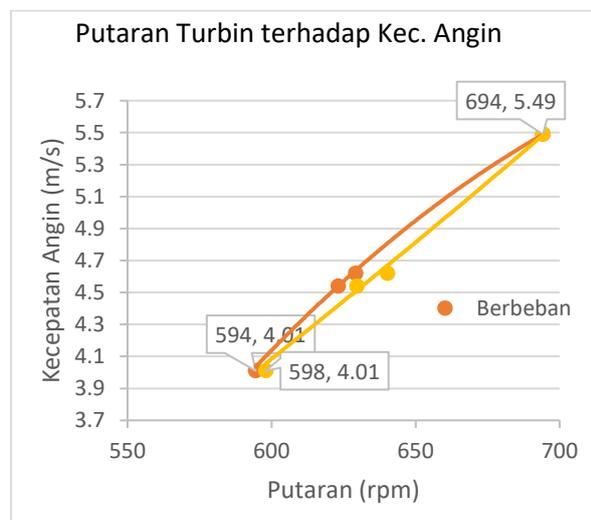
#### Spesifikasi Turbin dan Generator

Dalam proses pengambilan data pengukuran kecepatan angin dilakukan selama 1 bulan namun dalam bulan yang berbeda. Dimana pengambilan data hari pertama dilakukan pada pertengahan bulan November dan pengambilan data hari terakhir dilakukan pada pertengahan bulan Desember 2019 sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 5.

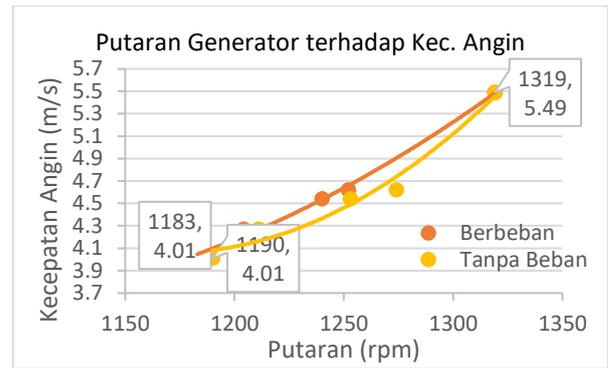


Gambar 5. Grafik kecepatan angin harian

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa kecepatan angin tertinggi diperoleh sebesar 5,11 m/s pada pengukuran hari ke-29 sedangkan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 4,26 m/s pada pengukuran hari ke-5. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa potensi angin di lokasi penelitian termasuk kategori skala sedang. Hasil analisis pengujian turbin dan generator terhadap kecepatan angin diperlihatkan dalam Gambar 6.



(a)

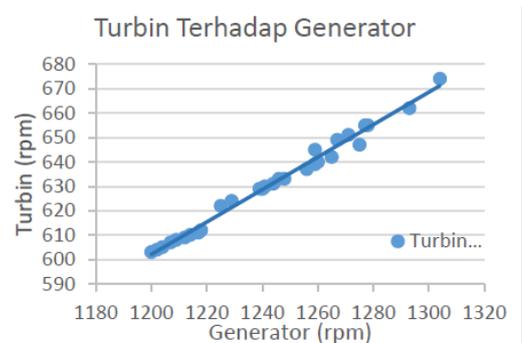


(b)

Gambar 6. Pengujian putaran turbin dan putaran generator terhadap kecepatan angin: (a) Turbin (b) Generator

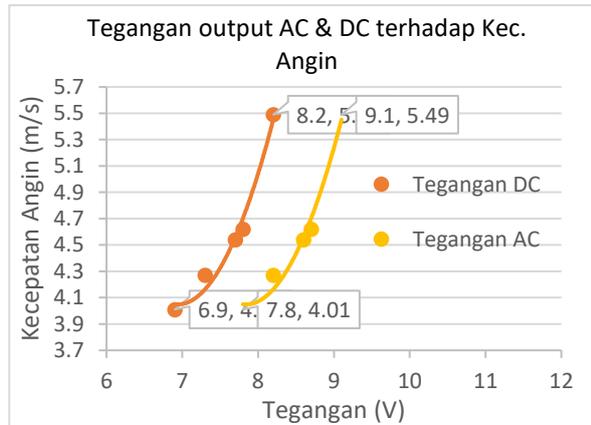
Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian putaran turbin dan generator dengan mengambil salah satu sampel hasil pengujian pada hari ke-7. Gambar 6a terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,01 m/s mampu menggerakkan turbin 598 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan turbin 594 rpm.

