

# Perancangan *Axial Flux Generator Single Rotor* Untuk Kebutuhan Turbin Angin Skala Kecil

<sup>1</sup>Riza Alfita, <sup>2</sup>Oryza Sativa Nugroho, <sup>3</sup>Adi Kurniawan Saputro

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan

<sup>1</sup>riza.alfita@trunojoyo.ac.id, <sup>2</sup>sativa.nugroho9@gmail.com, <sup>3</sup>adi.kurniawan@trunojoyo.ac.id

**Abstract** - Wind turbines (PLTB) are a renewable energy source with significant potential in Indonesia. Utilising wind power plants can generate electricity without greenhouse gas emissions, using wind as an energy source. One problem is that the wind power used to rotate the turbine is very low, resulting in insufficient electricity production. This problem can be overcome with an axial flux generator. This generator model has anti-cogging, allowing it to rotate at low wind speeds. This generator uses a 3-phase configuration with nine coils and six pairs of NdFeB magnetic poles. The axial flux generator can be integrated with a vertical wind turbine. The purpose of this research begins with the generator's calculation, design, and testing stages. The testing consisted of three phases: no-load testing, resistor load testing, and testing with various LED and light bulb variants. In no-load testing, the generator produced 21.62 V at 1506 RPM (*Revolutions Per Minute*). Then, in testing with a 12 ohm / 20-watt resistor load, the generator produced 9.79 Watts at 1509 RPM. Then, the third test was carried out with LED lamp variants of 1.5 Watt, 3 Watt, 5 Watt, 10 Watt, and bulbs assembled in parallel.

**Keywords** — Generator; Axial Flux; Permanent Magnet; Wind Turbine; Renewable Energy

**Abstrak**— PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) merupakan salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia. Dengan memanfaatkan angin sebagai sumber energi, pembangkit listrik tenaga bayu mampu menghasilkan listrik tanpa emisi gas rumah kaca. Beberapa masalah yang terjadi adalah tenaga angin yang digunakan untuk memutar turbin sangat rendah, sehingga listrik tidak bisa dihasilkan. Dengan adanya generator tipe *axial flux* masalah tersebut bisa teratasi. Karena model generator ini memiliki anti *cogging* sehingga dapat berputar dalam keadaan kecepatan angin rendah. Generator ini menggunakan konfigurasi 3 fasa dimana terdapat 9 kumparan dan 6 pasang kutub magnet jenis NdFeB. *Axial flux generator* dapat diintegrasikan dengan menggunakan jenis turbin angin vertikal. Tujuan Penelitian ini dimulai dari tahap perhitungan, perancangan, dan pengujian generator. Pengujian yang dilakukan ada 3 tahapan yaitu pengujian tanpa beban, pengujian dengan beban resistor, dan pengujian dengan berbagai varian lampu led dan bohlam. Pada pengujian tanpa beban, generator dapat menghasilkan output 21,62 V pada kecepatan 1506 RPM. Kemudian pada pengujian dengan beban resistor 12 ohm / 20 watt, generator menghasilkan daya 9,79 Watt pada kecepatan 1509 RPM. Kemudian pada pengujian yang ketiga dilakukan dengan varian lampu led 1,5 Watt, 3 Watt, 5 Watt, 10 Watt, dan bohlam yang dirakit secara paralel.

**Kata Kunci**—Generator; axial flux; Permanen Magnet; Turbin Angin; Energi Terbarukan

## I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan isu besar di dunia saat ini, dan terdapat juga kekhawatiran yang semakin besar mengenai krisis energi yang disebabkan oleh perubahan iklim dan penggunaan bahan bakar fosil yang tidak beraturan. Peralihan ke energi terbarukan memberi banyak dampak positif seperti mengurangi subsidi dan kerugian akibat perubahan iklim, serta manfaat di bidang kesehatan [1].

Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan energi terbarukan berkat kekayaan alamnya yang melimpah. Sebagai negara kepulauan yang berada di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki sumber daya energi terbarukan yang sangat berlimpah. Berdasarkan kekayaan alam yang dimiliki Indonesia, sumber energi terbarukan dapat dibagi menjadi lima jenis, yaitu energi matahari, air, angin, bioenergi, dan panas bumi [2].

