

Rancang Bangun Generator Permanen Magnet Satu Fasa dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dual Rotor

Garindra Abdu 'Alimil Haqq
Garindra97@gmail.com
Universitas Jember

Triwahju Hardianto
Triwahju.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Bambang Sujanarko
sujanarko.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Generator permanen magnet tipe fluks aksial (GMPFA) mempunyai manufaktur sederhana karena hanya rotor dan stator yang sejajar satu sama lain. GMPFA cocok untuk penghasil listrik tenaga angin dikarenakan memiliki efisiensi yang bagus dalam menghasilkan energi listrik dan juga dapat mengurangi kebisingan. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet *Neodymium Iron Boron*. Jumlah slot dan pole untuk desain yang dibuat adalah 12 slot dan 24 pole generator menggunakan kumparan berukuran 0,15 mm dan 0,4 mm dimana setiap kumparan pada masing-masing slot terdiri dari 2000 lilitan untuk ukuran 0,15 mm dan untuk ukuran 0,4 mm berjumlah 350. Pengujian pertama untuk mengukur tahanan lampu bohlam. Variasi beban digunakan pada masing-masing kumparan adalah lampu bohlam sebesar 15, 25, 40, dan 75 Watt dengan penyetelan sekitar 1000 rpm pada setiap kumparan. Nilai yang dihasilkan pada generator saat kondisi 0,15 mm tanpa beban mulai dari 27,43 sampai 220 Volt dengan kondisi lampu semakin besar lampu akan redup dikarekan berpacu pada rpm 1000. Saat kondisi 0,4 mm maka nilai yang didapat tanpa beban adalah 6 sampai 60 Volt dengan kondisi berbeban lampu yang dihasilkan tidak terang hanya redup bahkan mati saat kondisi 40 watt dikarekan berpacu pada rpm 1000.

Kata Kunci — Energi terbarukan, Generator, Fluk aksial, Dual rotor

Abstract

The axial flux type permanent magnet (GMPFA) generator has simple and compact manufacturing as only the rotor and stator are parallel to each other. GMPFA is very suitable for producing wind power because this type of generator has good efficiency in producing electrical energy and can also reduce noise in the generator itself. The permanent magnets used are *Neodymium Iron Boron* magnets. The number of slots and poles for the design made is 12 slots and 24 pole generators use a coil measuring 0.15 mm and 0.4 mm where each coil in each slot consists of 2000 turns for a size of 0.15 mm and for a size of 0.4 mm, totaling 350 turns. The first test is to measure the resistance of a bulb lamp. Variations in the load used on each coil are light bulbs of 15 watts, 25 watts, 40 watts and 75 watts with rpm settings in the range of 1000 rpm on each coil. The resulting value in the generator at 0.15 mm at no load starts from 27.43 to 220 volts with the condition of the lamp the bigger the lamp will be dim because it is racing at 1000 rpm. When the condition is 0.4 mm, the value obtained without load is 6 volts. up to 60 volts

with the resulting light load conditions are not bright, only dim and even die when the 40 Watt condition is due to racing at 1000 rpm.

Keywords — Renewable Energy, Generators, Axial Flux, Dual Rotors.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi telah menjadi salah satu kebutuhan primer atau pokok pada hampir seluruh masyarakat dunia. Tren pertumbuhan dan kebutuhan energi juga semakin meningkat setiap tahunnya. Ketergantungan terhadap kebutuhan energi juga tidak dapat terlepas dari peran serta alat elektronik yang digunakan hampir pada seluruh bidang yang ada. Semakin banyaknya peralatan elektronik yang digunakan, maka kebutuhan untuk menunjang fungsi pemakaian alat elektronik juga semakin meningkat, yang dalam hal ini adalah kebutuhan energi.

Penggantian energi fosil ke energi terbarukan perlu dilakukan karena untuk mengurangi kerusakan alam yang serius. Energi terbarukan banyak macam nya mulai dari energi air laut, panas bumi, perubahan konversi suhu ke listrik, air dan angin. Indonesia memiliki potensi yang baik pada energi angin untuk menghasilkan energi listrik karena memiliki kecepatan yang tidak begitu besar (membahayakan), namun ini tidak di imbangi oleh tingginya efisiensi yang bagus pada generator untuk menghasilkan listrik tersebut. Sebagai sumber energi listrik alternatif perlunya pengembangan terhadap generator, dimulai dari mendapatkan listrik dengan kecepatan rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah.

