

## Rancang Bangun Axial Flux Generator Magnet Permanen (Afpm) Untuk Meningkatkan Efisiensi Pada Turbin Angin

Ahmad Zaky Khadafi

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan  
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

[ahmadzakykhadafi@gmail.com](mailto:ahmadzakykhadafi@gmail.com)

### Abstrak

Salah satu upaya untuk membuat energi yang ramah lingkungan tanpa adanya polusi seperti halnya pembangkit energi yang membutuhkan bahan bakar fosil yaitu batu bara, minyak bumi, gas alam, minyak serpih dan lain sebagainya, yang membuat polusi udara semakin buruk, maka dibutuhkanlah pembangkit energi alternatif. Pada umumnya generator menghasilkan tegangan dengan putaran yang putaran rpm nya cukup tinggi, dan juga membutuhkan arus exciter untuk arus pemicu dalam menghasilkan tegangan. Sedangkan untuk energi baru terbarukan yakni PLTA (angin dan air) membutuhkan putaran yang rendah untuk menghasilkan energi listrik dikarenakan kecepatan angin yang tidak stabil kecepatannya dan debit air relatif yang rendah. Untuk memperoleh tegangan yang konstan dengan putaran yang rendah maka dibutuhkan generator kecepatan rendah yaitu Generator AFPM (Axial Flux Generator Magnet Permanent). Generator Axial Flux Permanen Magnet (AFPM) merupakan generator yang mampu menghasilkan tegangan yang relatif tinggi dengan putaran rendah. Pada penelitian ini penulis merancang generator Axial Flux Permanen Magnet (AFPM) 3 fasa dengan melakukan pengujian variasi putaran tanpa beban dan berbeban. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari generator terhadap perubahan nilai tegangan terhadap variasi putaran (rpm). Variasi putaran yang dilakukan berkisar 100-1000 rpm. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini dengan jumlah lilitan 125 lilitan yaitu pada kecepatan rendah, mampu menghasilkan tegangan dan arus sekitar 0,8 volt, 0,2 amper, pada kecepatan putar 100 rpm dan 27,7 volt, 2,15 amper variasi putaran tanpa pada kecepatan 1000 rpm. beban adalah 27,17 volt, Dan efisiensi yang dihasilkan untuk menghasilkan tegangan pada generator ini adalah sebesar 95%.

**Kata Kunci:** Renewable Energy, Generator, AFPM, Rotation Variation (rpm)

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri dan masyarakat dunia. Kebutuhan energi dipenuhi dengan fasilitas ekonomi dan teknologi yang semakin hari terus berkembang dan maju sehingga bahan bakar hasil bumi yang semakin hari semakin berkurang dan mahal harganya, serta dampak polusi yang tidak ramah lingkungan yang ditimbulkan akibat penggunaannya. Hal ini sangat mengganggu proses produksi dan distribusi energi listrik.

Untuk menanggulangi hal ini maka banyak penelitian yang mengkaji energi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar hasil bumi dengan pemanfaatan sumber energi lain. Untuk membangkitkan energi listrik dari energi alternatif yang ramah lingkungan biasanya tetap menggunakan generator untuk proses pembangkitan listrik. Generator dengan menggunakan magnet permanen sangat efisien untuk digunakan keperluan kincir angin atau air karena mampu bekerja baik pada kecepatan putar yang rendah (Hasyim Asyari, dkk 2013).

Penyusunan penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang penggunaan magnet permanen dalam pemanfaatannya untuk menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan magnet permanen sangat berguna dalam penerapan pembangkitan listrik skala kecil, karena generator magnet permanen mempunyai keunggulan, ketika hanya mendapatkan putaran rendah tetapi bisa menghasilkan energi listrik yang cukup besar. Perancangan generator axial flux magnet permanen ini menggunakan magnet jenis Neodymium (NdFeB atau Neo), dikarenakan magnet jenis ini mempunyai kerapatan fluks magnet yang sangat tinggi, sehingga sangat baik digunakan untuk merancang generator magnet permanen.

