

RANCANG BANGUN MOTOR – GENERATOR MAGNET PERMANEN JENIS NdFeB

Budhi Prasetyo¹⁾, Teguh Harijono Mulud²⁾

*Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia*¹

Abstrak

Ketidaktersediaan energi listrik merupakan suatu masalah bagi masyarakat modern khususnya pengguna perangkat elektronik dengan konsumsi daya rendah. Dari permasalahan tersebut dibutuhkan suatu alat motor – generator magnet permanen jenis NdFeB untuk menghasilkan energi listrik. Sumber energi listrik berasal dari baterai 9 volt disusun seri untuk membangkitkan fluks inti besi dengan bantuan kumparan. Fluks inti besi motor impuls menghasilkan kutub magnet yang sejenis pada komponen rotor sehingga timbul gaya tolak menolak dan menyebabkan komponen rotor bergerak dan magnet rotor menginduksi kumparan stator. Metode tugas akhir yang dimulai dari tahapan pembuatan, perakitan dan pengujian seluruh komponen motor – generator. Pengujian menggunakan beban berupa lampu LED, tahanan keramik dan potensiometer. Tegangan keluaran generator yang diperoleh pada karakteristik beban nol ialah 8.83 VDC dan tegangan keluaran tertinggi sebesar 8.84 VDC dan arus

0.009 Ampere menggunakan beban potensiometer 18KOhm. Untuk mendapatkan daya keluaran yang lebih besar dengan melakukan pembuatan ulang komponen dengan ketelitian yang lebih tinggi, memvariasi jumlah magnet, merubah ukuran lilitan dan memperkecil lebar celah udara.

Kata kunci : motor – generator magnet permanen, daya rendah

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat mendorong penggunaan energi yang sangat besar. Alat-alat hasil dari perkembangan teknologi tersebut sebagian besar adalah alat-alat portable yang mudah dibawa dan digunakan kapan saja dengan cadangan daya yang hanya cukup untuk beberapa jam saja. Sehingga ketika daya cadangan habis, alat tersebut tidak dapat digunakan lagi. Daya cadangan seperti battery dengan kapasitas yang besar mempunyai volume yang besar dan massa yang berat. Sehingga, daya cadangan dengan kapasitas besar tidak cocok sebagai pendamping alat portable.

Oleh karenanya, pembuatan charger atau pengisi daya portable sangat dibutuhkan sebagai pendamping alat-alat portable yang bisa digunakan kapan saja dan di mana saja dengan volume yang kecil dan massa yang ringan. Selain hal tersebut, pengisi daya portable bisa juga dipakai untuk sumber listrik bersih tanpa polusi untuk daerah-daerah terpencil yang belum teraliri listrik.

Pengisi daya portable ini dapat dikategorikan sebagai pembangkit listrik dengan kapasitas daya rendah dengan memanfaatkan komponen berupa komponen generator fluks aksial magnet permanen dan motor impuls atau motor bedini. Generator fluks aksial dapat menghasilkan tegangan pada putaran rendah. Rancang bangun prototipe ini diawali dengan pembuatan komponen generator fluks aksial, motor impuls dan komponen pendukung lainnya serta proses pengolahan data pengujian berupa daya masukan dan daya keluaran generator ketika diberi beban.

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diketahui tujuan dari pembuatan alat ini guna (a) Merancang prototipe motor – generator fluks aksial magnet permanen jenis NdFeB (b) Menguji

trigger), rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai saklar, inti besi dan sumber tegangan. Cara kerja alat

karakteristik dari prototipe motor – generator fluks aksial magnet permanen jenis NdFeB (c) Menganalisa kinerja motor – generator fluks aksial magnet permanen jenis NdFeB

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Generator

2.1.1 Rotor

Rotor merupakan komponen generator yang dapat berputar. Komponen ini terdapat magnet permanen sebagai penghasil medan magnet yang kemudian diimbaskan ke komponen stator untuk menghasilkan tegangan induksi. Komponen rotor terdiri dari 2 buah piringan acrylic berbentuk lingkaran dan letaknya saling berhadapan dengan komponen stator. Pada komponen rotor terpasang sebuah bearing dan poros sehingga komponen rotor dapat berputar.