Generator permanen magnet tipe fluks aksial (GMPFA) mempunyai manufaktur sederhana dan ringkas karena hanya rotor dan stator yang sejajar satu sama lain dengan pengaturan airgap yang lebih mudah untuk dapat menghasilkan tegangan pada keluaran generator, karena besaran fluk yang melewati kumparan akan semakin besar. GMPFA ini sangat cocok untuk penghasil listrik tenaga angin dikarenakan generator tipe ini memiliki efisiensi yang bagus dalam menghasilkan energi listrik tersebut dan juga dapat mengurangi kebisingan pada generator itu sendiri. Perancangan generator

menggunakan magnet permanen *Neodymium Iron Boron* karena memiliki kualitas magnet terbaik diantara magnet permanen lainnya.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pembahasan tentang perancangan generator permanen magnet fluk aksial dengan daya 50 Watt dua rotor.

A. Perencanaan Rotor

Dalam perancangan generator perlunya ada dimensi dari keliling rotor yang dihitung untuk menunjang dari pencapaian yang diinginkan seperti berikut

1. Perhitungan Jarak Antar Magnet

$$Tf = \sin 25^\circ \cdot b$$

Keterangan:

Tf = jarak antar magnet (cm)

B = panjang magnet (cm)

2. Perhitungan Keliling Rotor

$$Kr = (Tf \cdot p) + (a \cdot p)$$

Keterangan:

Kr = keliling rotor (cm)

Tf = jarak antara magnet (cm)

a = lebar magnet (cm)

p = pole (jumlah magnet/ kutub rotor)

Setelah didapatkan nilai dari keliling rotor dengan perhitungan di atas lalu dapat di hitung berapa banyak lilitan yang akan digunakan dengan rumus di bawah ini:

1. Kuat Magnet

$$B_{max} = B_r \frac{l_m}{l_m + \delta} \tag{1}$$

Keterangan :

B_r = Kerapatan fluks (T)

l_m = Tinggi magnet (m)

δ = Lebar celah udara (m)

B_{max} = Fluks magnet maksimal (T)

2. Luas Magnet

$$A_{magn} = P \cdot l \tag{2}$$

Keterangan

A_{magn} = luasan magnet (m²)

P = Panjang (Cm)

l = Lebar (Cm)

3. Fluk Maksimum

$$\Phi_{max} = A_{magn} \times B_{max} \tag{3}$$

Keterangan :

A_{magn} = luasan magnet (m²)

B_{max} = Fluks magnet maksimal (T)

Φ_{max} = Fluks maksimum (Wb)

4. Tegangan Yang Dibangkitkan

$$E_{rms} = 4,44 \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}} \tag{4}$$

Keterangan.

E_{rms} = Tegangan Yang Di Bangkitkan (V)

N = Jumlah Lilitan (M)

f = Frekuensi (Hz)

Φ_{max} = Fluks Maksimum (Wb)

N_s = Jumlah Kumparan

N_{ph} = Jumlah Fasa

5. Daya Keluaran

$$P = V \cdot I \tag{5}$$

Keterangan :

P = Daya Yang Dihasilkan (Watt)

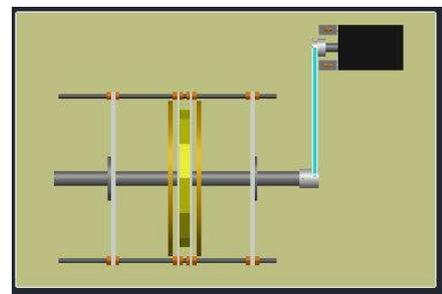
V = Tegangan Yang Dikeluarkan (Volt)

TABEL I
PARAMETER SPESIFIKASI GENERATOR

Parameter	Nilai
Daya	50 watt
Tegangan induksi	220 volt
Fasa	1
Frekuensi	100 Hz
Kecepatan	1000 rpm

B. Diagram Blok Sistem Keseluruhan dan Desain Alat

Pada Gambar 1 menunjukkan perancangan alat yang akan digunakan dan Gambar 2 merupakan blok diagram penelitian. Dari Gambar 1 diketahui bahwa generator menggunakan dua rotor dan satu kumparan dengan penggerak oleh motor ac.



