

MODIFIKASI MOTOR BRUSHLESS DC MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN FLUKS RADIAL PUTARAN RENDAH

Dhea Gemilang Ramdhany¹, Nurul Hiron², Nundang Busaeri³
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia^{1,2,3}
Email: dheagemilang27@gmail.com¹

Abstract

Research on power generation continues to grow along with the increasing demand for electrical energy. Utilization of renewable energy sources such as wind power, hydro power, ocean wave power and ocean current power requires a low-speed electric generator without additional excitation to produce electrical energy. Permanent magnet synchronous generator (PMSG) is a generator whose excitation field is generated by a permanent magnetic field. This generator has the advantage of being able to operate at low and high rotations and has a better level of efficiency compared to induction generators. The use of PMSG can be obtained by utilizing the BLDC motor of a used single-tube washing machine. The specifications for the outer rotor type BLDC motor have a stator coil in the form of an iron-core gear, totaling 36 coils with 1 x 12 3-phase coil wiring, consisting of 90 turns per coil with a wire cross-sectional diameter of 0.8 mm, made of aluminum with concentrated winding type. The rotor has 12 permanent magnet rods made of Barium ferrite (BaO 6Fe₂O₃). The construction of the BLDC and PMSG motors has a similarity where the rotor has a permanent magnet, so that the BLDC motor can be considered to be applied as a generator. The test results of the BLDC generator can generate 855 VA of electric power at a rotational speed of 1300 RPM, the working voltage of the generator is 200 VAC neutral-phase, 350 VAC phases with an efficiency of 68.2%.

Keywords: Permanent magnet synchronous generator (PMSG), BLDC motor, power plant.

Abstrak

Penelitian pembangkit listrik terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik. Pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti tenaga angin, tenaga air, tenaga gelombang laut serta tenaga arus laut memerlukan generator listrik putaran rendah tanpa eksitasi tambahan untuk dapat menghasilkan energi listrik. Generator sinkron magnet permanen (PMSG) merupakan generator yang medan eksitasinya dihasilkan oleh medan magnet permanen. Generator ini memiliki keunggulan dapat beroperasi pada putaran rendah serta tinggi memiliki tingkatan efisiensi yang lebih baik dibanding dengan generator induksi. Penggunaan PMSG bisa didapat dengan memanfaatkan motor BLDC mesin cuci bekas tipe satu tabung. Spesifikasi motor BLDC tipe outer rotor memiliki kumparan stator berbentuk roda gigi berinti besi berjumlah 36 coil dengan wiring 1 x 12 coil 3 fasa, terdiri 90 lilitan tiap coil dengan diameter penampang kawat 0,8 mm, berbahan aluminium dengan jenis belitan concentrated. Rotor memiliki 12 batang magnet permanen berbahan Barium ferrite (BaO 6Fe₂O₃). Secara konstruksi motor BLDC dan PMSG memiliki sebuah kemiripan dimana pada bagian rotornya terdapat magnet permanen, sehingga motor BLDC dapat dipertimbangkan untuk diaplikasikan sebagai generator. Hasil pengujian generator dari BLDC dapat membangkitkan daya listrik sebesar 855 VA pada kecepatan putar 1300 RPM, tegangan kerja generator sebesar 200 VAC fasa-netral, 350 VAC fasa-fasa dengan efisiensi sebesar 68,2 % .

Kata Kunci: Generator sinkron magnet permanen (PMSG), motor BLDC, pembangkit listrik.

I. PENDAHULUAN

Generator listrik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang berbasis pada induksi magnet. Prinsip kerja dari generator sesuai hukum Faraday ialah elektromagnetisme hubungan antara perubahan medan magnet terhadap suatu kumparan yang menciptakan Gaya Gerak Listrik [1].

Generator sinkron magnet permanen (PMSG) ialah mesin listrik berputar dengan tiga fasa stator klasik semacam generator induksi pada umumnya. Magnet permanen dapat terpasang pada permukaan maupun tertanam pada rotornya. Generator dengan magnet permanen memiliki tingkatan efisiensi yang lebih baik dibanding dengan generator induksi, sebab tidak terdapat rugi-rugi eksitasi yang dihasilkan [2].