2.1.2 Stator

Stator merupakan komponen yang terdiri dari beberapa kumparan kawat (coil) email yang dilapisi dengan bahan isolator. Jumlah kumparan generator akan berpengaruh terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Kumparan generator dapat dikonfigurasi menjadi susunan 1 fasa atau 3 fasa. Pada komponen stator dapat dipasang inti besi yang berfungsi untuk mempermudah jalannya fluks magnet pada komponen rotor

2.2 Motor Impuls

Motor impuls merupakan komponen yang dapat menghasilkan elektromagnet dengan bantuan kumparan. Komponen motor impuls merupakan pengembangan motor bedini yang digunakan sebagai penggerak mula komponen rotor. Komponen motor impuls terdiri dari kumparan (kumparan utama dan

ini onen rotor diputar maka akan ialah ketika komp

$$e = -N$$

timbul tegangan induksi pada kumparan trigger kemudian tegangan induksi tersebut akan masuk ke kaki basis transistor TIP 31C (T_1 dan T_2). Fungsi kedua transistor TIP 31C ialah memperkuat arus induksi/trigger sebelum masuk ke transistor utama (T_3). Besarnya arus basis yang masuk ke transistor T_3 dapat diatur dengan memvariasikan nilai tahanan pada potensiometer. Pengaturan nilai arus basis menggunakan potensiometer akan berdampak terhadap tegangan yang masuk ke dalam kumparan utama guna membangkitkan elektromagnet.

2.3 Magnet Permanen

Magnet permanen yang digunakan dalam komponen generator ialah jenis *magnet neodymium-iron-boron (NdFeB) grade 35* dan tidak membutuhkan arus eksitasi. Magnet NdFeB ini merupakan salah satu jenis magnet kuat daripada magnet jenis lain. Magnet jenis ini dibedakan berdasarkan tingkat atau *grade*. Magnet yang paling umum ditemukan ialah jenis *grade N35* dan *N52*. Perbedaan kedua *grade* magnet tersebut ialah besar kuat medan magnet yang dihasilkan. Magnet *grade N35* memiliki nilai kuat medan magnet yang lebih kecil dari *grade N52* namun memiliki harga yang lebih terjangkau dari harga magnet *grade N52*

2.4 Induksi Elektromagnet

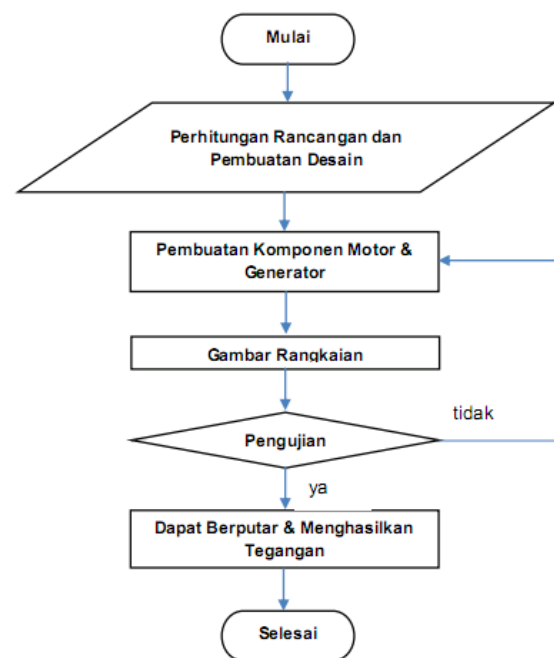
Pada generator terjadi elektromagnetik yang mengacu pada hukum Faraday dan Lenz. Pada hukum Faraday dijelaskan bahwa adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan, hal tersebut sesuai dengan persamaan

$$\frac{d\phi}{dt} \quad \text{---}$$

Sedangkan hukum Lenz menjelaskan bahwa GGL induksi yang muncul berarah melawan perubahan fluks menyebabkan arus induksi menghasilkan medan magnet yang melawan perubahan fluks magnet yang menghasilkan arus induksi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan pembuatan dan perancangan komponen, perakitan komponen (motor, generator dan komponen pendukung). Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar (1).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.1. Pembuatan Generator Fluks Aksial