Gbr. 1 Desain Alat yang akan Diteliti



Gbr. 2 Blok Diagram Penelitian

Seperti yang dilihat pada Gambar 1, motor AC digunakan untuk memutar Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa untuk menghasilkan listrik. Pada Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa menggunakan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) berjumlah 2 buah pada rotor dengan 28 buah magnet dan 12 buah kumparan pada stator. Pada Generator Magnet Permanen berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa ini menggunakan stator tunggal dan rotor ganda untuk menghasilkan listrik. Diharapkan listrik yang dihasilkan memiliki gelombang sinus yang baik. Kemudian pada sistem akan dilakukan pengujian dengan beberapa variasi beban dengan parameter pengukuran berupa arus, tegangan dan kecepatan rotasi permenit (rpm) serta menampilkan bentuk gelombang sinus menggunakan osiloskop. Pada pengukuran arus dan tegangan menggunakan AVO meter serta kecepatan menggunakan Tachometer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan membahas mengenai percobaan yang telah dilakukan serta pengujian keseluruhan sistem yang dilanjutkan dengan menganalisa hasil data yang telah didapatkan pada perancangan Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe fluks aksial terlebih dahulu mendisain bentuk dari generator tersebut dengan dua rotor.

A. Perancangan Generator Permanen Magnet 1 Fasa Tipe Fluks Aksial

Pada perancangan ini dilakukan untuk mengetahui nilai jumlah lilitan yang akan digunakan pada generator tersebut.

Fluk maksimum pada ukuran 0.15 mm

$$A_{mag} = 3 \cdot l = 0,03 \text{ m}^2$$

$$B_{mag} = 0,01393 \cdot \frac{0,5}{0,5+0,5} = 0,006965 \text{ T}$$

$$\phi_{max} = A_{magn} \times B_{max} = 0,03 \times 0,006965 \text{ T} = 0,00020895 \text{ T}$$

Fluk maksimum pada ukuran 0.4 mm

$$B_{mag} = 0,01884 \cdot \frac{0,5}{0,5+0,5} = 0,010467 \text{ T}$$

$$\phi_{max} = A_{magn} \times B_{max} = 0,03 \times 0,010467 \text{ T} = 0,000314 \text{ T}$$

Lalu mencari nilai lilitan yang digunakan Saat menggunakan kawat email 0.15 mm

$$220 = 4,44 \cdot 100 \cdot N_r \cdot 0,00020895 \cdot 12$$

$$220 = 0,11132856 \cdot N_r$$

$$N_r = 220 / 0,11132856$$

$$N_r = 1976,13 \text{ lilitan}$$

Saat menggunakan kawat email 0.4 mm

$$60 = 4,44 \cdot 100 \cdot N_r \cdot 0,000314 \cdot 12$$

$$60 = 0,1672992 \cdot N_r$$

$$N_r = 60 / 0,1672992$$

$N_r = 358,6$ lilitan

Dari data yang didapat maka spesifikasi generator dapat diketahui berdasarkan Tabel 2 dan 3

TABEL II
DATA SPESIFIKASI GENERATOR

Parameter	Lambang	Nilai
Kerapatan Fluks Magnet	Br	0,01393 T
		0,01884 T
Dimensi Magnet:	a. Panjang Magnet	P 3 Cm
	b. Tinggi Magnet	T 0.5 Cm
	c. Lebar Magnet	L 1 Cm
Jumlah Magnet	Nm	24
Jumlah Kumparan	Ns	12
Jumlah Fasa	Nph	1
Jumlah Lilitan	N	2000
		350

TABEL III
DATA DIMENSI

Dimensi generator	Nilai pengukuran
Radius Inner (SR_i)	50 mm
Radius Outer (SR_o)	80 mm
Radius Inner (SR_i) Stator	30 mm
Radius Outer (SR_o) Stator	80 mm
Radius Keseluruhan Rotor	90 mm
Celah Udara (<i>air gap</i>)	5 mm
Tebal Rotor (dc)	5 mm

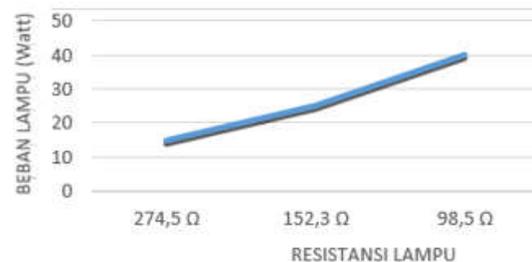
B. Pengujian Nilai Tahan Lampu Bohlam

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan yang di gunakan pada setiap lampu yang digunakan (Tabel 4).