Penggunaan generator sinkron magnet permanen (PMSG) selain beli dipasaran bisa juga dengan memodifikasi motor BLDC mesin cuci bekas. Mesin cuci yang digunakan berjenis satu tabung. Bentuk stator yang digunakan seperti roda gigi berjumlah 36 coil dengan formasi kumparan 1 x 12 coil tipe belitan satu lapis (*Concentrated Windings*). Motor BLDC berjenis *Outer Rotor* dengan magnet permanen

berjumlah 12 buah menempel secara radial dipermukaan bagian dalam plat roda, sehingga medan magnet yang dihasilkan akan menginduksi kumparan secara terpusat. [3].

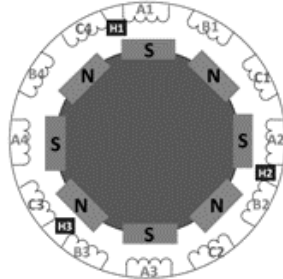
Secara konstruksi mesin BLDC dan PMSG memiliki sebuah kemiripan dimana pada bagian rotornya terdapat magnet permanen, sehingga motor BLDC dapat dipertimbangkan untuk diaplikasikan sebagai generator. Modifikasi yang dilakukan berfokus pada sistem induksi kumparan yaitu merubah formasi kumparan stator 1 x 12 coil menjadi 6 x 2 coil dengan dipengaruhi kecepatan putaran rotor [4].

Berdasarkan masalah diatas, penulis ingin merancang PMSG fluks radial menggunakan motor BLDC mesin cuci bekas. Untuk mengetahui karakteristik PMSG fluks radial ini maka dilakukan identifikasi formasi kumparan pabrik 1 x 12 coil dengan formasi kumparan yang telah dimodifikasi menjadi 6 x 2 coil, batas tegangan kerja pada 115 VAC – 200 VAC pada pengujian *open circuit*, pengujian *short circuit* dan pengujian *full load* dengan variasi kecepatan (250, 500, 750, 1000, 1250 dan 1400) RPM yang dikendalikan menggunakan PWM [5].

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Motor BLDC

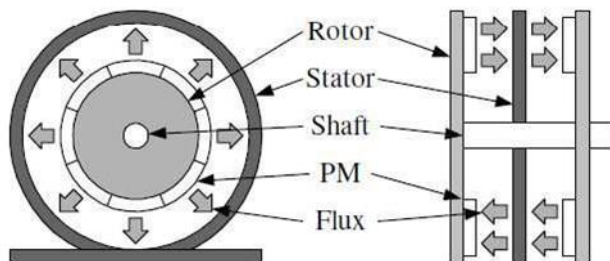
Motor BLDC bekerja dengan menggunakan prinsip gaya tarik antara dua magnet yang berlainan kutub atau gaya tolak antara dua magnet dengan kutub yang sama. Rotor pada motor BLDC tersusun dari magnet permanen sehingga kutubnya tetap sedangkan stator terbuat dari belitan sehingga kutub magnet tersebut dapat berubah tergantung polaritas arus belitan stator yang diberikan [6].



Gbr 1. Konstruksi BLDC

2.2 Generator Sinkron Magnet Permanen

Generator sinkron magnet permanen merupakan generator yang medan eksitasinya dihasilkan oleh magnet permanen. Magnet permanen menghasilkan fluks sehingga arah garis-garis gaya magnet keluar dari kutub magnet secara radial atau axial. Generator ini memiliki konstruksi umum yaitu kumparan stator sebagai tempat terjadinya induksi elektromagnetik, rotor tempat tertanamnya magnet permanen sebagai sumber medan magnet, dan celah udara sebagai tempat mengalirnya fluks udara dari rotor ke stator. [7].



Gbr 2. Konstruksi PMSG

2.3 Prinsip Kerja Generator

Hukum Faraday menyatakan bahwa jika fluks melewati perubahan kumparan kawat, tegangan akan diinduksi pada pergantian kawat yang langsung sebanding dengan tingkat perubahan fluks sehubungan dengan waktu [8].

$$E_{in} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

2.4 Tegangan Induksi Yang Dibangkitkan

$$E_{rms} = \frac{E_{maks}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \times N \times f \times \Phi_{maks} \times \frac{Ns}{Nph} \quad (2)$$

2.5 Frekuensi Elektris

Frekuensi elektrik yang dihasilkan oleh generator sinkron adalah serempak dengan kecepatan putar generator [9].

