

Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah

Leo Noprizal^{#1}, Mahdi Syukri^{#2}, Syahrizal Syahrizal^{#3}

*# Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk Syech Abd Rauf no 7, Darusslam, Banda Aceh 23111, Indonesia*

¹leo.noprizal@gmail.com

²mahdisyukri@unsyiah.ac.id

³syahrizal.ee@unsyiah.ac.id.

Abstrak— Generator magnet permanen jenis fluks aksial 1 fasa merupakan sebuah mesin penghasil listrik sederhana dengan putaran pada kecepatan rendah. Generaor ini terdiri dari dua bagian yaitu, stator (diam) dengan 12 buah kumparan setiap masing-masing kumparan memiliki 300 lilitan, dan bagian rotor (berputar) yang terdiri dari 24 buah (kutub) magnet jenis *Neodymium* (NdFeB) dengan nilai kemagnetan yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam proses pembangkitan energi listrik tanpa memerlukan sistem eksitasi daya listrik dari sumber lain untuk membangkitkan tegangan pada mesin ini. Generator ini dirancang dengan tipe coreless stator dengan diameter 30 cm. Generator jenis fluks aksial dapat digunakan pada pemanfaatan energi potensial baik angin maupun air. Perancangan generator jenis ini diperlukan untuk meminimalkan biaya, memperbesar torsi, dan dapat bergerak dengan kecepatan yang bervariasi. Hasil pengujian diperoleh tegangan RMS sebesar 48.90 Vac dengan frekuensi 48.78 Hz pada pengujian tanpa beban dan 20.74 Vac dengan frekuensi 48.58 Hz pada pengujian berbeban dengan putaran 250 rpm. Beban yang digunakan yaitu 2 buah lampu pijar 24 volt 25 watt yang terhubung secara paralel. Dari hasil pengujian tegangan output generator yang dihubungkan dengan rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa didapat output tegangan 12.12 Vdc pada putaran 250 rpm.

Kata Kunci— Energi terbarukan, magnet permanen, generator fluks aksial, perancangan generator.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat mendorong peningkatan dalam penggunaan energi listrik, hal ini mengakibatkan semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil yang selama ini digunakan sebagai sumber pembangkitan energi listrik. Selain itu penggunaan bahan bakar tersebut juga menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan.

Pemanfaatan energi potensial angin atau air merupakan salah satu energi alternatif, ketersediaan teknologi generator dengan putaran rendah sangat dibutuhkan dalam pengkonversian energi potensial dengan kecepatan rendah menjadi energi listrik.

Pada penelitian ini dirancang sebuah generator sistem 1 fasa, jenis fluks aksial dengan menggunakan magnet permanen jenis *neodyum iron boron* yang berputar pada kecepatan rendah. Generator fluks aksial merupakan salah satu tipe alternatif selain jenis silinder fluks radial. Mesin jenis ini memiliki konstruksi yang kompak dan berbentuk piringan.

Penggunaan magnet pada generator jenis fluks aksial ini agar dapat menghasilkan medan magnet pada celah udara tanpa memerlukan sistem eksitasi daya listrik dari luar. Pada generator jenis ini digunakan sistem penguatan sendiri, generator ini berputar pada kecepatan 250 rpm dengan menggunakan 24 pasang magnet. Melihat dari konstruksi yang sederhana dan efisien dalam pemakaian, generator magnet permanen merupakan salah satu alternatif pada proses pembangkitan energi listrik [1].

II. DASAR TEORI

A. Definisi Generator Magnet Permanen

Generator sinkron merupakan sebuah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Banyaknya putaran rotor yang sama dengan putaran medan magnet pada stator pada mesin ini sehingga dikatakan sebagai generator sinkron.

Pada generator magnet permanen secara umum hampir sama dengan generator sinkron, terdapat dua buah bagian secara umum yaitu rotor dan stator. Selain terdapat kesamaan secara umum juga terdapat perbedaan pada sistem pembangkitannya (eksitasi) fluks magnet. Pada generator magnet permanen jenis fluks aksial dibangkitkan oleh magnet permanen yang digunakan, dimana kekuatan dan spesifikasi tergantung dari material magnet yang digunakan. Sedangkan pada generator sinkron, fluks magnet pada rotor dibangkitkan oleh tegangan DC dengan melalui cicin geser dan sikat yang diberikan pada kumparan medan [2].