Turbin angin telah mengalami perkembangan signifikan dan menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan. Turbin angin bekerja dengan mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik melalui baling-baling yang diputar oleh angin, yang kemudian dihubungkan dengan *generator*. Inovasi dalam desain dan efisiensi turbin

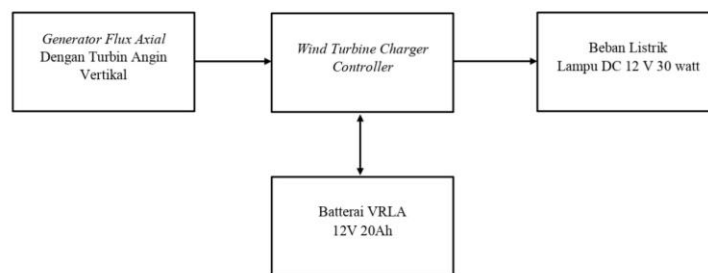
angin telah memungkinkan turbin untuk menghasilkan energi dalam jumlah yang lebih besar dengan kecepatan angin yang lebih rendah [3].

Sebuah sistem pembangkit listrik tenaga bayu tidak hanya membutuhkan turbin angin saja, tetapi juga membutuhkan sebuah *generator*. *Generator* adalah sebuah alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Proses ini dilakukan melalui prinsip induksi elektromagnetik, di mana medan *magnet* dan konduktor bergerak relatif satu sama lain untuk menghasilkan arus listrik. *Axial flux generator* adalah teknologi pembangkit listrik yang baru dan memiliki kelebihan menghasilkan energi secara efisien dengan desain yang lebih ringkas [4].

Salah satu kelemahan dari *generator magnet* permanen adalah adanya torsi *cogging*, yang diakibatkan oleh interaksi antara fluks *magnet rotor* dan gigi *stator*. Pada area dengan kecepatan angin rendah, torsi *cogging* menjadi kendala karena memerlukan kecepatan angin yang lebih tinggi untuk memulai perputaran turbin. Torsi *cogging* dapat dihilangkan dengan menggunakan *stator* tanpa gigi (*toothless stator*) atau tanpa inti besi lunak (*coreless stator*). Desain dengan spesifikasi ini dapat ditemukan pada *generator* fluks aksial. Tanpa adanya gigi dan inti besi lunak, proses pembuatan *generator* menjadi lebih sederhana [5].

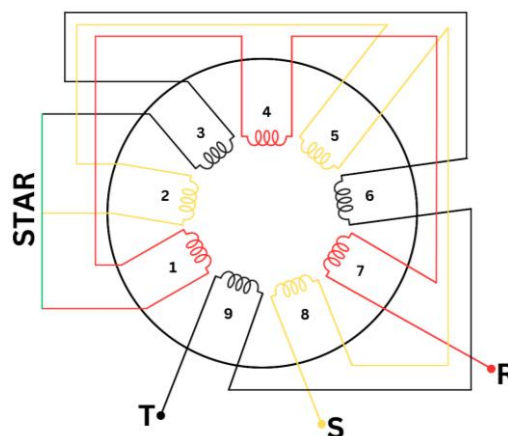
## II. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Sistem

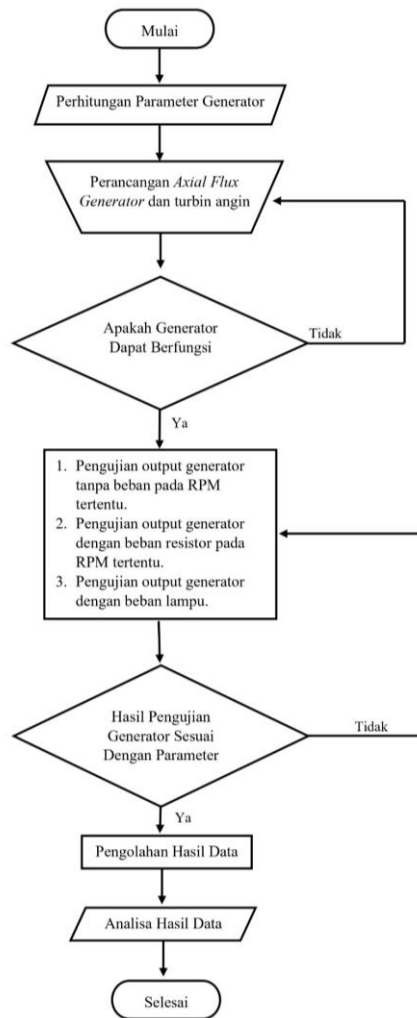


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Ketika turbin berputar, *generator* menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini kemudian dialirkan ke sebuah *wind turbine charger controller* yang berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan sistem, serta melindungi komponen lainnya dari potensi kerusakan akibat tegangan atau arus berlebih. Selanjutnya, energi listrik dari *controller* dapat disalurkan ke dua arah, yaitu ke baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) 12V 20Ah sebagai media penyimpanan energi, dan ke beban listrik berupa lampu DC 12V dengan daya 30 watt.



