

# RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN FLUKS AKSIAL PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) SUMBU VERTIKAL

I.M. Adi Suryantara<sup>1</sup>, C.G. Indra Partha<sup>2</sup>, I.W. Sukerayasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

adisuryantara12@gmail.com

## ABSTRAK

Generator magnet permanen fluks aksial mudah dibuat karena hanya rotor dan stator yang sejajar. Generator fluks aksial menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk pembangkit listrik tenaga angin/bayu karena banyaknya kutub magnet, densitas daya listrik yang tinggi, dan mudah meningkatkan kapasitas daya. Generator magnet permanen tipe fluks aksial yang dirancang dengan kecepatan 600 rpm, frekuensi 50 Hz, tegangan 12 V, daya 7 Watt, 1 fasa, 10 pasang kutub magnet jenis Neodymium dan 5 kumparan kawat tembaga ukuran diameter 0,6 mm dengan jumlah lilitan 301 lilitan. Pengujian PLTB sumbu vertikal ini menggunakan generator magnet permanen fluks aksial dengan beban resistor  $5\Omega$  dan dibantu dengan blower. Blower digunakan agar mendapatkan putaran turbin yang konstan sesuai dengan hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan selama 3 hari di rooftop gedung perkuliahan teknik elektro yakni rentang kecepatan angin 3-5 m/s. Berdasarkan pengujian tersebut generator mampu memperoleh tegangan sebesar 1,5 V, arus 0,2 A, daya 0,27 Watt dan tingkat efisiensi generator sebesar 0,63 % pada kecepatan angin 3 m/s serta memperoleh tegangan sebesar 4,4 V, arus 0,7 A, daya 2,77 Watt dan tingkat efisiensi generator sebesar 0,97 % pada kecepatan angin 5 m/s.

**Kata Kunci** : Generator fluks aksial, rotor, stator, kecepatan angin

## ABSTRACT

*Axial flux permanent magnet generators are easy to manufacture because only the rotor and stator are aligned. Axial flux generators are one of the right choices for wind power plants due to the large number of magnetic poles, high electrical power density, and easy-to-increase power capacity. The axial flux type permanent magnet generator is designed with a speed of 600 rpm, a frequency of 50 Hz, a voltage of 12 V, a power of 7 Watts, 1 phase, 10 pairs of Neodymium Iron Boron (NdFeB) type magnetic poles, and 5 copper wire coils measuring 0.6 mm in diameter with a total of 301 turns. This vertical-axis wind farm test uses an axial flux permanent magnet generator with a  $5\Omega$  resistor load and is assisted by a blower. The blower is used to get a constant turbine rotation in accordance with the results of wind speed measurements taken for 3 days on the rooftop of the electrical engineering lecture building, namely the wind speed range of 3-5 m/s. Based on these tests, the generator is able to produce a voltage of 1.5 V, a current of 0.2 A, a power of 0.27 Watt, and a generator efficiency level of 0.63% at a wind speed of 3 m/s. It also produces a voltage of 4.4 V, a current of 0.7 A, a power of 2.77 Watt, and a generator efficiency level of 0.97% at a wind speed of 5 m/s.*

**Key Words** : Axial flow generator, rotor, stator, wind speed

## 1. PENDAHULUAN

Penduduk di Indonesia saat ini semakin meningkat karena adanya perkembangan pembangunan sehingga kebutuhan energi listrik yang diperlukan juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan krisis energi pada bahan bakar fosil, yang digunakan sebagai sumber energi utama sehingga diperlukan adanya energi terbarukan untuk menanggulangi masalah krisis energi tersebut. Adanya energi terbarukan juga bermanfaat mengurangi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan dari penggunaan energi fosil secara terus-menerus. Potensi energi terbarukan yang bisa dikembangkan di Indonesia salah satunya adalah energi angin. Angin di Indonesia termasuk jenis angin dengan kecepatan rendah yakni antara 3,5 sampai 7 m/s sehingga penggunaan generator magnet permanen fluks aksial menjadi pilihan yang tepat karena generator dapat bekerja pada kecepatan putar yang rendah [1]. Generator magnet permanen fluks aksial memiliki karakteristik yang menarik yaitu tingginya jumlah kutub magnet, tingginya daya listrik dan juga perawatan yang lebih ringan. Apabila dibandingkan dengan generator radial, generator fluks aksial ini mempunyai kelebihan pada rasio daya atau volume yang cenderung lebih tinggi, pendinginan yang lebih baik dan konstruksi yang lebih sederhana, massa yang lebih besar, serta kemudahan dalam meningkatkan kapasitas daya [2].