B. Prinsip Generator Magnet Permanen

Berdasarkan hukum Faraday apabila suatu kumparan atau belitan kawat dan kemudian ada magnet yang digerakkan atau sebaliknya maka akan timbul fluks magnet yang mengalir pada kumparan tersebut yang diakibatkan oleh GGL induksi, aliran fluks magnet yang mengalir pada kumparan kita sebut sebagai aliran arus, sedangkan GGL induksi yang berubah-ubah pada ujung-ujung kumparan sebagai beda potensial atau tegangan. Berdasarkan gaya gerak listrik atau tegangan yang menimbulkan arus listrik sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang melalui kumparan [3]. Jika dituliskan secara matematis adalah sebagai berikut:

$$E_i = -N \times \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \tag{1}$$

Dimana:

- E_i = Induksi
- N = Lilitan (weber)
- $\Delta\theta$ = fluks magnetik (Wb)
- Δt = perubahan waktu (secon)

Terdapat tiga hal yang menyebabkan Gaya Gerak Listrik (GGL), yaitu:

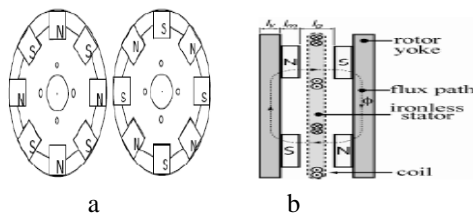
1. Banyaknya jumlah lilitan kawat atau kumparan.
2. Kecepatan magnet dalam menginduksi kumparan.
3. Kekuatan magnet yang digunakan.

C. Perancangan Generator Magnet Permanen

Rangkaian catu daya digunakan untuk menyuplai arus/tegangan listrik searah untuk perangkat elektronik yang membutuhkan suplai DC. Perangkat elektronik yang membutuhkan catu daya adalah arduino, drive relay. Tegangan yang dibutuhkan sebesar 12Vdc, tetapi yang disarankan adalah 7-12Vdc, sehingga digunakan catu daya/adaptor dengan keluaran dari 12Vdc.

Secara umum perancangan keseluruhannya generator memiliki beberapa bagian penting diantaranya adalah sebagai berikut:

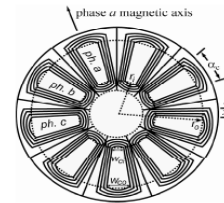
1. Rotor



Gambar 1 (a) Rotor tampak samping [5]. (b) Rotor tampak depan [2].

Untuk perancangan rotor pada generator 1 fasa, jumlah magnet yang digunakan berjumlah 2 dari banyaknya kumparan yang akan digunakan. Jumlah magnet yang akan digunakan sebanyak 24 buah untuk setiap rotor [2].

2. Stator



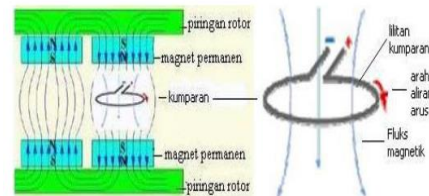
Gambar 2 Kontruksi kumparan pada stator [2].

Stator merupakan bagian yang diam pada mesin ini, dimana pada stator ini terdapat 12 buah kumparan dengan 300 lilitan seiyap kumparan dan besar diameter kawat 0.85 mm.

D. Mesin Fluks Aksial

Alternatif terbaik selain dari mesin silinder fluks radial adalah mesin fluks aksial. Mesin jenis ini memiliki kontruksi yang kompak, dengan berbentuk dan kerapatan daya yang besar. Pada generator ini digunakan magnet permanen dengan tujuan untuk menghasilkan medan magnet pada celah udara tanpa memerlukan sistem eksitasi dan tanpa desipasi daya listrik [3].

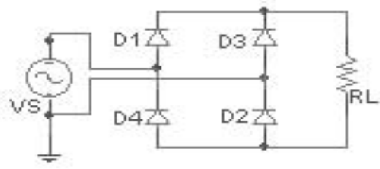
Pada generator jenis fluks aksial ini terjadinya fluks magnet hanya jika magnet permanen yang terletak pada rotor bergerak atau berputar sehingga akan dihasilkan tegangan potensial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini. Perubahan kecepatan rotor akan mempengaruhi besar potensial tegangan yang dibangkitkan [4].



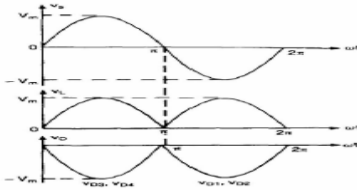
Gambar 3 Pembangkitan listrik pada kumparan stator [4].

E. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Penyearah satu fasa merupakan rangkaian penyearah daya dengan sumber masukan tegangan bolak-balik satu fasa. Rangkaian penyearahan dapat dilakukan dalam bentuk penyearah setengah gelombang (halfwave) dan penyearah gelombang-penuh (fullwave). Pembebanan pada rangkaian penyearah daya umumnya dipasang beban resistif atau beban resistif-induktif. Efek dari pembebanan ini akan mempengaruhi kualitas tegangan keluaran yang dihasilkan dari rangkaian penyearah tersebut [6]. Rangkaian penyearah gelombang penuh dan outputnya dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut.



Gambar 4 Rangkaian penyearah gelombang penuh 1 fasa [8].



Gambar 5 Output penyearah satu fasa gelombang penuh jembatan

Berdasarkan Gambar 5 diatas, bentuk tegangan keluaran rata-rata dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \tag{3}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} \cdot [1 + 1] \tag{4}$$

III. METODE PENELITIAN

Proses penelitian meliputi tahapan dan langkah-langkah seperti berikut ini:

A. Tahapan Perancangan Prototype

Adapun tahapan pembuatan generator magnet permanen jenis fluks aksial adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan kumparan sebanyak 12 buah dengan masing-masing kumparan memiliki 300 lilitan.
2. Pembuatan tempat pecetakan stator.
3. Merangkai kumparan satu dengan yang lainnya membentuk rangkaian 1 fasa dan melakukan pengecoran dengan menggunakan resin.
4. Pembuatan dua buah rotor menggunakan bahan plat besi dengan ketebalan 5.0 mm dan jari-jari 15 cm yang masing-masing terdapat 24 magnet permanen dengan arah kutub yang berlawanan.
5. Pembuatan poros yang menghubungkan antara rotor satu dan rotor dua dengan jarak 2.5 cm.
6. Pembuatan kerangka serta kedudukan poros rotor dengan menggunakan bearing duduk yang terpasang pada kerangka tersebut.

B. Tahapan Kalibrasi Prototype

Pada tahapan ini dimana prototipe yang telah selesai dirancang dibandingkan dengan buatan pabrik. Hal yang perlu dikalibrasi pada penelitian ini adalah pengukuran

tegangan keluaran dan frekuensi pada pengujian tanpa beban, sedangkan pada pengujian berbeban hanl yang perlu di kalibrasi besar tegangan, arus, daya serta frekuensi dengan kecepatan yang bervariasi dari 50 rpm hingga 250 rpm. Setelah melewati serangkaian pengujian dan prototype dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka pengumpulan data pengukuran dilakukan.

C. Penulisan Laporan

Tahap akhir adalah penulisan laporan dimana pada tahapan ini peneliti diharapkan dapat menjelaskan proses penelitian dengan baik sesuai dengan proses perancangan dan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengujian dilakukan 3 pengujian, yaitu pengujian generator magnet permanen tanpa beban dan berbeban serta pengujian dengan menggunakan rangkain penyearah 1 fasa gelombang penuh.

A. Data dan Tahapan Pengujian

Dari hasil perhitungan untuk perancangan generator magnet permanen 1 fasa jenis fluks aksial diperoleh spesifikasi teknis dari mesin ini seperti pada Table 1 dibawah ini.

TABLE 1
SPESIFIKASI GENERATOR MAGNET PERMANEN

Parameter	Lambang	Nilai
Kerapatan fluks magnet	B_r	1,37 T
Diameter magnet	R	3 cm
Ketebalan magnet	T	0.3 cm
Jumlah magnet	N_m	48
Jumlah kutup	P	24
Kecepatan	n_s	250 rpm
Radius dalam magnet	r_i	7.6 cm
Radius luar magnet	r_o	14 cm
Jarak antar magnet	τ_f	2.6 cm
Celah udara	δ	0.02 cm
Jumlah kumparan	N_s	12
Jumlah phasa	N_{ph}	1
Jumlah lilitan setiap kumparan	N	300

B. Pengujian Generator Magnet Permane Fluks Aksial

Pengujian generator fluks aksila 1 fasa dilakukan dengan menggunakan motor dc magnet permanen sebagai *prime mover*, digunakannya motor DC ini bertujuan agar dapat diatur kecepatan putaran yang bervariasi dengan kondisi pengujian tanpa beban maupun berbeban. Dilakukannya pengujian tanpa beban untuk mengetahui relasi antara kecepatan putar rotor (rpm), tegangan yang dihasilkan stator (volt) dan besar frekuensi (Hz) generator. Sedangkan pengujian berbeban dilakukan untuk mengetahui antara putaran rotor, arus, tegangan dan frekuensi.