$$f = \frac{Nr \cdot P}{120} \quad (3)$$

2.6 Torsi Generator

$$\Omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad (4)$$

$$K = \frac{V_{ac}}{\omega}, \text{ dimana } Kt = Ke \quad (5)$$

$$T = Kt \cdot I \quad (6)$$

2.7 Daya Generator

Daya generator dihitung dengan memasukan nilai parameter yang telah ditentukan.

$$P = D2L (0.5\pi^2) Kw Ns Bg ac \cos\theta \quad (7)$$

2.8 Arus Generator

Arus pada generator dapat dicari setelah daya pada generator diketahui serta nilai tegangan telah ditentukan.

$$IL = \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \cdot m \cdot Vt} \quad (8)$$

2.9 Fluks Magnet

Fluks magnet mengalir dari kutub utara magnet melewati celah udara dan stator lalu menuju ke kutub selatan magnet. Langkah pertama untuk menghitung fluks magnet yaitu dengan mengitung luas kutub magnet tersebut[10].

$$Kr = \pi dr \quad (9)$$

$$Kri\% = \frac{\pi dr - df Ndf}{\pi dr} \times 100\% \quad (10)$$

$$Am = (pm \cdot wm) 2 \cdot Kri\% \quad (11)$$

2.10 Medan Magnet

$$B_{maks} = Br \frac{lm}{lm + \delta} \quad (12)$$

$$\Phi = Am \cdot B_{maks} \quad (13)$$

2.11 Penentuan Jumlah Lilitan

$$Nc = \frac{E_{rms}}{4,44 \cdot f \cdot \Phi \frac{Ns}{Nph}} \quad (14)$$

2.12 Efisiensi

$$\eta = P_{Out}/P_{In} \times 100\% \quad (15)$$

2.13 Regulasi Tegangan

$$V_{reg} = \frac{V_{AC \text{ no load}} - V_{AC \text{ load}}}{V_{AC \text{ load}}} \times 100\% \quad (16)$$

2.14 Persamaan Regresi Kuadratik

Pengaruh kecepatan putaran terhadap tegangan yang dihasilkan dapat diestimasi dengan persamaan regresi kuadratik[11].

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (17)$$

$$B^{\wedge} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = (x^1 x)^{-1} (x^1 y)$$

$$(x^1 y) = \begin{bmatrix} \Sigma y \\ \Sigma x_1 y \\ \Sigma x_2 y \end{bmatrix}$$

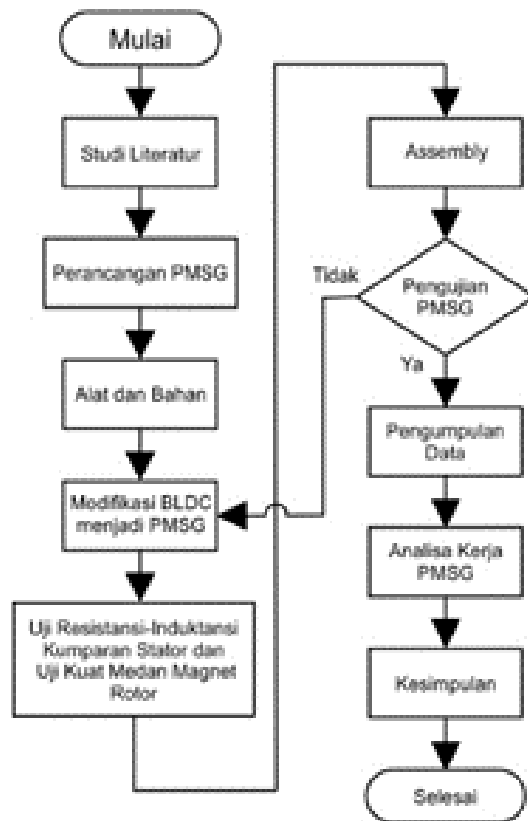
Tbl 1. Keterangan Simbol

Simbol	Parameter
E_{in}	Tegangan Induksi (Volt)
N	Jumlah Lilian
$d\Phi$	Perubahan Fluks Magnetik (Wb)
dt	Perubahan Waktu (detik)
f	Frekuensi Listrik (Hz)
N_r	Kecepatan Putar Rotor (rpm)
C	Konstanta Mesin
n_s	Kecepatan Sinkron
Φ	Fluks yang dihasilkan (Wb)
E_{rms}	Tegangan Induksi (Volt)
I	Arus (Ampere)
S	Daya Semu (VA)
N_s	Jumlah kumparan
N_{ph}	Jumlah fasa
P	Jumlah Kutub Magnet
B_r	Kerapatan Fluks (T)
L_m	Tinggi Magnet (m)
δ	Lebar Celah Udara (m)
B_{max}	Fluks Magnet Maksimal (T)
η	Efisiensi