Generator magnet permanen fluks aksial sudah banyak dikembangkan. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan variasi dalam berbagai bentuk konstruksi. Seperti variasi jumlah belitan, jumlah kutub, kecepatan putaran, serta ukuran dan bentuk magnet. Penelitian tentang Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Generator Fluks Aksial Magnet Permanen Putaran Rendah untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius. Uji generator menggunakan kecepatan angin dengan rentang 1–5 m/s menghasilkan nilai tegangan 4,5 V, arus 5 mA, dan daya 0,0225 Watt pada kecepatan angin 1 m/s, sedangkan pada kecepatan angin 5 m/s, nilai tegangan 34,7 V, arus 147 mA, dan daya 5,1 Watt. [3].

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan penelitian ini yakni memanfaatkan potensi tersebut dengan merancang *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

(PLTB) dengan turbin angin sumbu vertikal tipe savonius dan generator magnet permanen fluks aksial.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Generator Fluks Aksial

Generator fluks aksial adalah generator magnet permanen dengan arah medan fluks sejajar dengan sumbu putaran. Fluks adalah hasil dari gaya tarik menarik antara dua magnet permanen dengan kutub yang berbeda. Generator ini sering digunakan di pembangkit listrik putaran rendah. Generator fluks aksial memiliki rotor ganda yang mengapit stator, stator memiliki kumparan tanpa inti besi, sedangkan pada rotor terdapat beberapa pasang magnet permanen yang merupakan generator medan utama [4].

### 2.2 Perencanaan Rotor

Rotor yaitu bagian yang berputar dari generator dan terdiri dari banyak magnet permanen yang menciptakan medan yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan. Magnet permanen tersebut disusun berpasangan berbentuk cakram yang diletakkan saling berhadapan pada kedua sisi kumparan stator, sehingga fluks magnet disekitar kumparan tersebut saling menguatkan. Kedua piringan tersebut dapat berputar dengan poros yang terhubung dengan motor utama. Rotor yang berputar di depan stator kemudian menyalurkan gaya penggerak listrik ke kumparan stator [5].

### 2.3 Perencanaan Rotor

Perencanaan rotor menggunakan magnet melingkar, dan untuk menentukan luas area magnetik, gunakan persamaan (1) [5] :

$$A_{mg} = \frac{1}{4} \pi (dmg)^2 \quad (1)$$

Keterangan :

$A_{mg}$  = Luas Magnet (m<sup>2</sup>)

$Dmg$  = Diameter Magnet (mm)

Pada perancangan rotor dalam mengetahui nilai densitas fluks magnet maksimum digunakan persamaan (2)

$$B_{max} = Br \left( \frac{lm}{lm + \delta} \right) \quad (2)$$

Keterangan :

$Br$  = Kerapatan fluks (T)

$lm$  = Tebal magnet (cm)

$\delta$  = Celah udara (mm)

$B_{max}$  = Fluks magnet maksimal (T)

Pada perancangan rotor dalam menentukan kerapatan fluks magnet digunakan persamaan (3)

$$\emptyset_{max} = A_{mg} \times B_{max} \quad (3)$$

Keterangan :

$A_{mg}$  = Luasan magnet ( $m^2$ )

$B_{max}$  = Fluks magnet maksimal (T)

$\emptyset_{max}$  = Fluks maksimum (wb)

Untuk menentukan jumlah magnet yang digunakan pada rotor digunakan persamaan (4)

$$P = \frac{120 \cdot f}{n} \quad (4)$$

Keterangan :

P = Jumlah Kutub (P)

n = Kecepatan putaran (rpm)

#### 2.4 Perencanaan Stator

Stator adalah bagian yang tidak bergerak pada generator magnet permanen. Stator berfungsi sebagai kumparan jangkar yang tersusun dari beberapa kumparan kawat email dengan lapisan bahan isolator untuk menghasilkan tegangan keluaran generator [5].