3.1.1 Pembuatan Rotor

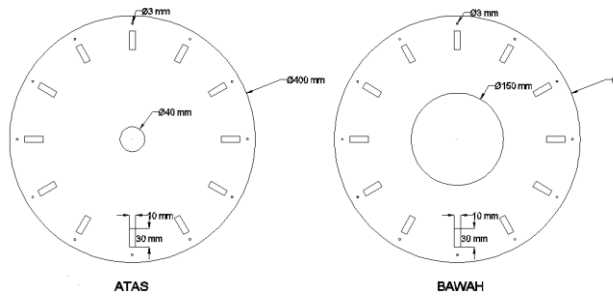
Awal mula proses pembuatan komponen rotor dimulai dari pembuatan piringan rotor

menggunakan acrylic, proses pembuatan lubang sebagai tempat peletakkan magnet bearing, pemasangan inti besi dan perakitan komponen rotor.

Pembuatan piringan rotor menggunakan papan acrylic bening dengan ketebalan 3 mm. Diameter piringan rotor

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Rotor

Parameter	Besaran (mm)
Diameter Piringan Rotor	400 mm
Lubang penempatan magnet stator	30x10 mm
Diameter lubang bearing	40 mm
Diameter lubang rotor atas	150 mm

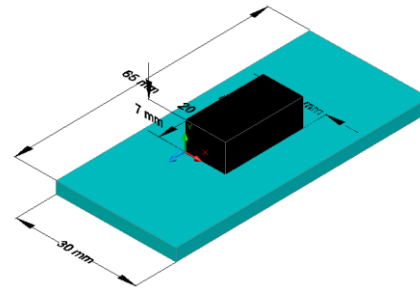


Gambar 2. Desain Piringan Rotor

Magnet rotor digunakan sebagai komponen penggerak mula dari generator dengan memanfaatkan gaya tolak menolak antara magnet permanen dengan elektromagnet. Magnet rotor yang digunakan berjumlah 10 buah

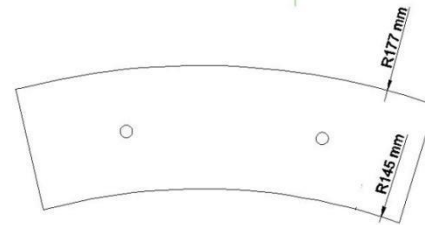
Tabel 2. Spesifikasi Komponen Magnet Rotor

Parameter	Besaran (mm)
Dimensi penempatan magnet (acrylic)	65x30 mm
Lubang penempatan magnet rotor	20x10 mm
Dimensi magnet terpasang	20x10x7 mm



Gambar 3. Desain Magnet Motor

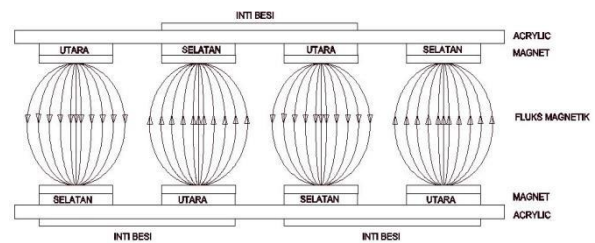
Inti besi memiliki fungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan magnet permanen jenis NdFeB. Bahan inti besi terbuat dari plat galvanis dengan total inti besi yang digunakan ialah 12 buah