Gambar 2. Konfigurasi Rangkaian *Generator*



Gambar 3. Flowchart Sistem

Proses dimulai dengan tahap perhitungan parameter *generator*, yaitu menghitung spesifikasi teknis seperti jumlah lilitan, ukuran *magnet*, tegangan yang diinginkan, dan putaran (RPM) kerja. Setelah parameter ditentukan, dilakukan tahap perancangan *generator axial flux*. Setelah *generator* dinyatakan dapat berfungsi, dilakukan pengujian kinerja *output generator*. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap yaitu tanpa beban pada RPM tertentu untuk melihat tegangan maksimum yang dapat dihasilkan, dengan beban resistor untuk melihat kestabilan *output* saat dibebani, dan dengan beban lampu sebagai simulasi beban nyata.

### B. Perhitungan Parameter Perancangan

Pada tahap awal perancangan *axial flux generator* yang dilakukan adalah menentukan jumlah kutub menggunakan persamaan berikut ini [6]:

$$p = \frac{120 \times f}{n} \quad (1)$$

dimana:

p : jumlah kutub *magnet* (pole)

f : frekuensi

n : kecepatan putar (RPM)

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan medan *magnet* maksimum pada *generator* menggunakan persamaan berikut ini:

$$B_{max} = B_r \frac{lm}{lm+\delta} \quad (2)$$

dimana:

- $B_{max}$  : Kerapatan medan *magnet* maksimum (T)
- $B_r$  : Densitas fluks *magnet* (T)
- $\delta$  : Celah udara (m)
- $lm$  : Tinggi *magnet* (m)

Setelah didapatkan medan *magnet* maksimum, maka selanjutnya menghitung luas medan *magnet*. Jika medan *magnet* berbentuk lingkaran maka menggunakan persamaan berikut ini [7]:

$$A_{magnet} = \pi \times r^2 \quad (3)$$

dimana:

- $\pi$  : keliling lingkaran
- $r^2$  : jari – jari

Jika terdapat lubang pada *magnet*, maka dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$A_{magnet} = \frac{\pi(ro^2-ri^2)-Tf(ro-ri).Nm}{Nm} \quad (4)$$

dimana:

- $A_{magnet}$ : Luasan medan *magnet* ( $m^2$ )
- $\pi$  : Keliling lingkaran
- ro : Radius luar *magnet*
- ri : Radius dalam *magnet*
- Tf : Jarak antar *magnet*
- Nm : Jumlah *magnet*

Setelah didapatkan luasan medan *magnet* dan kerapatan medan *magnet* maksimum, selanjutnya adalah menghitung nilai fluks maksimal menggunakan persamaan berikut ini [6]:

$$\Phi_{max} = A_{magnet} \times B_{max} \quad (5)$$

dimana:

- $\Phi_{max}$  : fluks maksimum *magnet* (Wb)
- $A_{magnet}$  : Luasan medan *magnet* ( $m^2$ )
- $B_{max}$  : Kerapatan medan *magnet* maksimum (T)

Selanjutnya adalah menghitung jumlah kumparan menggunakan persamaan berikut ini:

$$N_s = p \frac{N_{ph}}{2} \quad (6)$$

dimana:

- $N_s$  : Jumlah kumparan
- $p$  : Jumlah pole
- $N_{ph}$  : Jumlah fasa

Tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah lilitan pada setiap kumparanya menggunakan persamaan dasar berikut ini:

$$E_A = 4,44 \times N \times f \times \Phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}} \tag{7}$$

untuk menghitung lilitan maka persamaan menjadi [8]:

$$N = \frac{E_A}{4,44 \times f \times \Phi_{max} \times \frac{N_s}{N_{ph}}} \tag{8}$$

dimana:

- $N$  : Jumlah lilitan
- $E_A$  : Tegangan efektif (V)
- $N_s$  : Jumlah kumparan
- $N_{ph}$  : Jumlah fasa
- $f$  : frekuensi
- $\Phi_{max}$  : fluks maksimum magnet (Wb)

Setelah melakukan perhitungan perancangan *axial flux generator* maka didapatkan parameter – parameter sebagai berikut ini:

Tabel 1. Spesifikasi *Generator*

No	Parameter	Nilai
1	Jumlah kutub magnet (p)	6 Kutub
2	Kerapatan medan magnet ( $B_{max}$ )	0,15 T
3	Luasan medan magnet ( $A_{magnet}$ )	0,000490625 m <sup>2</sup>
4	Fluks maksimum magnet ( $\Phi_{max}$ )	0,0001471875 Wb
5	Jumlah kumparan (Ns)	9 kumparan
6	Jumlah lilitan (N)	204 lilitan
7	Jumlah fasa (Nph)	3 fasa

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Generator Tanpa Beban

Pengujian pertama adalah pengujian generator tanpa beban. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui outputan yang didapatkan oleh generator jika tidak diberikan beban. Hasil data uji ini akan digunakan sebagai perbandingan dengan hasil pengujian dengan beban. Generator ini menghasilkan output tegangan AC yang kemudian di searahkan menggunakan rangkaian rectifier.