Menentukan jumlah kumparan yang digunakan pada stator disesuaikan dengan jumlah kutub pada rotor, agar menyesuaikan keliling pada rotor menggunakan persamaan (5)

$$N_s = P \frac{N_p h}{2} \quad (5)$$

Keterangan :

$N_s$  = Jumlah Kumparan

P = Jumlah kutub

$N_p h$  = Jumlah fasa

Menentukan jumlah lilitan yang digunakan pada setiap kumparan pada stator dengan menggunakan persamaan (6) [4] :

$$N = \frac{E_{rms}}{4,44 \cdot f \cdot \emptyset_{max}} \quad (6)$$

Keterangan :

$E_{rms}$  = Tegangan induksi (volt)

N = Jumlah lilitan

f = Frekuensi (Hz)

$\emptyset_{max}$  = Fluks magnet maksimum (wb)

Menentukan arus belitan untuk mengetahui diameter kawat email yang digunakan pada stator digunakan persamaan (7)

$$I = \frac{P_{out}}{m \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (7)$$

Keterangan :

I = Arus belitan (ampere)

$P_{out}$  = Daya keluaran (watt)

M = Jumlah fasa

V = Tegangan (volt)

$\cos \varphi$  = Faktor daya (0,8)

#### 2.5 Daya Mekanik Turbin

Daya mekanik turbin ( $P_{in}$ ) yaitu besaran energi mekanik yang dibangkitkan dari rotor turbin angin akibat mendapatkan gaya dorong angin. Untuk mengetahui daya mekanik turbin angin, digunakan persamaan (8) [6]

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho \times A \times V^3 \quad (8)$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya mekanik turbin ((J/s)/(Watt))

$C_p$  = Koefisien daya

$P_w$  = Daya angin (Watt)

$\rho$  = Massa jenis udara (1,225kg/m<sup>3</sup>)

A = Luas sapuan angin ( $m^2$ )

V = Kecepatan angin (m/s)

#### 2.6 Daya Generator

Daya generator adalah nilai energi yang diubah oleh generator dari putaran poros generator sehingga menghasilkan energi listrik. Untuk mendapatkan daya keluaran yang dihasilkan generator, digunakan persamaan (9) [7].

$$P_{out} = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (9)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya generator (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

$\cos \varphi$  = Faktor daya (0,8)

#### 2.7 Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara daya dari energi angin generator atau menunjukkan unjuk kerja suatu alat, dapat menggunakan persamaan (10) [8] :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan ;

H = Efisiensi (%)

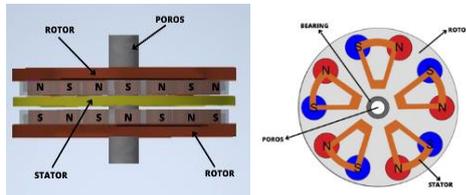
$P_{out}$  = Daya generator (watt)

$P_{in}$  = Daya angin (watt)

Spesifikasi generator magnet permanen yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Generator

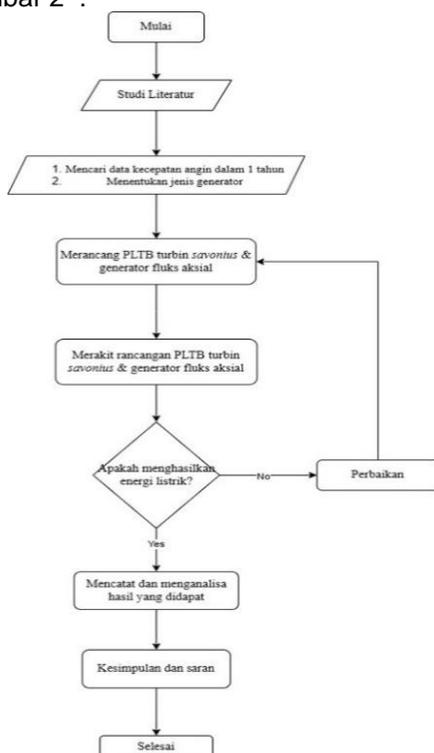
Parameter	Keterangan
Jenis magnet	Neodymium
Ukuran magnet	20 x 4 mm
Densitas magnet	1,3 Tesla
Frekuensi	50Hz
Tegangan (V)	12 V
Fasa	1
Putaran generator	600 RPM
Daya (W)	7 Watt