Untuk kecepatan angin tertinggi 5,49 m/s mampu menggerakkan turbin pada putaran 694 rpm baik berbeban maupun tanpa beban. Begitupun pada Gambar 6b terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,01 m/s mampu menggerakkan generator 1190 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan generator 1183 rpm. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,49 m/s mampu menggerakkan generator pada putaran 1319 rpm baik berbeban maupun tanpa beban. Terlihat bahwa putaran generator 2 kali kecepatan turbin atau 1:2. Gambar.7 memperlihatkan perbandingan putaran turbin dan generator.

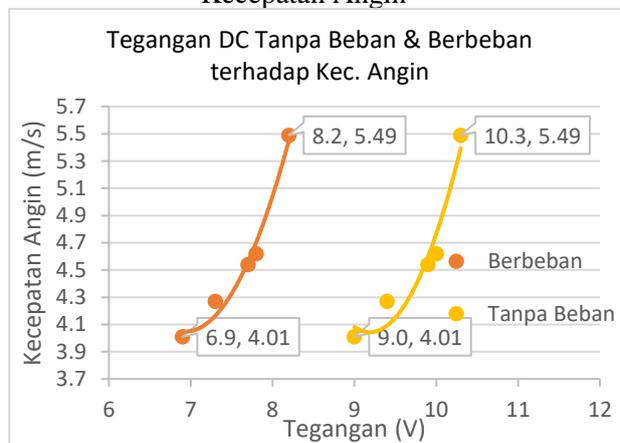


Gambar 7. Putaran turbin terhadap putaran generator

Hasil analisis dari tegangan Output masing-masing untuk tegangan AC dan DC terhadap Kecepatan Angin sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik antara Tegangan dan Kecepatan Angin



Gambar 9. Grafik Tegangan Tanpa Beban dan Berbeban

Pengujian tegangan terhadap kecepatan angin dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengukur tegangan keluaran langsung dari generator yang berupa tegangan AC dan keluaran pada Dioda Kiprok yang telah disearahkan menjadi tegangan DC. Pada grafik diatas memperlihatkan hasil pengujian putaran turbin dan generator dengan mengambil salah satu sampel hasil pengujian pada hari ke-7. Gambar 8 terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,01 m/s mampu menghasilkan tegangan AC sebesar 7,8 V sedangkan dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 6,9 V. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,49 m/s mampu menghasilkan tegangan AC 9,1 V sedangkan dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 8,2V. Begitupun pada Gambar 9 terlihat bahwa pada kecepatan angin 4,01 m/s mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 9 V pada kondisi tanpa

beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 6,9 V. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,49 m/s mampu menghasilkan tegangan DC 10,3 V pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 8,2 V

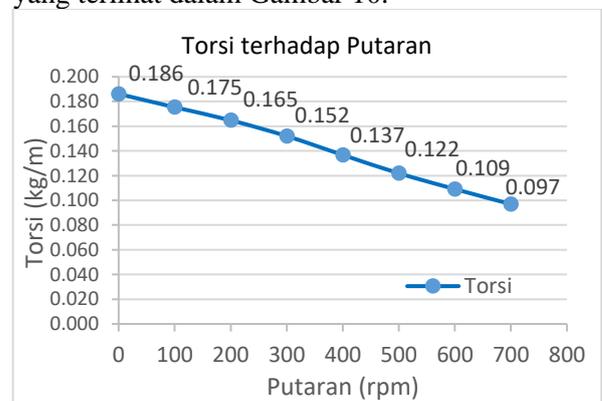
**Pengujian Torsi**

Torsi adalah ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan objek berputar. Adapun realisasi dari pengujian torsi turbin dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Torsi Savonius

rpm (n)	F1 (kg)	F2 (kg)	F1-F2 (kg)	r (m)
700	1,152	0,675	0,477	0,203
600	1,419	0,882	0,537	0,203
500	1,821	1,221	0,600	0,203
400	2,426	1,753	0,673	0,203
300	3,120	2,372	0,748	0,203
200	3,837	3,026	0,811	0,203
100	4,664	3,801	0,863	0,203
0	5,635	4,719	0,916	0,203

Pengukuran Torsi dilakukan dengan menahan putaran pulley turbin pada kecepatan tertentu sehingga timbul gaya dan gaya tersebut akan membuat putaran turbin berkurang dan akhirnya berhenti. Berdasarkan Gambar 10 terlihat bahwa torsi terendah diperoleh sebesar 0,097 pada putaran 700 rpm sedangkan torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,186 pada saat putaran ingin berhenti atau mengalami pengereman. Berdasarkan hasil pengolahan data torsi yang terukur menunjukkan bahwa torsi tertinggi terjadi pada saat putaran rendah sedangkan torsi terendah terjadi pada putaran tinggi, sebagaimana yang terlihat dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Torsi terhadap Putaran