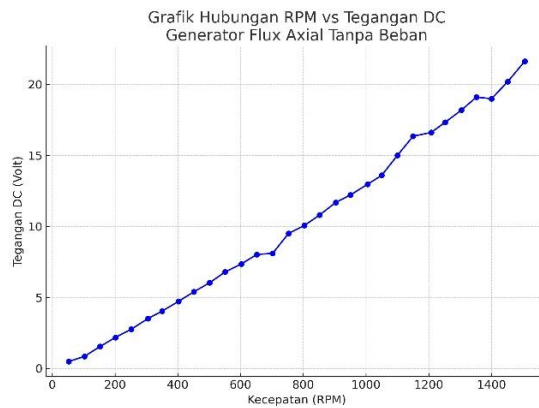
Gambar 4. Pengujian *Generator* Tanpa Beban

Pengujian ini menggunakan dua alat ukur yaitu multimeter dan tachometer. Kedua alat ukur ini digunakan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh *generator* dan rotasi per menit dari *generator*.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Generator* Tanpa Beban

PPM	Tegangan DC (volt)
52.6	0,488
102.5	0,846
152.4	1,539
201.3	2,184
251.7	2,756
304.9	3,506
350.2	4,03
402.4	4,72
451.2	5,39
501.7	6,03
551.1	6,79
602.3	7,35
652.2	8,02
702.5	8,1
753.2	9,5
803.5	10,06
852.2	10,8
903.5	11,68
950.5	12,21
1005	12,96
1050	13,59
1100	14,99
1150	16,34
1208	16,61
1252	17,32
1304	18,18
1352	19,1
1400	18,98
1452	20,19
1506	21,62

Berdasarkan hasil pengujian *generator flux axial* dalam kondisi tanpa beban, ditemukan hubungan yang hampir linear antara kecepatan putaran (RPM) dan tegangan *output* DC. Data menunjukkan bahwa ketika RPM naik dari sekitar 52 RPM ke 1506 RPM, tegangan *output* beranjak dari sekitar 0,48 V menjadi 21,6 V.

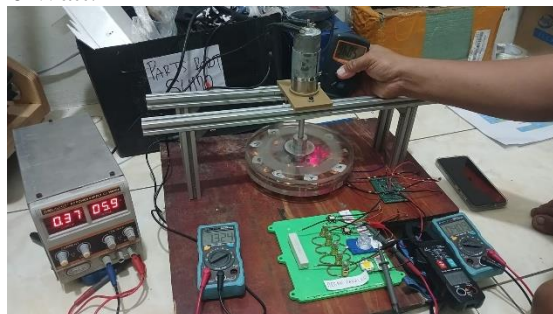


Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian *Generator* Tanpa Beban

Grafik yang memperlihatkan hubungan antara RPM dan tegangan DC menunjukkan pola garis yang stabil dan meningkat, menandakan bahwa kinerja *generator* baik dalam mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Tegangan mulai mencapai batas 12V saat berada di kisaran 950 hingga 1000 RPM, yang sesuai untuk penggunaan dalam pengisian baterai 12V.

**B. Pengujian *Generator* Dengan Beban Resistor**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja keseluruhan dari sistem pembangkit listrik setelah melalui proses penyearahan. Dari pengujian ini, dapat dilihat nilai tegangan DC yang dihasilkan oleh *generator* dan arus yang mengalir melalui beban resistor, sehingga daya keluaran listrik yang disuplai oleh *generator* dapat dihitung. Pengujian ini menggunakan resistor 12 Ohm 20 Watt.