III. METODE

3.1 Diagram Alur Penelitian

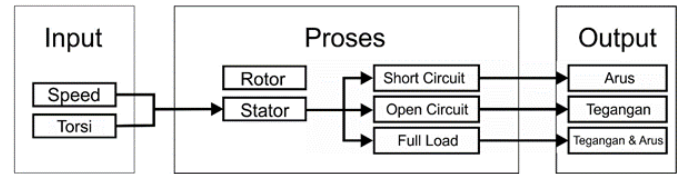
Pada Gbr. 3 merupakan diagram alur yang menjelaskan tahapan penelitian modifikasi motor BLDC menjadi PMSG fluks radial.



Gbr 3. Diagram Alur Penelitian

3.2 Blok Diagram Pengujian

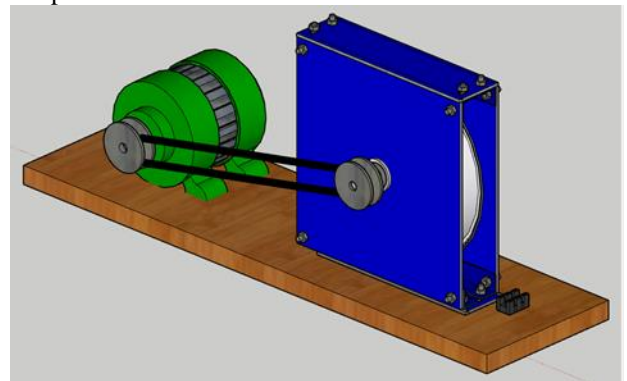
Blok diagram pengujian seperti pada Gbr. 4 menjelaskan tentang cara pengujian PMSG dengan 3 kondisi, diantaranya pengujian *short circuit* untuk mengetahui reaktansi jangkar, pengujian *open circuit* untuk mengetahui tegangan yang keluar sesuai dengan kecepatan dan pengujian berbeban untuk mengetahui kapasitas daya PMSG. Beban yang digunakan berupa beban resistif, beban induktif dan beban kapasitif.



Gbr 4. Blok Diagram Pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi PMSG Fluks Radial



Gbr 5. PMSG Fluk Radial

Tbl 2. Spesifikasi PMSG Fluks Radial

Slot / Pole	36 / 24
Diameter dalam stator	272 mm
Tebal Stator	31,5 mm
Spesifikasi kumparan	0,8 mm / 88 lilitan
Diameter rotor	288 mm
Material magnet	Barium ferrite (BaO 6Fe2O3)
Dimensi magnet	70 mm x 32 mm x 6 mm (12 batang)
Celah udara	1 mm
Kecepatan Putar rotor, n_s	1300 RPM
Medan magnet relatif, B_r	$B_r = 1,149$
Faktor Belitan, K_w	0,95
Tegangan, E_{rms}	115 – 200 VAC
Tahanan Jangkar	4,15 Ω
Induktansi Jangkar	11,11 mH
Sudut Mekanik Slot	8°
Sudut Mekanik Pole	24°
Daya	591,66 VA
IL	0,57 A
$K_{ri}\%$	97%
B_{max}	0,984 T

Konstruksi generator yang digunakan merupakan BLDC motor mesin cuci bekas jenis satu tabung. Modifikasi yang dilakukan hanya pada formasi sambungan antar coil stator tanpa mengganti kawat email, jumlah lilitan ataupun jenis magnet permanen pada rotor.

Perencanaan tegangan kerja generator dimulai dari tegangan drop 115 VAC sampai 200 VAC (fasa – netral). Modifikasi yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan

daya output generator menggunakan formasi kumparan pabrikasi 1 x 12 coil dengan formasi 6 x 2 coil.