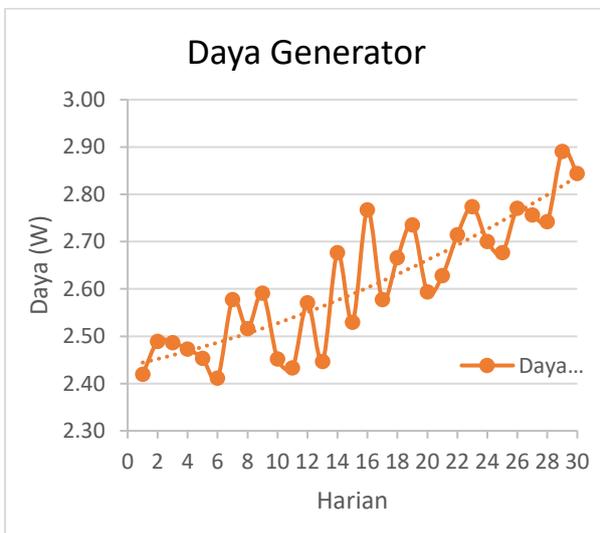
**Daya Turbin**

Daya output turbin merupakan daya input generator. Untuk mendapatkan daya turbin dapat diperoleh dari data torsi turbin berdasarkan perubahan beban

**Tabel 4. Hasil perhitungan torsi terhadap daya turbin**

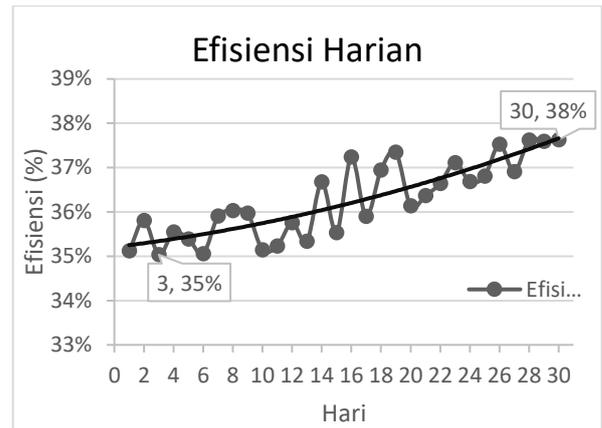
No	rpm	$\tau$ (kg/m)	P (w)
1	700	0,097	7,101
2	600	0,109	6,853
3	500	0,122	6,380
4	400	0,137	5,725
5	300	0,152	4,773
6	200	0,165	3,450
7	100	0,175	1,835
8	0	0,186	0,000

Berdasarkan hasil perhitungan daya turbin seperti Tabel 4 diperoleh daya turbin yang terpasang di lokasi penelitian sebesar 7,101W.



Gambar 11. Pengujian Daya generator

Hasil perhitungan daya generator lainnya dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya terendah sebesar 2,41 W pada hari ke-6 dengan rata-rata putaran 603 rpm sedangkan daya tertinggi sebesar 2,89 W pada hari ke-29 dengan rata-rata putaran 674 rpm.



Gambar 12. Perhitungan Efisiensi Generator

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa efisiensi terendah yang dimiliki generator adalah pengukuran pada hari ke-3 yaitu sebesar 35% sedangkan efisiensi tertinggi yang dimiliki generator adalah pada pengukuran pada hari ke 30 yaitu sebesar 38%. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data angin yang terukur selama 1 bulan diperoleh efisiensi rata-rata sebesar 36%.

**Pembahasan**

Berdasarkan data pengukuran dan analisis maka diperoleh kecepatan angin tertinggi sebesar 5,11 m/s sedangkan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 4,26. Dari kecepatan angin yang berfluktuasi maka diperoleh data pengukuran kecepatan angin terendah 4,01 m/s yang mampu menggerakkan turbin 598 rpm pada kondisi tanpa beban sedangkan pada kondisi berbeban dengan kecepatan angin yang sama mampu menggerakkan turbin 594 rpm. Untuk kecepatan angin tertinggi 5,49 m/s mampu menggerakkan turbin pada putaran 694 rpm baik berbeban maupun tanpa beban.

Kemudian untuk mendapatkan daya output turbin, maka sebelumnya dilakukan pengukuran torsi dimana torsi merupakan ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan objek berputar. Berdasarkan data pengukuran torsi terhadap putaran maka diperoleh torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,097 pada putaran 700 rpm sedangkan torsi tertinggi diperoleh sebesar 0,186 pada saat putaran ingin berhenti atau mengalami pengereman. Oleh karena itu berdasarkan hasil perhitungan daya turbin selama 1 bulan diperoleh daya output turbin savonius sebesar 720 W.