TABEL IV
DATA PENGUJIAN NILAI TAHAN LAMPU BOHLAM

Nilai Daya Lampu Bohlam	Nilai Resistansi Lampu
15 watt	274,5 Ω
25 watt	152,3 Ω
40 watt	98,5 Ω

Dari data yang ada diketahui bahwa semakin besar nilai daya lampu maka semakin besar nilai tahanan yang didapatkan (Gambar 3).



Gbr. 3 Grafik Resistansi Lampu

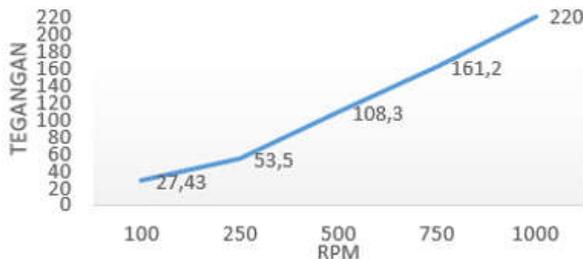
C. Pengujian Generator tanpa Beban Kawat Email 0.15 mm

Data ini didapatkan dengan penggunaan tanpa beban dengan variasi rpm yang ditunjukkan pada Tabel 5.

TABEL V
DATA PENGUJIAN NILAI TEGANGAN KAWAT 0.15 MM

Kecepatan (RPM)	Tegangan (Volt)
100	27.43
250	53.5
500	108.3
750	161,2
1000	220

Dari data yang ada di ketahui bahwa nilai tegangan mengikuti nilai RPM yang semakin meningkat (Gambar 4).



Gbr. 4 Grafik Nilai Tegangan dengan Variasi RPM

D. Pengujian Keluaran Tegangan dengan Kawat 0.15 mm

TABEL VI
DATA PENGUJIAN NILAI TEGANGAN KAWAT 0.15 MM

Kecepatan (RPM)	lampu (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
1000	15	116.4	0.08	9.31
1000	25	61.16	0.08	4.89
1000	40	32.08	0.08	2.57

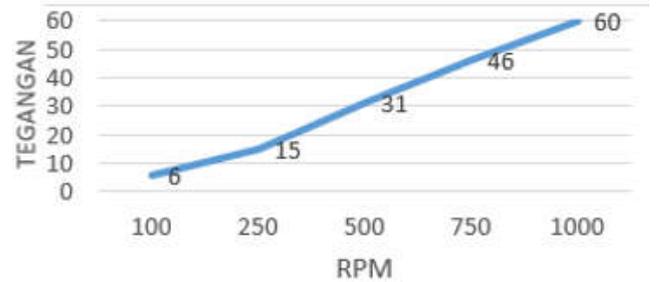
Dari data yang didapat dengan RPM yang sama didapatkan nyala lampu yang semakin redup dikarenakan tegangan yang di hasilkan tidak sampai 220 volt (Tabel 6).

E. Pengujian Generator tanpa Beban Kawat Email 0.4 mm

TABEL VII
DATA PENGUJIAN TANPA BEBAN DENGAN KABEL 0,4 MM

Kecepatan (RPM)	Tegangan (Volt)
100	6
250	15
500	31
750	46
1000	60

Dari data Tabel 7 memiliki perbandingan yang sama dengan kawat email 0,4 mm yaitu saat RPM naik maka nilai tegangan juga naik (Gambar 5).



Gbr. 5 Pengujian Tanpa Beban dengan Kabel 0,4 mm

F. Pengujian Keluaran Tegangan dan Arus Kawat Email 0,4 mm

TABEL VIII
DATA NILAI YANG DIHASILKAN OLEH GENERATOR DENGAN BEBAN

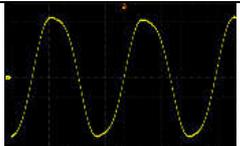
Kecepatan (RPM)	lampu (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
1000	15	60	0,03	1,8
1000	25	62	0,04	2,48
1000	40	58	0,06	3,48

Dari data (Tabel 8) yang didapat dengan RPM yang sama didapatkan nyala lampu yang semakin tidak menyala dikarenakan tegangan yang di hasilkan tidak sampai 220 Volt yaitu hanya sampai 60 Volt dengan RPM yang sama.