Dalam perancangan pembangkit listrik 100 watt ini generator magnet permanen digerakkan oleh turbin angin sebagai penggerak utama. Perancangan alat pembangkit listrik ini dirancang untuk dapat menghasilkan performa yang lebih baik pada turbin angin serta merta mencari efisiensi putaran untuk menghasilkan arus, tegangan, dan frekuensi

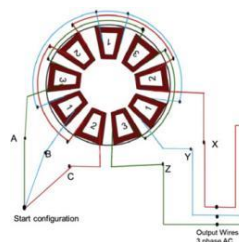
## 2. METODE PENELITIAN

### Perancangan Stator

Untuk merancang suatu belitan stator harus menentukan jumlah belitan stator. Belitan stator terdiri dari sejumlah belitan atau kumparan, yang diletakkan dalam alur-alur inti stator. Pada stator terdapat gulungan kawat yang akan memotong medan magnet pada saat magnet generator berputar. Diameter kawat tembaga atau kawat enamel yang digunakan pada perancangan generator fluks aksial 100 watt ini adalah ukuran 0.60 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 125 lilitan.

### Belitan Stator Fasa 3

Belitan tiga fasa pada dasarnya terdiri atas tiga kumparan serupa, yang tergeser  $120^\circ$  listrik. Untuk fasa R terdapat pada kumparan Z, fasa S terletak pada kumparan Y, dan untuk fasa T terletak pada kumparan X.



**Gambar 3.1 Perancangan Lilitan Stator Fasa 3 Hubung Bintang 9 Koil**

### Jumlah koil Stator

Setelah lilitan terbentuk berbentuk axial flux dengan jumlah lilitan sebanyak 125 lilitan, maka jumlah koil yang akan digunakan pada penelitian generator axial flux ini adalah sebanyak 9 koil (terlihat pada tabel 3.2) hal ini dikarenakan kita merancang generator ini menggunakan 12 kutub magnet permanen.

### Perancangan Rotor

#### Pembuatan Plat Rotor

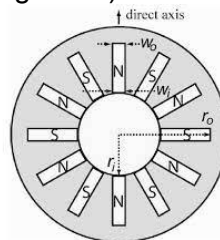
Pada proses ini plat yang digunakan adalah plat besi dengan tebal plat sebesar 0,47 cm berbentuk lingkaran yang berdiameter 8,83 cm.



**Gambar 3.2 Piringan Plat Rotor**

#### Perancangan Tata Letak Magnet *Neodymium (NdFeB)* Pada Piringan Plat Rotor

Pada proses ini jumlah magnet yang dipasang berjumlah 12 pcs dan diletakkan pada permukaan plat piringan rotor secara melingkar sehingga memenuhi permukaan piringan plat tersebut. Tata letak magnet *Neodymium* sendiri diletakkan secara berlawanan arah (bergantian) sisi-sisinya.



**Gambar 3.3 Tata Letak Magnet *Neodymium* Pada Piringan Rotor**

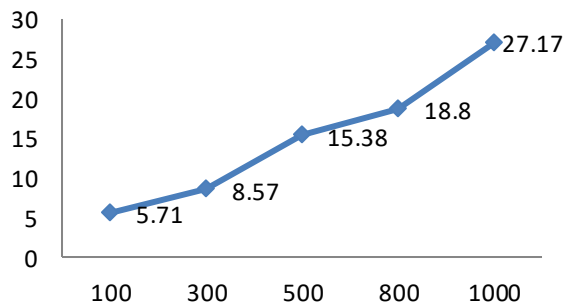
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Axial Flux Generator Magnet Permanen (AFPM) Tanpa Beban

N	Variasi Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)	Frekuensi(Hz)
1	100 rpm	5,71 volt	10 Hz
2	300 rpm	8,57 volt	30 Hz
3	500 rpm	15,38 volt	50 Hz
4	800 rpm	18,8 volt	80 Hz
5	1000 rpm	27,17 volt	100 Hz

Berdasarkan Tabel 4.2. Hasil pengujian tegangan dan frekuensi generator Axial Flux Generator Magnet Permanen (AFPM) tanpa beban diperoleh grafik.

**Putaran Rpm Terhadap Tegangan**



Gambar 4.1 kurva grafik menunjukkan perbedaan tegangan generator pada setiap pengukuran dan perhitungan yang dilakukan. Pada saat pengukuran dengan pengaturan Rpm yang berbeda yaitu 100,300,500,800,1000 rpm.