Untuk meningkatkan kecepatan putaran pada pulley generator maka digunakan belt sebagai penghubung sekaligus penghubung antara kedua

plat. Kemudian dari daya turbin yang dihasilkan maka generator dapat menghasilkan keluaran berupa arus searah atau AC yang dikonversi menjadi arus DC menggunakan dioda kiprok yang telah dirangkai sebelumnya. Daya yang dihasilkan juga tidak optimal karena pengaruh angin yang kurang stabil dan juga pengaruh adanya rugi-rugi dari peralatan pembangkit seperti belt, generator dan dioda kiprok yang berfungsi sebagai penyearah tegangan.

Daya keluaran dari turbin merupakan input pada generator sinkron, dengan tegangan keluaran minimal 12 V dan tegangan maximal 48 V. Akan tetapi dikarenakan rugi-rugi dari turbin dan rugi-rugi dari sistem transmisi sehingga mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya terendah sebesar 2,41 W pada hari ke-6 sedangkan daya tertinggi sebesar 2,89 W pada hari ke-29. Oleh karena itu daya output rata-rata generator diperoleh sebesar 9,42 V sehingga generator tersebut hanya mampu mengisi Aki/baterai berkapasitas 9 V saja.

Dalam paper ini, turbin yang digunakan adalah turbin savonius jenis blade kombinasi (konvensional dan elips) seperti yang telah digunakan oleh [13]. Berdasarkan hasil pengukuran daya output generator diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 38% yaitu pada hari ke-30, sedangkan efisiensi terendah diperoleh sebesar 35% yaitu pada hari ke-3. Adapun hasil penelitian lain mendapatkan efisiensi generator sebesar 32,84 % [14]. Berdasarkan hasil pengujian maka diperoleh efisiensi rata-rata dari generator magnet permanen dengan output turbin savonius sebesar 36 %

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan rata-rata angin yang terukur di desa Oenali adalah 4,64 m/s mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata sebesar 631 rpm dan putaran puli generator sebesar 1243 rpm sehingga menghasilkan daya output turbin sebesar 7,20 watt
2. Berdasarkan putaran turbin, maka diperoleh daya output rata-rata generator sebesar 2,61 watt
3. Berdasarkan efisiensi rata-rata generator diperoleh sebesar 36% sedangkan efisiensi

harian tertinggi diperoleh 38% dan efisiensi harian terendah sebesar 35%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sanusi dkk, "Pemanfaatan Turbin Angin Tipe Savonius Dengan Blade Kombinasi Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Penelitian Strategis Nasional Institusi*, pp. 1-2, 2018.
- [2] M. Latief , "Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, pp. 149-151, 2013.
- [3] D. Cahyadi, "Analisa Perhitungan Efisiensi Turbine Generator Qfsn-300-2-20b Unit 10 Dan 20 Pt. PJB UBJOM PLTU Rembang," *Skripsi Program Studi Teknik Elektro*, p. 3, 2015.
- [4] M. L. Dewi, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," *Skripsi Program Studi Fisika*, pp. 9-12, 2010.
- [5] Heruddin dkk, "Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM," *Jurnal Ilmiah SETRUM*, pp. 14-15, 2016.
- [6] Kusuma, "Analisa Generator 3 Fasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk PLTB," *Jurnal Teknik Energi*, pp. 13-14, 2015.
- [7] H. Asy'ari, "Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pemangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, p. 1, 2012.
- [8] Y. I. Nakhoda , "Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen," *Karya Ilmiah* , p. 20, 2015.
- [9] Y. I. Nakhoda , "Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*, pp. 60-61, 2015.
- [10] R. Samuel dkk, "Pengembangan Energi Angin Di Indonesia ," in *Workshop Energi Angin*, Jakarta, 2013.
- [11] R. Yunginger , "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo," *Skripsi*

- Program Studi Pendidikan Fisika*, pp. 3-5, 2015
- [12] L. Noprizal, "Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah," *Jurnal Online Teknik Elektro*, pp. 40-44, 2016
- [13] A. Sanusi dkk, "Analysis Performance of Savonius Wind Turbines with combined blade without loaded," *Prosiding SNTTM*, p. 58, 2018.
- [14] E. Yuniarti, "Rancangan Parameter Turbin Crossflow Generator Sikron Pada PLTMH Talang Lintang," *Skripsi Program Studi Teknik Elektro*, pp. 6-8, 2012.