Gambar 6. Pengujian *Generator* Dengan Beban Resistor

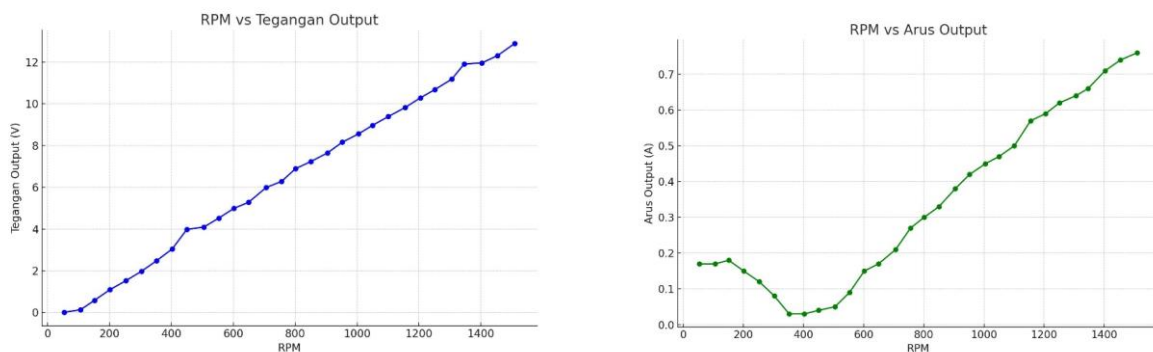
Uji coba ini juga berfungsi untuk memastikan apakah *generator* dan rangkaian penyearah telah beroperasi dengan baik sesuai dengan desain, serta memastikan bahwa resistor beban dapat menahan daya yang diteruskan tanpa mengalami kerusakan atau suhu berlebih. Dengan demikian, pengujian ini sangat penting untuk memastikan keandalan, efisiensi, dan keamanan sistem sebelum digunakan lebih lanjut.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Generator* Beban Resistor

RPM	Tegangan DC (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)
54.1	0.006	0.17	0.00102
106.6	0.133	0.17	0.02261
151.4	0.58	0.18	0.1044
201.1	1.09	0.15	0.1635
253	1.523	0.12	0.18276

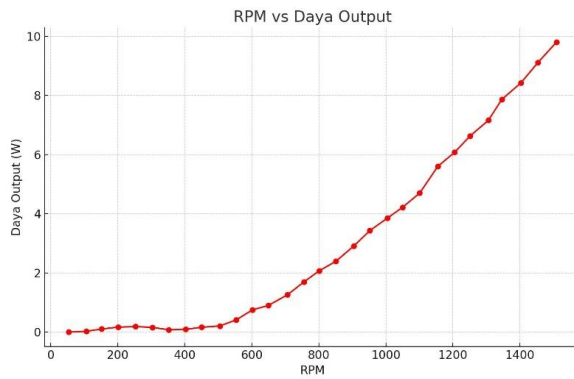
303.1	1.972	0.08	0.15776
352.2	2.48	0.03	0.0744
402.8	3.048	0.03	0.09144
450.1	3.984	0.04	0.15936
504.6	4.09	0.05	0.2045
552.9	4.52	0.09	0.4068
602.1	4.99	0.15	0.7485
649.3	5.28	0.17	0.8976
706.4	5.99	0.21	1.2579
755.8	6.28	0.27	1.6956
800.9	6.89	0.3	2.067
850.3	7.23	0.33	2.3859
904.6	7.65	0.38	2.907
952.2	8.16	0.42	3.4272
1055	8.56	0.45	3.852
1050	8.97	0.47	4.2159
1101	9.39	0.5	4.695
1152	9.82	0.57	5.5974
1205	10.29	0.59	6.0711
1251	10.68	0.62	6.6216
1306	11.18	0.64	7.1552
1346	11.91	0.66	7.8606
1403	11.86	0.71	8.4206
1454	12.31	0.74	9.1094
1509	12.89	0.76	9.7964

Berdasarkan hasil pengujian tegangan keluaran DC meningkat perlahan seiring dengan bertambahnya RPM. Arus cenderung stabil dalam rentang 0,03 – 0,76 A dimulai dari sekitar 352,2 RPM ke atas, yang menunjukkan bahwa generator telah mendekati kapasitas arus nominalnya. Daya mulai meningkat secara signifikan di atas 2 W ketika kecepatan melebihi 800,9 RPM. Ini menunjukkan bahwa generator memiliki efisiensi yang cukup baik dalam menghasilkan daya listrik seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran.



Gambar 7. Grafik Hasil Tegangan dan Arus Pengujian Generator



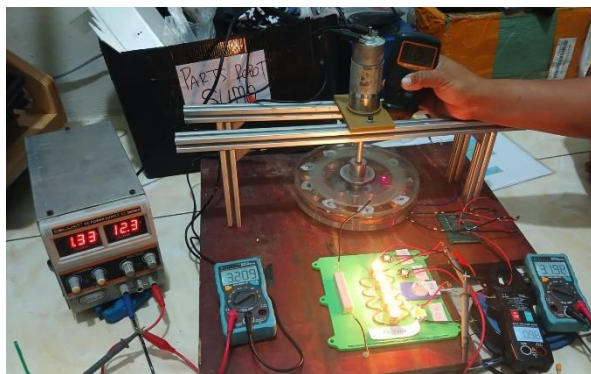


Gambar 8. Grafik Hasil Daya dari Pengujian *Generator*

Grafik menunjukkan hubungan hampir sejajar antara RPM dan tegangan *output*. Artinya, semakin cepat *generator* berputar, semakin besar tegangan yang dihasilkan. Pada grafik arus mengalami peningkatan, tetapi tidak berbentuk garis lurus. Pada RPM rendah, arus relatif kecil dan stabil, lalu mulai meningkat secara signifikan saat RPM berada di kisaran menengah hingga tinggi. Grafik daya menunjukkan kenaikan *output* yang semakin curam saat RPM meningkat. Hal ini konsisten dengan hukum daya karena tegangan serta arus meningkat seiring dengan peningkatan RPM, sehingga daya meningkat secara terus menerus pada kecepatan tinggi.