**Pengujian Axial Flux Generator Magnet Permanen (AFPM) dengan Beban**

NO	VARIASI PUTARAN (rpm)	OUTPUT			
		TEGANGAN MENGGUNAKAN BEBAN (V)		ARUS MENGGUNAKAN BEBAN (A)	
		18 WATT	35 WATT	18 WATT	35 WATT
1	100 rpm	5,71 volt	0,8 volt	0,4 amper	0,2 amper
2	300 rpm	8,57 volt	2,9 volt	0,8 amper	0,6 amper
3	500 rpm	15,38 volt	6,8 volt	1,24 amper	1,12 amper
4	800 rpm	18,8 volt	11,7 volt	1,89 amper	1,59 amper
5	1000 rpm	27,7 volt	13,9 volt	2,23 amper	2,15 amper

Tabel 4.2 Hasil pengujian tegangan generator Axial Flux Generator Magnet Permanen (AFPM) berbeban

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian pada generator, maka dapat di analisa efisiensi keluaran generator.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

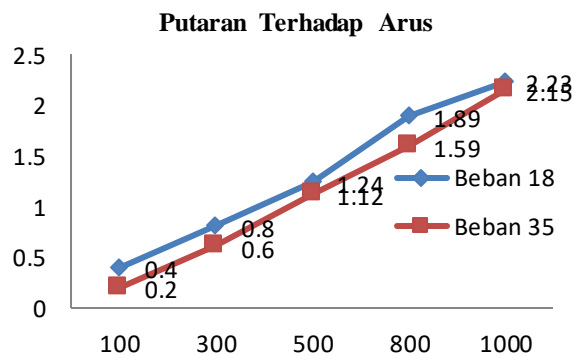
$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_L \cdot V_L \\
 P_{in} &= I_L \cdot E_g \\
 E_g &= I_L \cdot R + V_L \\
 P_{out} &= I_L \cdot V_L \\
 &= (1,24) \cdot (15,38) \\
 &= 19,07 \text{ watt} \\
 E_g &= I_L \cdot R + V_L \\
 &= (1,24) \cdot (0,64) + (15,38) \\
 &= 16,17 \text{ Volt} \\
 P_{in} &= I_L \cdot E_g \\
 &= (1,24) \cdot (16,17) \\
 &= 20,05 \\
 \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\
 \eta &= \frac{19,07}{20,05} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\eta = 95 \%$$

NO	VARIASI PUTARAN (rpm)	OUTPUT				EFFISIENSI
		TEGANGAN MENGGUNAKAN		ARUS MENGGUNAKAN		
		BEBAN (V)		BEBAN (A)		
		18 WATT	35 WATT	18 WATT	35 WATT	
1	100 rpm	5,71 volt	0,8 volt	0,4 ampere	0,2 ampere	95%
2	300 rpm	8,57 volt	2,9 volt	0,8 ampere	0,6 ampere	
3	500 rpm	15,38 volt	6,8 volt	1,24 ampere	1,12 ampere	
4	800 rpm	18,8 volt	11,7 volt	1,89 ampere	1,59 ampere	
5	1000 rpm	27,7 volt	13,9 volt	2,23 ampere	2,15 ampere	

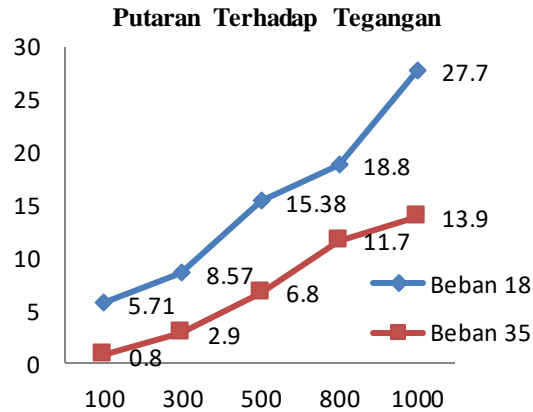
Tabel 4.3. Hasil pengujian tegangan generator Axial Flux Generator Magnet Permanen (AFPM) berbeban

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.4 diperoleh hubungan grafik antara kecepatan terhadap arus beban 18 watt dan 35 watt.



Gambar 4.2 Grafik karakteristik putaran Rpm Generator Axial Flux magnet Permanent terhadap Arus output generator dengan beban

Gambar 4.2 kurva grafik menunjukkan perbedaan arus generator pada setiap pengukuran terhadap beban yang berbeda-beda. Yang dimana saat putaran 100 rpm pada beban 18 watt menghasilkan arus sebesar 0,4 ampere. Pada saat putaran 100 rpm pada beban 35 watt menghasilkan arus sebesar 0,2 ampere, pada putaran 300 rpm pada beban 18 watt menghasilkan arus sebesar 0,8 ampere, pada putaran 300 rpm pada beban 35 watt menghasilkan arus sebesar 0,6 ampere, pada putaran 500 rpm pada beban 18 watt menghasilkan arus sebesar 1,24 ampere, pada putaran 500 rpm pada beban 35 watt menghasilkan arus sebesar 1,12 ampere, pada putaran 800 rpm pada beban 18 watt menghasilkan arus sebesar 1,89 ampere, pada putaran 800 rpm pada beban 35 watt menghasilkan arus sebesar 1,59 ampere, pada putaran 1000 rpm pada beban 18 watt menghasilkan arus sebesar 2,23 ampere, pada putaran 1000 rpm pada beban 35 watt menghasilkan arus sebesar 2,15 ampere.