Gambar 4. Bentuk Inti Besi Rotor

Tabel 3. Spesifikasi Komponen Inti Besi

Parameter	Besaran (mm)
Ukuran inti besi luar	177 mm
Ukuran inti besi dalam	145 mm
Lubang pemasangan sekrup	3 mm



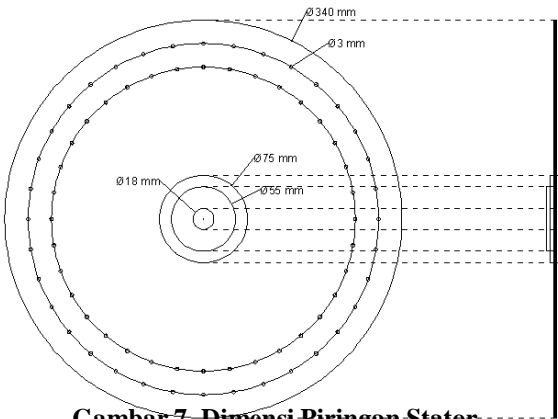
Gambar 5. Konfigurasi Pemasangan Magnet Generator



Gambar 6. Bentuk Komponen Rotor Akhir

3.1.2. Komponen Stator

Pembuatan awal komponen stator dimulai dari pembuatan piringan stator, pembuatan kumparan, penyusunan kumparan dan pemasangan penyearah.



Gambar 7. Dimensi Piringan Stator

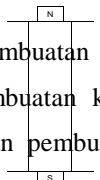
Tabel 6. Spesifikasi Komponen Piringan Stator

Parameter	Besaran (mm)
Diameter piringan stator	340 mm
Lubang penempatan poros	18 mm
Lubang pengait kumparan	3 mm

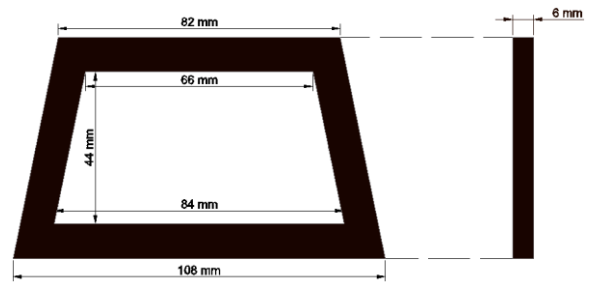
Komponen stator tersusun atas kawat email tembaga dengan diameter 3 mm. Sebuah kumparan

3.2 Pembuatan Komponen Motor Impuls

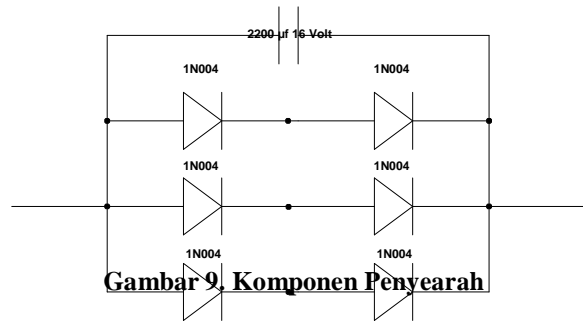
Pembuatan motor impuls diawali dengan proses pembuatan kumparan (kumparan medan & induksi) dan pembuatan komponen elektronik serta komponen pendukung.



tembaga dililit hingga 300 kali. Hubungan antar kumparan disusun secara seri. Jarak celah udara antara komponen rotor (atas & bawah) dan stator ialah menyesuaikan dengan ketinggian kumparan yang telah disusun (70 mm). Total kumparan yang digunakan ialah 36 buah.