C. Pengujian *Generator* Dengan Beban Lampu

Pengujian ini akan dilakukan dengan memberikan beban beberapa variasi lampu led dan bohlam pijar. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memahami kinerja dan sifat keluaran *generator* dalam berbagai kondisi beban nyata.



Gambar 9. Pengujian *Generator* Dengan Beban Lampu

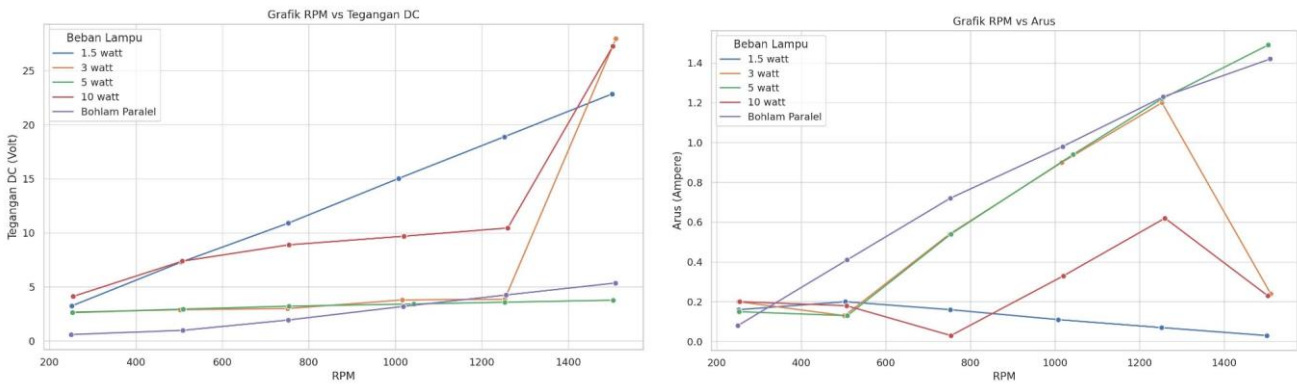
Selain itu, tujuan dari percobaan ini adalah untuk memastikan bahwa *generator* dapat menyediakan daya sesuai dengan kebutuhan berbagai jenis beban tanpa mengalami kedispan atau penurunan tegangan yang berlebihan.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Generator* Dengan Beban Lampu

RPM	Beban Lampu	Tegangan DC (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kondisi Lampu
252.1	1,5 watt	3.246	0.16	0.51936	Nyala
504.7		7.29	0.2	1.458	Nyala
752.6		10.9	0.16	1.744	Nyala

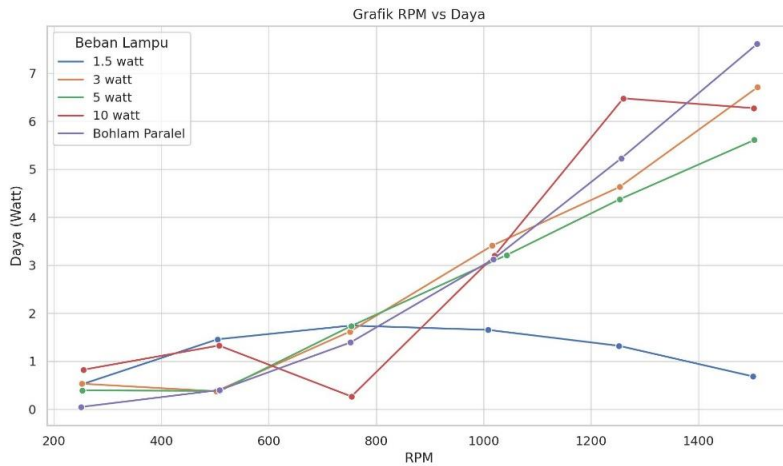
1008		15.04	0.11	1.6544	Nyala
1252		18.89	0.07	1.3223	Nyala
1501		22.85	0.03	0.6855	Nyala
251.7	3 watt	2.665	0.2	0.533	Nyala
502.3		2.888	0.13	0.37544	Nyala
750.8		2.996	0.54	1.61784	Nyala
1016		3.789	0.9	3.4101	Nyala
1253		3.86	1.2	4.632	Nyala
1510		27.96	0.24	6.7104	Mati
253.1	5 watt	2.619	0.15	0.39285	Nyala
509.1		2.942	0.13	0.38246	Nyala
753.8		3.216	0.54	1.73664	Nyala
1043		3.419	0.94	3.21386	Nyala
1253		3.585	1.22	4.3737	Nyala
1504		3.766	1.49	5.61134	Nyala
254.9	10 watt	4.12	0.2	0.824	Nyala
507.4		7.38	0.18	1.3284	Nyala
753.9		8.89	0.03	0.2667	Nyala
1020		9.69	0.33	3.1977	Nyala
1260		10.45	0.62	6.479	Nyala
1503		27.28	0.23	6.2744	Mati
250.2	Bohlam Paralel	0.594	0.08	0.04752	Mati
508.4		0.978	0.41	0.40098	Nyala
752.3		1.935	0.72	1.3932	Nyala
1018		3.192	0.98	3.12816	Nyala
1256		4.25	1.23	5.2275	Nyala
1509		5.36	1.42	7.6112	Nyala