Gambar 4.3 Grafik karakteristik putaran Rpm Generator Axial Flux magnet Permanent terhadap Tegangan output generator dengan beban

Gambar 4.3 kurva grafik menunjukkan perbedaan tegangan generator pada setiap pengukuran terhadap beban yang berbeda-beda. Yang dimana saat putaran 100 rpm pada beban 18 watt menghasilkan tegangan sebesar 5,71 volt. Pada saat putaran 100 rpm pada beban 35 watt menghasilkan tegangan sebesar 0,8 volt, pada putaran 300 rpm pada beban 18 watt menghasilkan tegangan sebesar 8,57 volt, pada putaran 300 rpm pada beban 35 watt menghasilkan tegangan sebesar 2,9 volt, pada putaran 500 rpm pada beban 18 watt menghasilkan tegangan sebesar 15,8 volt, pada putaran 500 rpm pada beban 35 watt menghasilkan tegangan sebesar 6,8 volt, pada putaran 800 rpm pada beban 18 watt menghasilkan tegangan sebesar 18,8 volt, pada putaran 800 rpm pada beban 35 watt menghasilkan tegangan sebesar 11,7 volt, pada putaran 1000 rpm pada beban 18 watt menghasilkan tegangan sebesar 27,7 volt, pada putaran 1000 rpm pada beban 35 watt menghasilkan tegangan sebesar 13,9 volt.

#### 4. KESIMPULAN

1. Pengaruh putaran rotor terhadap gulungan stator sangat mempengaruhi besar kecilnya nilai arus serta tegangan yang dikeluarkan oleh generator Axial Flux Magnet Permanent (AFPM). Semakin besar putaran rotor maka semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan.
2. Semakin banyak jumlah lilitan, semakin baik kinerja generator magnet permanen fluks aksial tiga fasa
3. Dengan menggunakan generator axial flux magnet permanent (AFPM) maka efisiensinya cukup besar yaitu 95% dalam menghasilkan tegangan.

#### 5. REFERENSI

- Hutasuhut, A. A., & Pasaribu, F. I. (2017, September). Design of motor induction 3-Phase from waste industry to generator for microhydro at isolated village. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 237, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Muharnif, M., Umuani, K., & Nasution, F. A. (2022). Analisis Termoelektrik Generator (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Bersekala Kecil Terhadap Perbedaan Temperatur. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 26-32.
- Nur, T., Joe, L. E., Siregar, M., Joe, L. E., & Siregar, M. (2020). Novel of cogging torque reduction technique for permanent magnet generator by compounding of magnet edge shaping and dummy slotting in stator core. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 10(3), 1191-1199.
- Rimbawati, R., Harahap, P., & Putra, K. U. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu). *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, 2(1), 37-44.

- Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., & Muharnif, M. (2018). MODIFIKASI MOTOR INDUKSI TIGA PHASA SISA PAKAI INDUSTRI MENJADI HYDROELECTRIC GENERATOR UNTUK PLTMH. *Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen*, 1(1).
- Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., & Muharnif, M. (2018). MODIFIKASI MOTOR INDUKSI TIGA PHASA SISA PAKAI INDUSTRI MENJADI HYDROELECTRIC GENERATOR UNTUK PLTMH. *Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen*, 1(1).
- Siregar, A. M., & Isranuri, I. (2016). Studi Eksperimental Variasi Tipe Rotor Terhadap Amplitudo Getaran Poros Turbin Angin Sumbu Vertikal Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *Jurnal Teknik dan Teknologi*, 11(22), 45-51.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).
- Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2019, November). Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- Zulfikar, P. H., & Laksono, H. A. (2019). Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc. *Jurnal Rele: Jurnal Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2(1).
- Zulfikar, P. H., & Laksono, H. A. (2019). Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc. *Jurnal Rele: Jurnal Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2(1).