**Gambar 1.** Desain Generator Fluks Aksial

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian pembangkit listrik tenaga bayu sumbu vertikal dilakukan bulan Januari tahun 2023 yang dilakukan di Rooftop Gedung DH dan Laboratorium Workshop Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana. Kampus Bukit Jimbaran, Bali. Secara sistematis pada perancangan pembuatan alat *prototype* PLTB sumbu vertikal menggunakan generator fluks aksial bisa dilihat pada gambar 2 :



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan pada Gambar 2 :

Langkah 1. Studi literatur

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian.

Langkah 2. Pencarian data rata-rata kecepatan angin selama 1 tahun dan menentukan jenis generator

Pencarian data rata-rata kecepatan angin dilakukan untuk menentukan rancangan turbin yang akan digunakan dan jenis generator yang akan digunakan.

Langkah 3. Perancangan

Perancangan disesuaikan dengan literatur yang digunakan dan berkaitan sesuai dengan data kecepatan angin yang didapatkan. Desain pemodelan turbin *savonius* dan generator magnet permanen fluks aksial dibuat menggunakan *software* Autodesk Inventor 2020, desain ini digunakan sebagai acuan dalam membangun *prototype* PLTB.

Langkah 4. Menghasilkan energi listrik.

Apabila *prototype* PLTB bekerja secara normal dan dapat menghasilkan energi listrik, maka akan dilakukan pencatatan dan analisa dari alat tersebut, namun apabila alat tidak bekerja secara optimal maka akan dilakukan rancangan dan perakitan kembali untuk selanjutnya dilakukan pengujian.

Langkah 5. Pencatatan dan menganalisa hasil yang didapatkan.

Hasil pencatatan dan analisa data yang didapat, sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran pada perancangan alat pembangkit listrik tenaga bayu.

Langkah 6. Penarikan kesimpulan dan saran  
Setelah melakukan kelima langkah yang sudah dijabarkan sebelumnya, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta pemberian saran terhadap perancangan alat pembangkit listrik tenaga bayu.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas mengenai percobaan dan pengujian seluruh sistem dan dilanjutkan dengan menganalisis hasil dari data yang telah didapat.

#### 4.1 Perancangan Generator Magnet Permanen Tipe Fluks Aksial

Mencari luasan area magnet dapat menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 A_{mg} &= \frac{1}{4} \pi (d_{mg})^2 \\
 &= \frac{1}{4} 3,14(2)^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,000314 \text{ m}^2$$

$$= 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Mencari nilai kerapatan fluks maksimum yang dihasilkan magnet dengan menggunakan persamaan (2)

$$B_{max} = Br \left( \frac{lm}{lm + \delta} \right)$$

$$= 1,3 \left( \frac{0,4}{0,4 + 0,5} \right) = 0,572 \text{ T}$$

Mencari fluks maksimum yang dihasilkan rotor dengan menggunakan persamaan (3)

$$\varnothing_{max} = A_{mg} \cdot B_{max}$$

$$= 3,14 \times 10^{-4} \cdot 0,572$$

$$= 1,79 \times 10^{-4}$$

$$= 0,000179 \text{ Wb}$$

Mencari jumlah kutub pada rotor digunakan persamaan (4)

$$P = \frac{120 \cdot f}{n}$$

$$= \frac{120 \cdot 50}{600} = 10 \text{ Kutub}$$

Mencari jumlah kumparan pada stator digunakan persamaan (5)

$$N_s = P \frac{N_{ph}}{2}$$

$$= 10 \frac{1}{2}$$

$$= 5 \text{ Kumparan}$$

menentukan nilai tegangan yang akan dibangkitkan pada generator, maka jumlah lilitan pada stator menjadi salah satu faktor yang cukup penting. Maka menentukan jumlah lilitan stator per kumparan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (6)