G. Hasil Osiloskop yang Didapat tanpa Beban Kawat Email 0,15 mm

TABEL IX
DATA NILAI YANG DIHASILKAN OLEH GENERATOR DENGAN BEBAN

Kecepatan (RPM)	Bentuk gelombang
100	
250	
500	

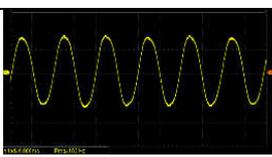
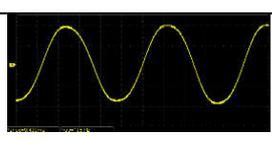
750	
1000	

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa nilai frekuensi didapat dari hasil putar generator semakin tinggi RPM yang di hasilkan maka nilai frekuensi juga akan semakin besar sehingga ini berbanding lurus antara RPM dan frekuensi.

Pada gambar keluaran tanpa beban dengan kawat email 0.15 (Tabel 9) didapatkan bahwa bentuk gelombang pada osiloskop dengan volt/div yang di atur sebesar 4-6 kotak ini berbeda dikarenakan semakin besar nilai rpm yang di uji maka bentuk gelombang juga besar dan nilai ini juga mempengaruhi dari nilai perhitungan frekuensi yang dihasilkan oleh gelombang dengan perbedaan rpm.

H. Hasil Pengujian Berbeban dengan Kabel o.15 mm

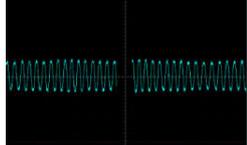
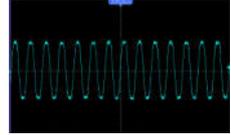
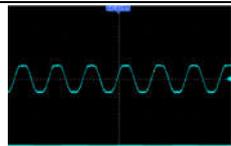
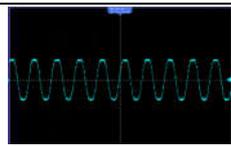
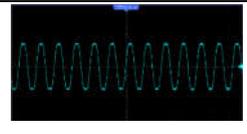
TABEL X
DATA HASIL OSILOSOP PADA KAWAT 0,15 MM DENGAN MENGGUNAKAN BEBAN

Rating baban lampu watt	Bentuk gelombang
15	
25	
40	

Pada gambar keluaran berbeban dengan kawat email 0.15 (Tabel 10) didapatkan bahwa bentuk gelombang pada osiloskop dengan volt/div yang di atur sebesar 3-4 kotak, ini berbeda dikarenakan semakin besar nilai beban yang digunakan diperlukan perubahan rpm yang mana untuk menghasilkan pada kondisi rpm 1000.

I. Hasil Pengujian Keluaran Tanpa Beban denga Kabel Email 0,4 mm

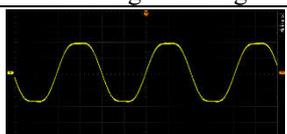
TABEL XI
DATA HASIL OSILOSOP PADA KAWAT 0,15 MM DENGAN MENGGUNAKAN BEBAN

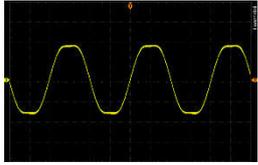
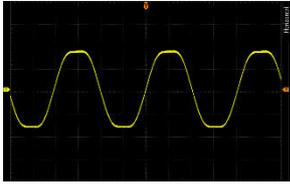
Kecepatan (RPM)	Bentuk gelombang
100	
250	
500	
750	
1000	

Pada gambar keluaran tanpa beban dengan kawat email 0.4 (Tabel 11) didapatkan bahwa bentuk gelombang pada osiloskop dengan volt/div yang di atur sebesar 3-4 kotak ini berbeda dikarenakan semakin besar nilai rpm yang di uji maka bentuk gelombang juga besar dan nilai ini juga mempengaruhi dari nilai perhitungan frekuensi yang dihasilkan oleh gelombang dengan perbedaan rpm namun nilai ini berbeda saat kondisi kawat email 0,15 dikarenakan dari perhitungan ini juga dapat menghitung tegangan yang dihasilkan oleh generator tersebut.