Gambar 8. Bentuk Kumparan Stator



Gambar 9. Komponen Penyearah



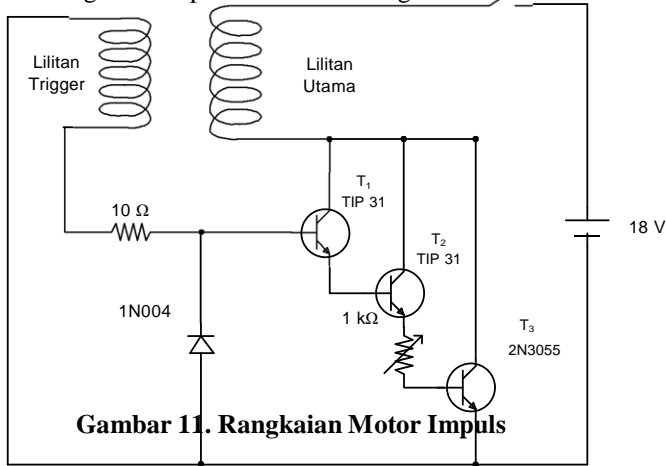
Gambar 10. Bentuk Komponen Stator Akhir

0,3 x 600

0,6 x 800

3.3 Pembuatan Kotak Pengaman

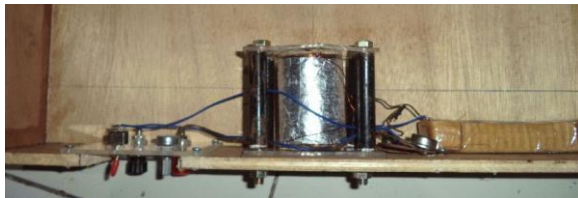
Kotak pengaman digunakan sebagai tempat pemasangan komponen motor – generator dan



Gambar 11. Rangkaian Motor Impuls



Gambar 12. Bentuk Motor Impuls Akhir (Tampak Depan)

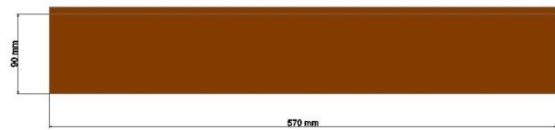


Gambar 13. Bentuk Motor Impuls Akhir (Tampak Atas)

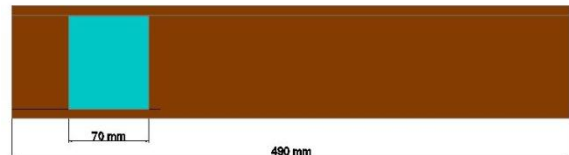
berfungsi melindungi komponen dari gangguan eksternal. Bahan pembuatan komponen ini menggunakan papan triplek dengan ketebalan 9 mm.



Gambar 14. Bentuk Kotak Pengaman



Gambar 15. Bentuk Kotak Pengaman Depan

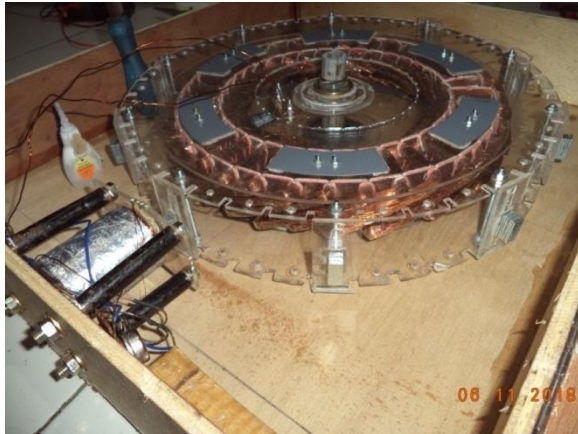


Gambar 16. Bentuk Kotak Pengaman Samping

Tabel 7. Spesifikasi Komponen Kotak Pengaman

Parameter	Besaran (mm)
Tutup Kotak Pengaman	550x570 mm
Alas Kotak Pengaman	550x570 mm

Lubang pengait kumparan	3 mm
Dimensi Kotak Pengaman Depan	570x90 mm
Dimensi Kotak Pengaman Samping	500x570
Dimensi Papan Sebagai Terminal Keluaran Generator	110x90 mm