Pada beban ringan seperti 1,5 watt, tegangan dan arus relatif stabil, namun cenderung menurun di RPM tinggi, sehingga pola daya menunjukkan naik lalu turun kembali. Untuk beban 3 watt dan 10 watt, terjadi kenaikan signifikan pada arus dan daya di RPM menengah hingga tinggi. Beban ini menunjukkan peningkatan daya yang baik di awal, tetapi ketika daya melebihi batas maksimum lampu (sekitar 6 hingga 7 watt), kondisi lampu berubah menjadi "mati", menunjukkan bahwa sistem tidak memiliki perlindungan terhadap kelebihan daya, sehingga lampu bisa rusak atau tidak menyala di atas batas dayanya. Beban 5 watt menunjukkan performa yang cukup baik dan stabil. Tegangan naik perlahan, arus bertambah sesuai kebutuhan beban, dan daya meningkat seiring dengan RPM tanpa menyebabkan lampu padam. Pada lampu DC paralel, arus yang dikonsumsi sangat tinggi, bahkan lebih besar dari semua beban lainnya. Hal ini menyebabkan kenaikan daya yang sangat signifikan pada RPM tinggi.



Gambar 10. Grafik Tegangan dan Arus Pada Setiap Beban

Grafik ini menunjukkan bahwa secara umum, tegangan DC meningkat seiring dengan kenaikan RPM pada semua jenis beban. Beban 1,5 watt menunjukkan peningkatan tegangan yang paling konsisten dan signifikan, hampir mencapai 23 volt saat RPM mencapai 1500. Beban 3 watt dan 10 watt memiliki peningkatan tegangan yang relatif rendah pada RPM rendah, namun meningkat tajam saat RPM meningkat. Bohlam paralel menunjukkan tegangan terendah pada RPM rendah, lalu menunjukkan peningkatan yang signifikan pada RPM yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik beban sangat mempengaruhi tegangan *output* di berbagai kecepatan. Arus menunjukkan tren yang sangat tergantung pada jenis beban. Beban 1,5 watt menunjukkan penurunan arus ketika RPM meningkat, menunjukkan bahwa beban ini ringan dan efisien. Sebaliknya, beban 3 watt, 5 watt, dan bohlam paralel menunjukkan peningkatan arus yang signifikan pada RPM menengah hingga tinggi. Bohlam paralel bahkan mengonsumsi arus lebih dari 1,4 A saat RPM mencapai 1500. Ini menunjukkan bahwa beban berat dan tipe paralel cenderung menyerap arus yang lebih besar saat tegangan suplai meningkat.