4.2 Frekuensi Elektris

Tbl 3. Frekuensi Elektris

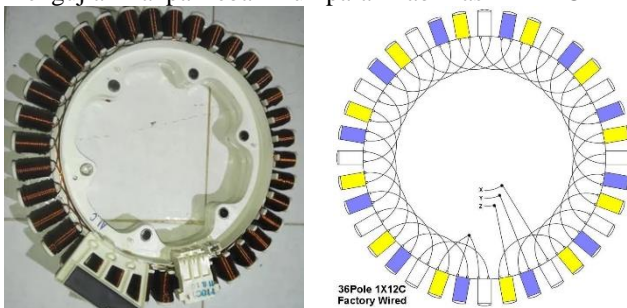
NO	RPM	P (Kutub Magnet)	Frekuensi (Hz)
1	250	24 N-S	50
2	500		100
3	750		150
4	1000		200
5	1250		250
6	1400		280

4.3 Torsi Generator

Tbl 4. Torsi Generator

NO	RPM (n)	ω (rad/sec)	$Kt = Ke$	T (Nm)
1	250	26,17	1,57	0,009
2	500	52,35		0,172
3	750	78,53		0,258
4	1000	104,71		0,346
5	1250	130,89		0,432
6	1400	146,80		0,483

4.3 Pengujian Tanpa Beban Kumparan Pabrikasi 1 x 12C



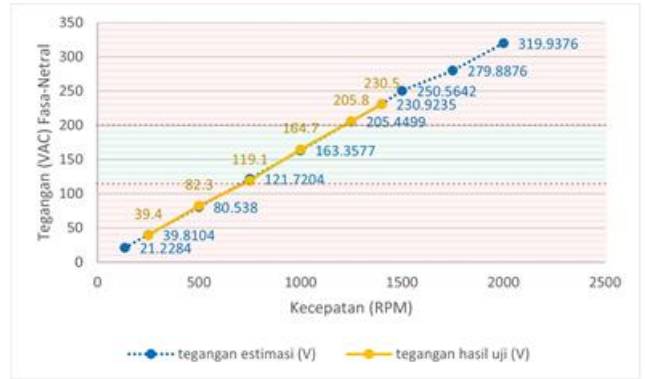
Gbr 6. Kumparan Pabrikasi 1 x 12 C

Hasil pengujian tanpa beban tegangan fasa-netral kumparan pabrikasi 1 x 12 C

Tbl 4. Tegangan Fasa-Netral Kumparan 1 x 12 C

$$y = 0,0000x^2 + 0,1602x - 0,4624$$

No	Kecepatan (RPM)	Tegangan hasil uji (V)	Tegangan estimasi (V)
1	135	-	21.2284
2	250	39.4	39.8104
3	500	82.3	80.538
4	750	119.1	121.7204
5	1000	164.7	163.3577
6	1250	205.8	205.4499
7	1400	230.5	230.9235
8	1500	-	250.5642
9	1750	-	279.8876
10	2000	-	319.9376



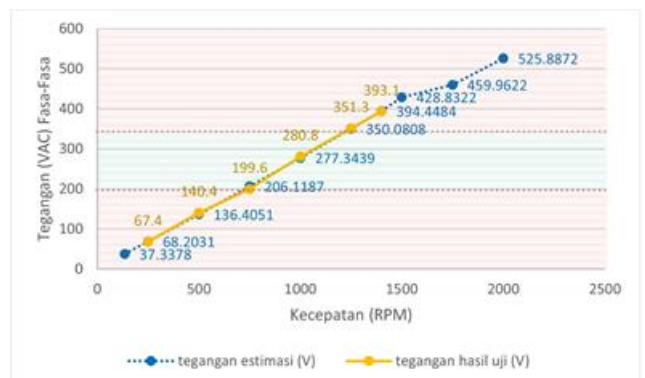
Gbr 7. Grafik Tegangan Fasa-Netral Kumparan 1 x 12C

Hasil pengujian tanpa beban tegangan fasa-fasa kumparan pabrikasi 1 x 12 C.