Gambar 17. Bentuk Komponen Ketik Sudah Terpasang

4. HASIL & PEMBAHASAN

Tabel 8. Data pengujian menggunakan led

No	Jumlah LED	Tegangan	Arus	Putaran rpm
		Volt	mA	
1	0	9.4	0	95.24
2	1	3	7.95	86.95
3	2	2.85	8.08	80
4	3	2.82	8.19	80
5	4	2.82	8.28	76.92
6	5	2.8	8.27	84.5
7	6	2.8	8.26	80
8	7	2.8	8.26	83.33
9	8	2.8	8.27	79.97
10	9	2.8	8.26	76.92
11	10	2.8	8.31	76.87
12	11	2.8	8.36	79.98

Tabel 9 Data pengujian menggunakan resistor susun seri

No	Tahanan	Tegangan	Arus
	Ohm	Volt	mA
1	3.9	0.18	12.22
2	6.8	0.21	12.18
3	8	0.23	12.17

4	16.2	0.332	12.07
5	2.8	0.164	12.28
6	8.3	0.232	12.16
7	9.5	0.24	12.14
8	17.7	0.348	12.04
9	5.7	0.2	12.17
10	6.8	0.215	12.18
11	12.4	0.283	12.12
12	20.6	0.382	11.99
13	6.9	0.213	12.25
14	21.8	0.394	11.91
15	15.1	0.313	12.02

Tabel 10 Data pengujian menggunakan resistor susun paralel

No	Tahanan	Tegangan	Arus
	Ohm	Volt	mA
1	0.099	0.13	12.26
2	0.83	0.141	12.30
3	0.988	0.143	12.36
4	1.02	0.145	12.38
5	1.11	0.146	12.41
6	0.096	0.138	12.48
7	1.82	0.154	12.48
8	1.933	0.167	12.47
9	2.288	0.163	12.50
10	0.098	0.137	12.53
11	0.988	0.15	12.52
12	3.071	0.17	12.47
13	4.078	0.18	12.48
14	0.099	0.134	12.24
15	4.679	0.185	12.18

Tabel 11. Data pengujian menggunakan potensiometer (Daya Masukan Motor)

No	Input		
	V	I	P
	(V)	(A)	(Watt)
1	18.8	0.82	15.51
2	18.82	0.82	15.53
3	18.84	0.77	14.60
4	18.84	0.78	14.79
5	18.85	0.77	14.61
6	18.82	0.74	14.03
7	18.85	0.76	14.33

8	18.84	0.75	14.13
9	18.84	0.74	13.95
10	18.84	0.78	14.70
11	18.35	0.82	15.05
12	18.36	0.88	16.16
13	18.33	0.88	16.13
14	18.33	0.9	16.50
15	18.34	0.88	16.14
16	18.34	0.88	16.14
17	18.31	0.94	17.21
18	18.34	0.95	17.42
19	18.34	0.95	17.42
20	18.22	1.01	18.40
21	18.27	0.995	18.18
22	18.98	0.96	18.22
23	19.005	0.98	18.63
24	19.01	0.92	17.49
25	19.005	0.925	17.58
26	19.005	0.91	17.30
27	19.005	0.915	17.39
28	19.02	0.91	17.31
29	19.005	0.9	17.11
30	19.03	0.895	17.03
31	18.99	0.965	18.33
32	18.995	0.93	17.67
33	19.005	0.94	17.87
34	19.01	0.905	17.20
35	19.005	0.88	16.72
36	19.01	0.885	16.82
37	19.015	0.88	16.73
38	19.025	0.875	16.65
39	19.02	0.87	16.55
40	19.005	0.905	17.20
41	19.01	0.875	16.63

Tabel 12. Data pengujian menggunakan potensiometer (Daya Keluaran Generator)