J. Hasil Pengujian Keluaran Berbeban dengan Kabel Email 0,4 mm

TABEL XII
DATA KELUARAN BERBEBAN DENGAN KABEL EMAIL 0,4 MM

baban lampu watt	Bentuk gelombang
15	

25	
40	

Pada gambar keluaran berbeban dengan kawat email 0.15 (Tabel 12) didapatkan bahwa bentuk gelombang pada osiloskop dengan volt/div yang di atur sebesar 4 kotak, ini berbeda dikarenakan semakin besar nilai beban yang digunakan diperlukan perubahan rpm yang mana untuk menghasilkan pada kondisi rpm 1000 dan bentuk gelombang ini dihasilkan dengan kotak yang lebih kecil dikarenakan tegangan yang di hasilkan oleh kawat email ini adalah sebesar 60 volt sehingga gelombang yang di hasilkan oleh osiloskop kecil.

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada rancang bangun generator tersebut maka dapat di ambil kesimpulan bahwa:

1. Penelitian ini berjudul tentang rancang bangun generator permanen magnet 1 fasa tipe fluk aksial dua rotor keluaran hasil tegangan sebesar 220 Volt tanpa beban. Jumlah *slot* dan *pole* untuk desain yang dibuat adalah 12 slot dan 24 pole. Setiap kumparan pada masing- masing *slot* terdiri dari 2000 lilitan dengan diameter kawat 0,15 mm dan untuk kumparan yang satunya mengunakan masing- masing *slot* terdiri dari 300 lilitan dengan diameter kawat 0,4 mm.
2. Penggunaan lilitan yang semakin banyak dapat mempengaruhi nilai besaran tegangan yang keluar pada generator dengan kondisi tanpa beban, namun semakin

besar diameter kawat email yang digunakan maka akan semakin besar pula nilai arus yang dihasilkan ini dibuktikan dari perhitungan nilai E_{rms} sehingga nilai tegangan ditentukan dari semakin banyak lilitan yang digunakan.

3. Pada pengujian generator permanen magnet dengan tanpa beban menghasilkan tegangan semakin besar seiring semakin besar nilai kecepatan generator. Pada saat penambahan variasi beban didapatkan hasil pengujian semakin besar nilai kecepatan putaran generator maka tegangan, arus dan daya yang dihasilkan semakin besar.

REFERENSI

- [1] Abdillah Wijaya, ardhians. dkk.,2016. Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung
- [2] Budiman A. dkk. 2012. Desain generator magnet permanen untuk sepeda listrik. Surakarta: Universitas Surakarta.
- [3] Chapman, S.J., 2002, Electric Machinery and power system Fundamentals international edition, McGraw-Hill Companies, Amerika
- [4] Hendershoot, J.R & Miller, T., 1994, Design of Brushless Permanent-Magnet Motor, Magna Physics Publishing and Clarendon Press, Oxford.
- [5] Pasca Atmojo, Andre. 2011. Analisis unjuk kerja rancang bangun generator axial cakram tunggal sebagai pembangkit turbin angin poros vertical tipe savonius. Jakarta Universitas Indonesia
- [6] Pradipta dkk. 2015. Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [7] Prasetyo, Hari.dkk. 2012. Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. Purwokerto Universitas Jenderal Soedirman
- [8] Soehada S, Ach Maulana. 2017. Efek air gap rancang bangun dan uji performa generator listrik fluks aksial berbasis magnet permanen NdFeB, Tanggerang Selatan: Universitas Pamulang.
- [9] Sofian, Edy. 2011. Studi bentuk rotor magnet permanen pada generator sinkron magnet permanen fluks aksial inti stator. Jakarta: Universitas Indonesia
- [10] Umami M. I. dkk., 2017. Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Jenis Neodymium Iron Boron Untuk PLTB Daya 500 Watt Menggunakan Perangkat Lunak MagNet Infolytica. Mataram: Universitas Mataram.
- [11] Gieras J.F.2002. Axial flux permanent magnet brushless machines, 2nd edition, Springer-Verlag.
- [12] Wijaya, F. Danang. 2014. Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- [13] Rambey, M. Faiz. 2017. Deskripsi Singkat Kurva Histerisis. [online]. <https://medium.com/@m.faizrambey/deskripsi-singkat-kurva-histerisis-4543360d287c> (diakses 27 desember 2017)