Tbl 5. Tegangan Fasa-Fasa Kumparan 1 x 12 C

$$y = 0,0000x^2 + 0,2637x + 1,5128$$

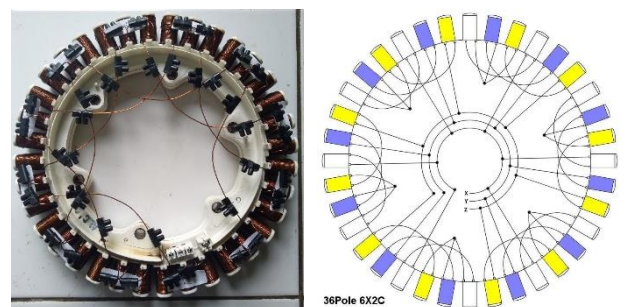
No	Kecepatan (RPM)	Tegangan hasil uji (V)	Tegangan estimasi (V)
1	135	-	37.3378
2	250	67.4	68.2031
3	500	140.5	136.4051
4	750	199.6	206.1187
5	1000	280.8	277.3439
6	1250	351	350.0808
7	1400	393.1	394.4484
8	1500	-	428.8322
9	1750	-	459.9622
10	2000	-	525.8872



Gbr 8. Grafik Tegangan Fasa-Fasa Kumparan 1 x 12C

Pada gambar 7 dan 8 daerah yang berwarna biru adalah daerah rencana kerja PMSG dari tegangan 115V-200V AC.

4.4 Pengujian Tanpa Beban Kumparan Modifikasi 6 x 2C

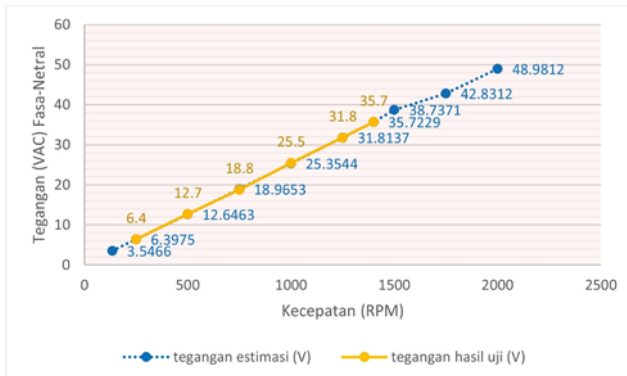


Gbr 9. Kumparan Modifikasi 6 x 2 C

Tbl 6. Tegangan Fasa-Netral Kumbaran 6 x 2 C

$$Y = 0.0000x^2 + 0.0246x + 0.2188$$

No	Kecepatan (RPM)	Tegangan hasil uji (V)	Tegangan estimasi (V)
1	135	-	3.5466
2	250	6.4	6.3975
3	500	12.7	12.6463
4	750	18.8	18.9653
5	1000	25.5	25.3544
6	1250	31.8	31.8137
7	1400	35.7	35.7229
8	1500	-	38.7371
9	1750	-	42.8312
10	2000	-	48.9812



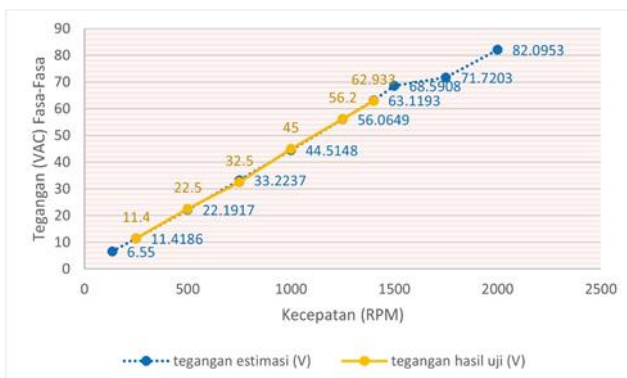
Gbr 10. Grafik Tegangan Fasa-Netral Kumbaran 6 x 2C

Hasil pengujian tanpa beban tegangan fasa-fasa kumbaran pabrikasi 6 x 2 C.

Tbl 7. Tegangan Fasa-Fasa Kumbaran 6 x 2 C

$$Y = 0.0000x^2 + 0.0415x + 0.9047$$

No	Kecepatan (RPM)	Tegangan hasil uji (V)	Tegangan estimasi (V)
1	135	-	6.55
2	250	11.4	11.4186
3	500	22.5	22.1917
4	750	32.5	33.2237
5	1000	45	44.5148
6	1250	56.2	56.0649
7	1400	62.933	63.1193
8	1500	-	68.5908
9	1750	-	71.7203
10	2000	-	82.0953



Gbr 11. Grafik Tegangan Fasa-Fasa Kumbaran 6 x 2C

Pada percobaan tegangan tanpa beban kumbaran yang telah dimodifikasi 6 x 2 C, tegangannya turun setengah

dari tegangan kerja ketika kumbaran berformasi 1 x 12C. Hal ini disebabkan karena jumlah kutub magnet yang tidak sesuai dengan rancangan optimal generator. Karena tidak merubah atau mengganti jenis magnet rotor maka pada pengujian berbeban menggunakan formasi 1 x 12 C.