No.	Output			Tahanan (Ohm)	Efisiensi (%)
	V (V)	I (mA)	P (Watt)		
1	0.26	0.013	0.003	10	0.021
2	0.31	0.013	0.004	15	0.025
3	0.36	0.013	0.005	18	0.031
4	0.39	0.013	0.005	20	0.033
5	0.41	0.013	0.005	22	0.035
6	0.52	0.013	0.007	27	0.047
7	0.54	0.012	0.007	33	0.047
8	0.635	0.012	0.008	39	0.056
9	0.935	0.013	0.012	68	0.087
10	1.115	0.012	0.013	82	0.088
11	1.116	0.011	0.012	95	0.079
12	1.18	0.01	0.012	100	0.076
13	1.96	0.009	0.018	200	0.114
14	2.58	0.008	0.022	300	0.131
15	3.2	0.008	0.024	400	0.149
16	3.63	0.007	0.026	500	0.158
17	4.02	0.006	0.026	600	0.152
18	4.33	0.005	0.022	700	0.124
19	4.65	0.006	0.026	800	0.151
20	4.95	0.004	0.021	900	0.116
21	5.19	0.005	0.026	1000	0.143
22	4.83	0.005	0.023	1000	0.128
23	6.055	0.006	0.037	2000	0.197
24	6.945	0.007	0.048	3000	0.276
25	7.385	0.007	0.055	4000	0.31
26	7.72	0.008	0.06	5000	0.345
27	7.91	0.008	0.063	6000	0.36
28	8.045	0.008	0.065	7000	0.374
29	8.25	0.008	0.068	8000	0.398

30	8.345	0.008	0.070	9000	0.409
31	8.195	0.008	0.067	10000	0.366
32	8.31	0.008	0.069	11000	0.391
33	8.46	0.008	0.072	12000	0.401
34	8.52	0.009	0.073	13000	0.422
35	8.505	0.009	0.072	14000	0.433
36	8.51	0.009	0.072	15000	0.430
37	8.535	0.009	0.073	16000	0.435
38	8.555	0.009	0.073	17000	0.440
39	8.84	0.009	0.078	18000	0.472
40	8.62	0.009	0.074	19000	0.432
41	8.78	0.009	0.077	20000	0.463

Data Perhitungan Nilai Efisiensi Menggunakan Nilai Potensiometer sebesar 20KOhm.

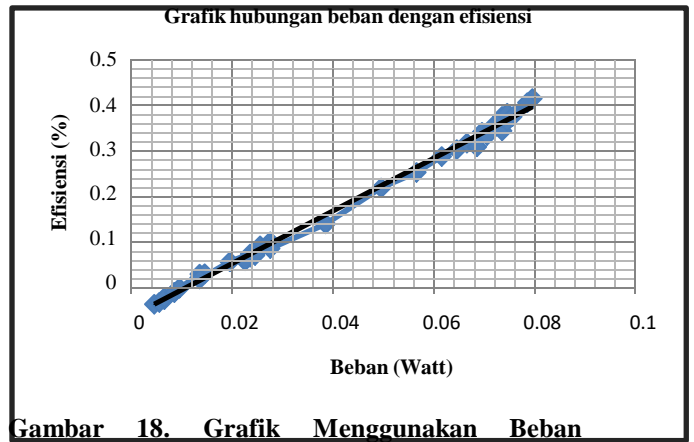
- 1. Tegangan masukan (Vin) = 19.01 Volt
- 2. Arus masukan (Iin) = 0.875 Ampere
- 3. Tegangan keluaran (Vout) = 8.78 Volt
- 4. Arus keluaran (Iout) = 0.009 Ampere

$$\begin{aligned} \text{Daya Masukan} &= V \cdot I \\ &= 19.01 \cdot 0.875 \\ &= 16.63 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Keluaran} &= V \cdot I \\ &= 8.78 \cdot 0.009 \\ &= 0.077 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{\text{Daya Keluaran}}{\text{Daya Masukan}} \cdot 100\% \\ &= \frac{0.077}{16.63} \cdot 100\% \\ &= 0.463 \% \end{aligned}$$