Gambar 11. Grafik Daya Dari Setiap Beban

Grafik daya menunjukkan peningkatan daya seiring dengan kenaikan RPM, tetapi ada perbedaan yang cukup signifikan antar jenis beban. Beban 1,5 watt mencapai daya maksimum di kisaran RPM 750–1000, namun menurun di RPM tertinggi, kemungkinan karena penurunan arus. Beban 3 watt dan 5 watt menunjukkan daya yang sangat tinggi, bahkan mendekati dan melebihi batas nominalnya, hingga menyebabkan lampu 3 watt mati saat RPM tinggi. Bohlam paralel menunjukkan peningkatan daya secara progresif dan cukup besar, menunjukkan karakteristik penyerapan daya yang tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah *Axial Flux Generator* sangat bermanfaat digunakan pada keperluan turbin angin dengan kecepatan angin rendah. Perancangan *generator* fluks aksial ini dimulai dengan melakukan perhitungan untuk menentukan banyaknya kumparan, lilitan, dan jumlah kutub *magnet*. Setelah didapatkan hasil perhitungan adalah melakukan desain bentuk kumparan, dimana pada penelitian ini digunakan bentuk kumparan seperti segi tiga yang ujungnya tumpul. Desain ini bertujuan untuk bereksperimen untuk membuat bentuk kumparan *generator* jenis baru. Pada penelitian ini diameter keseluruhan *generator* adalah 21 cm. Untuk bahan frame yang digunakan adalah akrilik bening untuk frame stator dengan tebal 2 cm dan untuk frame rotor dengan tebal 0,8 cm. Terdapat 9 kumparan yang diletakkan didalam frame stator dengan pembagian setiap sudutnya adalah 40°. Kumparan dikonfigurasi menjadi 3 fasa dimana pada ujung awal dirangkai menggunakan rangkaian star. Fungsi dari rangkaian star adalah untuk menyediakan titik netral pada konfigurasi *generator*. Jumlah *magnet* yang digunakan pada rotor berjumlah 12 *magnet* atau 6 kutub N-S. Setelah melakukan perancangan *axial flux generator*, selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk mengetahui daya *output* yang dihasilkan oleh *generator*. Pada penelitian ini dilakukan 3 pengujian diantaranya adalah pengujian *generator* tanpa beban, pengujian *generator* dengan beban resistor, dan pengujian dengan berbagai varian beban lampu. Pada pengujian generator tanpa beban hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika RPM naik dari sekitar 52 RPM ke 1506 RPM, tegangan *output* beranjak dari sekitar 0,48 V menjadi 21,6 V. Pada pengujian yang kedua yaitu dengan beban resistor tegangan keluaran DC meningkat perlahan seiring dengan bertambahnya RPM. Arus cenderung stabil dalam rentang 0,03 – 0,76 A. Untuk daya yang dihasilkan maksimal pada 1509 RPM yaitu 9,7 watt. Pada pengujian yang ketiga yaitu dengan menggunakan beban lampu bervariasi. Beban 1,5 watt menunjukkan peningkatan tegangan yang paling konsisten yaitu mencapai 23 volt. Beban 3 watt dan 10 watt memiliki peningkatan tegangan yang relatif rendah pada RPM rendah. Bohlam paralel bahkan mengonsumsi arus lebih dari 1,4 A saat RPM maksimal.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. N. Asean, S. Yana, A. Yulisma, And T. M. Zulfikar, “Manfaat Sosial Ekonomi Energi Terbarukan :,” Vol. Vii, No. 1, Pp. 2587–2600, 2022.
- [2] Kadek Rio Teguh Adnyana, “Jurnal Pacta Sunt Servanda,” *J. Pacta Sunt Servanda*, Vol. 3 Nomor 2, No. September, Pp. 32–41, 2022.
- [3] M. Rifa’i And E. Herraprastanti, “Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes,” *Repos. Sstr*, Vol. 4, No. 2, Pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/jtme/article/view/203%0ahttps://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/jtme/article/download/203/132>
- [4] F. Boubakar And A. Aissa, “An *Axial Flux Generator* For Wind Turbine In Autonomous Low-Power Production,” No. August, 2024, Doi: 10.57647/J.Mjee.2024.1802.39.
- [5] P. Irasari, P. Widiyanto, And M. F. Hikmawan, “Desain Dan Simulasi Gmp Fluks Aksial Berbasis Dimensi *Magnet* Permanen Komersil,” *Elkomika J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, Vol. 8, No. 3, P. 602, 2020, Doi: 10.26760/Elkomika.V8i3.602.
- [6] P. P. Pratama, W. Hadi, And W. Cahyadi, “Rancang Bangun *Generator Axial Flux* Permanent *Magnet* (Afpm) Multicakram 1 Fasa Dengan Kutub Berlawanan (N-S) Menggunakan *Magnet* Permanen Neodymium Iron Boron (Ndfb),” *Transmisi*, Vol. 23, No. 2, Pp. 58–67, 2021, Doi: 10.14710/Transmisi.23.2.58-67.
- [7] F. N. Qomariyah, W. Hadi, And W. Cahyadi, “Analisis Pengaruh Perbedaan Aluminium Dan Akrilik Sebagai Kerangka Penyusun *Generator Axial Flux* 12 Slot 8 Pole,” *J. Arus Elektro Indones.*, Vol. 8, No. 1, P. 8, 2022, Doi: 10.19184/Jaei.V8i1.28476.
- [8] N. Normansyah, “Rancang Bangun *Generator Magnet* Permanen 16 Kutub Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin,” *Electr. Netw. Syst. Sources*, Vol. 1, No. 2, Pp. 21–26, 2022, Doi: 10.58466/Entries.V1i2.1120.