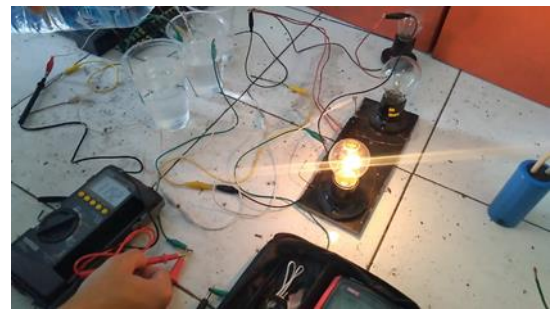
4.5 Pengujian Short Circuit

Tbl 8. Pengujian Short Circuit

Arus Jangkar (Ampere)		
Fasa R – Fasa S	Fasa S – Fasa T	Fasa T – Fasa R
2,58 A	2,56 A	2,59 A

Pengujian dilakukan pada kecepatan rendah 300 RPM.

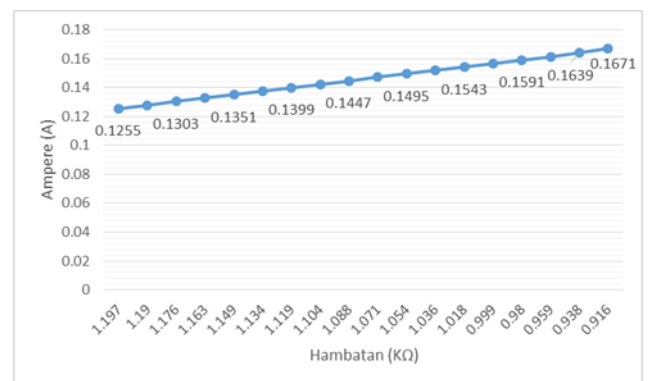
4.6 Pengujian Beban Resistif



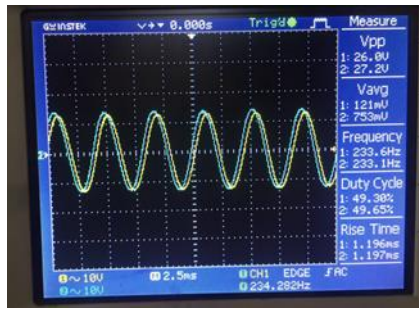
Gbr 12. Pengujian Beban Resistif

Tbl 9. Grafik Beban Resistif

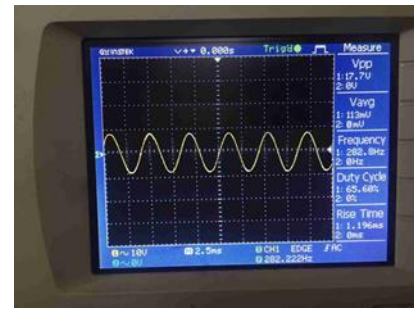
Percobaan ke -	Tegangan (VAC)	Arus (mA)	Hambatan (KΩ)
1	115	0.1255	1.197
2	120	0.1279	1.19
3	125	0.1303	1.176
4	130	0.1327	1.163
5	135	0.1351	1.149
6	140	0.1375	1.134
7	145	0.1399	1.119
8	150	0.1423	1.104
9	155	0.1447	1.088
10	160	0.1471	1.071
11	165	0.1495	1.054
12	170	0.1519	1.036
13	175	0.1543	1.018
14	180	0.1567	0.999
15	185	0.1591	0.98
16	190	0.1615	0.959
17	195	0.1639	0.938
18	200	0.1671	0.916