$$N = \frac{E_{rms}}{4,44 \cdot f \cdot \varnothing_{max} \cdot 12}$$

$$= \frac{12}{4,44 \cdot 50 \cdot 0,000179}$$

$$= 301 \text{ Lilitan}$$

Menghitung arus belitan pada stator untuk menentukan ukuran diameter kawat email yang digunakan untuk membuat kumparan dapat menggunakan persamaan (7)

$$I = \frac{P_{out}}{m \cdot V \cdot \cos \phi}$$

$$= \frac{7}{1 \cdot 12 \cdot 0,8}$$

$$= 0,72 \text{ A}$$

Arus yang didapatkan sebesar 0,72 A, sesuai dengan referensi yang didapatkan untuk mendapatkan ukuran diameter kawat yang digunakan adalah sebesar 0,6 mm.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan parameter generator yang ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter Generator

Parameter	Lambang	Nilai
Luas Medan Magnet	$A_{mg}$	$3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
Densitas Magnet	$B_{max}$	0,572 T
Fluks Maks. Magnet	$\varnothing_{max}$	0,000179Wb
Jumlah Kumparan	$N_s$	5
Jumlah Kutub	P	10
Jumlah Lilitan	N	301

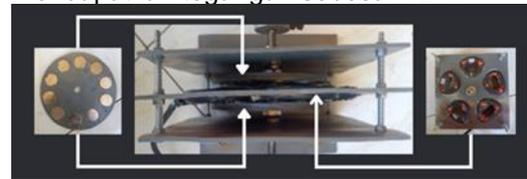
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan dimensi yang akan digunakan pada generator dan ditunjukkan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Data Dimensi

Dimensi Generator	Nilai
Jari-Jari Rotor	4,77 cm
Diameter Rotor	9,54 cm
Keliling Rotor	30 cm
Celah Udara (air gap)	0,5 cm
Jarak Antar Magnet	1,17 cm

#### 4.2 Realisasi Generator Magnet Permanen Fluks Aksial

Realisasi generator magnet permanen fluks aksial menggunakan satu buah stator dan dua buah rotor dengan diameter 9,54 cm. pada stator terdapat kumparan berjumlah 5 buah, lilitan pada masing – masing kumparan berjumlah 301 lilitan dan rotor generator dirancang memiliki 10 buah pasang kutub dengan magnet Neodymium 20 x 4 mm. Kedua piringan rotor disusun secara berhadapan, kutub utara pada piringan rotor pertama menghadap kutub selatan pada piringan rotor kedua. Tujuan dari penelitian perancangan generator magnet permanen fluks aksial untuk mendapatkan tegangan sebesar 12 V.

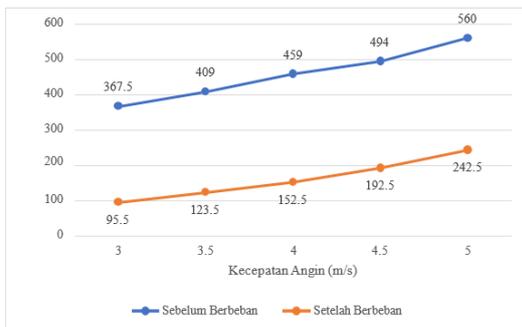


**Gambar 3.** Realisasi Generator Magnet Permanen Fluks Aksial

#### 4.3 Hasil Akhir Data Generator Magnet Permanen Pada Prototype PLTB Sumbu Vertikal

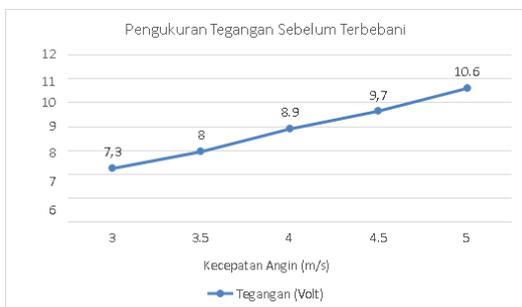
Tujuan dari adanya pengukuran variabel pembangkit listrik tenaga bayu adalah untuk mengetahui kecepatan angin yang berhembus melalui rooftop gedung DH yang nantinya digunakan sebagai pembangkit listrik terbarukan skala kecil. Agar dapat menjalankan alat yang sudah

direncanakan sebelumnya maka diperlukan data kecepatan angin pada *rooftop* gedung DH dalam kurun waktu satu tahun untuk mengukur kecepatan putaran poros generator, pengukuran tegangan, arus, dan frekuensi yang didapatkan pada perancangan generator magnet permanen. Sesuai dengan kecepatan angin yang didapatkan, Pengukuran menggunakan bantuan blower untuk mendapatkan kecepatan angin yang konstan sebesar 5 m/s.