Pengujian generator menggunakan variasi jumlah led, variasi nilai resistor (susun seri dan paralel) dan variasi nilai potensiometer. Pada penggunaan variasi jumlah led dan variasi nilai resistor tidak menimbulkan kenaikan arus yang signifikan sehingga penggunaan beban digantikan oleh potensiometer. Skala penggunaan nilai potensiometer dengan rentang nilai antara 10 – 20 KOhm.



Gambar 18. Grafik Menggunakan Beban Potensiometer

Pada gambar 18, digambarkan hubungan antara kenaikan beban yang digunakan dengan nilai efisiensi prototipe. Berdasarkan grafik, ketika generator diberi kenaikan nilai beban menghasilkan kecenderungan kenaikan nilai efisiensi.

5. KESIMPULAN

1. Prototipe motor – generator fluks aksial magnet permanen jenis NdFeB dapat menghasilkan listrik dengan daya rendah.
2. Pengujian generator menggunakan beban berupa led, resistor dan potensiometer. Jenis beban yang dapat dianalisa berasal dari beban potensiometer karena memiliki kesesuaian hubungan antara nilai tahanan, tegangan dan arus serta memiliki rentang nilai tahanan yang besar.
3. Data hasil pengujian generator tertinggi pada penggunaan beban 18 KOhm menghasilkan daya sebesar 0.078 watt dengan nilai efisiensi 0.472 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, Azzmi dan Indra Yasri.2016. “Aspek Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial 1 Fasa Untuk Mengakomodir Kecepatan Putar 500-600 RPM”. Jurnal FTEKNIK, Volume 3, No. 2, Pekanbaru. Universitas Riau (Jurnal)
- Fitzgerald, A.E dkk. 1997. *Mesin – Mesin Listrik* Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga
- Fitzgerald, A.E dkk. 1981. *Mesin – Mesin Listrik* Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga
- Gieras, Jacek F, 2008, “*Permanent Magnet Motor Technology Third Edition Design And Application*”, New York: CRC Press (Ebook)
- Indriani, Amizar.2015. “Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial”. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 9, No. 2, Bengkulu: Universitas Bengkulu (Jurnal)
- Judge, Andy.2012. Dissertation : “*Air Gap Elimination in Permanent Magnets Machines*”. Worcester: Worcester Polytechnic Institute (Disertasi)
- Mahmoudi, A, N.A. Rahim dan H. W. Ping.2012. “*Axial Flux Permanent Magnet Motor Design For Electric Vehicle Direct Drive Using Sizing Equation And Finite Element Analysis*”.Progress In Electromagnetics Research, Volume 122, No.467 – 496, Kuala Lumpur: University of Malaya (Jurnal)
- Ni’matullah, Ginanjar. 2018. *Analisis Kuat Medan Magnet, Rpm dan Arus Bedini Ssg Pada Perubahan Jumlah Lilitan dan Variasi Beban*. Jember: Universitas Jember (Skripsi)
- Nugroho, Wahyudianto Bagus, Indra Ranu Kusuma dan Sardono Sarwitto. 2014. “*Kajian Teknis Gejala Magnetisasi pada Linear Generator untuk Alternatif Pembangkit Listrik*”. Jurnal Teknik Pomits, Volume 3, No. 1, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (Jurnal)
- Rijono, Yon. 2004. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Publisher
- S, Derito Nanda, Miftahul Munir. 2011. “*Pembuatan Motor Magnet Dengan Memanfaatkan Energi Pada Magnet Permanen Sebagai Penggeraknya*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November (Jurnal)
- Sofian, Edy. 2011. *Studi Bentuk Rotor Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Inti Stator*. Jakarta: Universitas Indonesia (Skripsi)