Gbr 13. Grafik Arus Beban Resistif



Gbr 14. Gelombang Beban Resistif



Gbr 18. Gelombang Beban Kapasitif

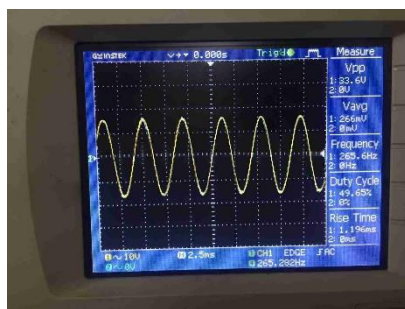
4.7 Pengujian Beban Induktif



Gbr 15. Pengujian Beban Induktif

Tbl 10. Beban Induktif

Tegangan Antar Fasa (V AC)			Arus antar Fasa (A)		
R-S	S-T	T-R	R-S	S-T	T-R
296,8	296,3	296,1	0,478	0,474	0,471



Gbr 16. Gelombang Beban Induktif

4.8 Pengujian Beban Kapasitif



Gbr 17. Pengujian Beban Kapasitif

Tbl 11. Beban Kapasitif

Tegangan Tiap Fasa (V AC)			Arus Tiap Fasa (A)		
Fasa R	Fasa S	Fasa T	Fasa R	Fasa S	Fasa T
125,8	125,4	125,6	1,64	1,60	1,62

4.9 Analisa Daya Masok dan Daya Keluar

1. Beban Resistif Pin = 33,4 W ; Pout = 19,2 W
2. Beban Kapasitif Pin = 325 W ; Pout = 203,1 W
3. Beban Induktif Pin = 205,6 ; Pout = 104,4 W

4.10 Efisiensi

1. Beban Resistif = 57,4 %
2. Beban Kapasitif = 62,4%
3. Beban Induktif = 68,2%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, kumparan pabrikasi 1 x 12 C memiliki daya yang besar dibandingkan dengan kumparan yang dimodifikasi 6 x 2 C karena jumlah kutub magnet pada rotor tidak sesuai dengan rancangan optimal generator. Perubahan jenis atau jumlah magnet pada rotor akan menambah biaya besar. Oleh karena itu modifikasi pada generator tidak layak pada pengujian berbeban.

Pengujian berbeban memiliki rentang tegangan kerja, dimulai dari 115 – 200 VAC. Beban yang digunakan ada 3 jenis, yaitu beban resistif, beban kapasitif dan beban induktif. Pada beban resistif generator diuji sampai tegangan drop 115V menghasilkan tegangan regulasi sebesar 78,9%. Pada beban kapasitif tegangan drop sampai 125,6V menghasilkan tegangan regulasi sebesar 59,2% dan pada beban induktif tegangan drop sampai 296,2V menghasilkan tegangan regulasi sebesar 18,2%.

REFERENSI

- [1] Pudji Irasari, Muhammad Kasim, Fitriana. Optimasi Kemiringan Magnet Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Fluks Radial. Bandung : LIPI.
- [2] Pramono, Gatot Eka, Fithri Muliawati, and Nur Fajri Kurniawan. 2017. "DESAIN DAN UJI KINERJA GENERATOR AC FLUKS RADIAL MENGGUNAKAN 12 BUAH MAGNET PERMANEN TIPE NEODYMIUM (NdFeB) SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK." Juteks 4: 34-40.
- [3] Jearl Walker. (2014). Fundamentals of Physics Halliday & resnick 10ed. In Wiley.
- [4] Fitriyani Hayono, Yukiana. 2020. "Aplikasi Perancangan Generator Sinkron Magnet Permanen Pada Pembangkit."

- [5] Andika, & Hamzah, A. (2018). Perancangan dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah. Universitas Riau, 5(1), 1–8.
- [6] Fitrianda, M. I. (2013). Digital Digital Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember.
- [7] Hariyotejo, P. (2009). Pengembangan Generator Mini Dengan Menggunakan Magnet Permanen. 1–9.
- [8] Indriani, A. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, 9(2).
- [9] Marsudi, D. (2016). Politeknik Negeri Sriwijaya 4. Pembangkitan Energi Listrik, 7(1), 4–31.
- [10] National Import LLC. (2017). Permanent Magnet Selection and Design Handbook.
- [11] Nuryadi, S. (2013). Tegangan Dan Efisiensi Daya Pada Perancangan Generator Magnet Permanen Menggunakan Software Magnet.

BIOGRAFI PENULIS

Dhea Gemilang Ramdhany, saya lahir di Majalengka pada tanggal 27 Januari 1997, saya kuliah di jurusan Teknik Elektro Universitas Siliwangi, konsentrasi penelitian saya yaitu Modifikasi Motor Brushless DC Menjadi Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial Putaran Rendah.