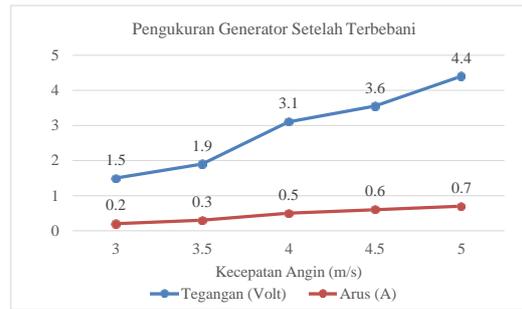
**Gambar 4.** Grafik Pengukuran Kecepatan Putar Generator Sebelum dan Sesudah Terhubung Beban

Hasil pengukuran putaran poros generator sebelum dan setelah generator terhubung dengan beban. Pengukuran tertinggi pada angin 5 m/s didapatkan kecepatan putaran poros generator sebelum dihubungkan dengan beban tertinggi sebesar 560 RPM dan pengukuran putaran poros generator setelah terhubung dengan beban tertinggi sebesar 242,5 RPM.



**Gambar 5.** Grafik Pengukuran Tegangan Output Sebelum Dibebani.

Hasil dari pengukuran tegangan generator pada setiap pengukuran didapat dari putaran generator tertinggi pada kecepatan angin 5 m/s tanpa beban dari generator sebesar 10,6 Vac, sedangkan tegangan generator terendah pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan nilai tegangan sebesar 7,3 Vac.



**Gambar 6.** Grafik Pengukuran Tegangan dan Arus Generator Setelah Terbebani

Hasil pengukuran yang diperoleh dari tegangan dan arus tertinggi generator pada kecepatan angin tertinggi yaitu 5 m/s dengan beban yang digunakan adalah resistor sebesar 5Ω. Hasil tegangan dan arus tertinggi setelah terbebani memperoleh hasil tertinggi sebesar 4,4 Vac, nilai arus yang didapat dengan pembulatan sebesar 0,7 A.

#### 4.3 Perhitungan Daya Mekanik Turbin

Perhitungan daya mekanik turbin dengan variasi kecepatan angin yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran dari 3 – 5 m/s, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho \times A \times V^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 0,07 \times 1,225 \times 0,37 \times 3^3$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 0,032 \times 27$$

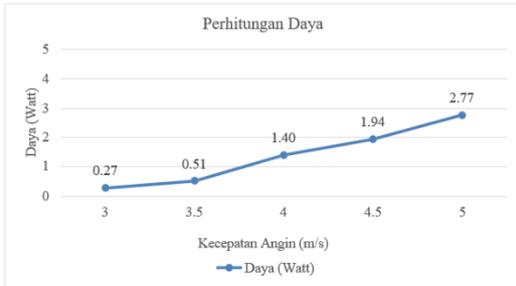
$$P_{in} = \frac{1}{2} \times 0,86$$

$$P_{in} = 0,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{m}^2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^3} = 0,43 \text{ J/s}$$

$$P_{in} = 0,43 \text{ Watt}$$

#### 4.4 Perhitungan Daya Generator

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat pengukuran dari pengujian yang sudah dilakukan dengan menggunakan variasi kecepatan angin 3 – 5 m/s, maka didapatkan daya generator yang diperoleh dari putaran generator. Berdasarkan dari hasil pengukuran tegangan, arus dan  $\cos \phi$ .



**Gambar 7.** Grafik Perhitungan Daya Generator.

Hasil grafik perhitungan daya memperlihatkan hasil daya yang meningkat dengan meningkatnya putaran poros generator. Daya tertinggi yang dihasilkan generator sebesar 2,77 watt pada kecepatan angin 5 m/s, sedangkan daya terendah berada pada kecepatan angin 3 m/s sebesar 0,27 watt dengan beban resistor 5Ω.

#### 4.5 Perhitungan Efisiensi Generator

Perhitungan hasil efisiensi generator diketahui berdasarkan daya mekanik turbin dan daya generator, maka efisiensi generator dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,27}{0,43} \times 100\%$$

$$\eta = 0,63 \%$$

**Tabel 4.** Efisiensi Generator

Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Generator (Watt)	Efisiensi Generator (%)
3	0,43	0,27	0,63
3,5	0,68	0,51	0,75
4	1,31	1,40	1,07
4,5	1,86	1,94	1,04
5	2,86	2,77	0,97
Rata - Rata	1,42	1,38	0,89

Berdasarkan hasil perhitungan bisa terlihat nilai efisiensi generator pada *Prototype* PLTB turbin savonius dengan rentang kecepatan angin 3 - 5 m/s didapatkan nilai efisiensi terendah pada kecepatan angin 3 m/s sebesar 0,63% dan nilai efisiensi tertinggi pada kecepatan angin 5 m/s sebesar 0,98%. Efisiensi generator kurang dari 1% dari efisiensi ini dapat diketahui bahwa turbin tidak bekerja dengan baik, jika turbin berkerja dengan baik maka efisiensi yang dihasilkan generator bisa lebih tinggi.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian *Prototype* PLTB sumbu vertikal ini menggunakan generator magnet permanen fluks aksial dengan beban resistor 5Ω dan dibantu dengan blower. Blower digunakan agar mendapatkan putaran turbin yang konstan sesuai dengan hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan selama 3 hari di rooftop gedung perkuliahan teknik elektro yakni rentang kecepatan angin 3-5 m/s. Berdasarkan pengujian tersebut generator mampu menghasilkan tegangan sebesar 1,5 Volt, arus 0,2 Ampere, daya 0,27 Watt dan tingkat efisiensi generator sebesar 0,63 % pada kecepatan angin 3 m/s serta menghasilkan tegangan sebesar 4,4 Volt, arus 0,7 Ampere, daya 2,77 Watt dan tingkat efisiensi generator sebesar 0,97 % pada kecepatan angin 5 m/s. Efisiensi generator kurang dari 1% dari efisiensi ini dapat diketahui bahwa turbin tidak bekerja dengan baik, jika turbin berkerja dengan baik maka efisiensi yang dihasilkan generator bisa lebih tinggi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syam, S. (2021). Rancang Bangun Generator Aksial dengan Menggunakan Magnet Permanen NdFeB Persegi Panjang. *Jurnal Media Elektro*, 57-64.
- [2] Prisandi, C. H. (2011). Studi desain kumparan stator pada generator sinkron magnet permanen fluks aksial tanpa inti stator. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.
- [3] Susanto, D., Mulyadi, M., & Sebayang, P. (2019). Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Generator Fluks Aksial Magnet Permanen Putaran Rendah untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius. *Piston*, 2(1), 289673.
- [4] WIJAYA, A. A., SYAHRAL, S., & WALUYO, W. (2016). Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. *REKA ELKOMIKA*, 4(2).
- [5] Rombe, E. T. (2017). Pemodelan Pembangkit Hibrid Energi Bayu dengan Energi Surya. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*, 43-48.

- [6] Harahap, R., Silaban, C. P., Dinzi, R., & Bukit, F. R. (2021). Analisis Perbandingan Concentrated Winding Dan Toroidal Winding Pada Generator Axial Flux Permanent Magnet (AFPM) Tiga Fasa Menggunakan Inti Besi Pada Stator. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(3), 118-126.
- [7] Murianto, J., Febrianto, D., Wandy, W., Azmi, F., & Perangin-angin, D. (2020). Rancang Bangun Alat Uji Pada Perbaikan Faktor Daya Dengan Capacitor Bank. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 4(1), 53-62.
- [8] Valentino, V., Yusuf, I., & Hiendro, A. (2021). Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).