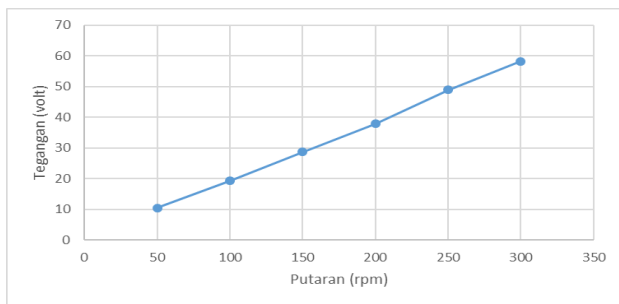
pengujian didapat hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

B.1 Pengujian Tanpa Beban

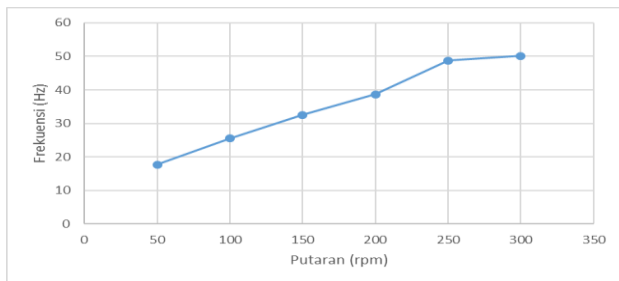
Hasil pengujian tanpa beban dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN GENERATOR TANPA BEBAN

No	Putaran (rpm)	Tegangan keluaran (Vrms)	Frekuensi (Hz)
1	50	10,47	17.70
2	100	19,25	25.50
3	150	28,70	32.50
4	200	37,91	38.70
5	250	48,90	48.76
6	300	58,21	50.11



Gambar 6 Grafik putaran vs tegangan



Gambar 7 Grafik putaran vs frekuensi

Dari Gambar 6 dan 7 diatas dapat dilihat pengaruh putaran terhadap tegangan dan frekuensi yang dihasilkan pada pengujian generator tanpa beban. Seperti yang terlihat bahwa putaran berbanding lurus dengan dengan tegangan dan frekuensi. Pada putaran nominal 250 rpm frekwensi yang dihasilkan 48.76 Hz, yang menunjukkan ada perbedaan dengan frekwensi seharusnya yaitu 50 Hz, selisih ini dapat di sebabkan oleh ketidakakurasian alat ukur yang digunakan dan proses pembacaannya.

B.2 Pengujian Berbeban

Pengujian ini dilakukan pada putaran 50 rpm sampai 300 rpm. Pada pengujian berbeban menggunakan 2 buah lampu pijar 24 volt 25 watt yang dihubungkan secara paralel. Dari

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN GENERATOR BERBEBAN

Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus sumber (A)	Arus beban (A)	Daya (watt)	Frekuensi (Hz)
50	4.56	0.31	0.19	1.41	17.50
100	8.75	0.52	0.27	4.55	25.20
150	13.30	0.76	0.35	10.11	31.90
200	18.11	0.97	0.47	17.57	38.30
250	20.74	1.13	0.58	23.44	48.58
300	22.11	1.36	0.67	30.06	49.95

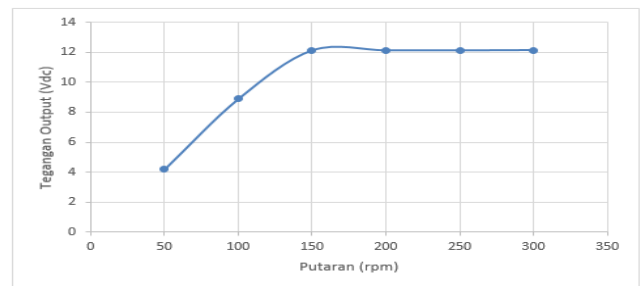
Dari hasil pengujian generator berbeban pada Tabel 3, terlihat bahwa putaran berbanding lurus dengan tegangan, arus, daya dan frekuensi. Setiap penambahan putaran 50 rpm, penambahan rata-rata tegangan sebesar 6,5 Volt, penambahan rata-rata arus sumber sebesar 0,25 Ampere, penambahan rata-rata daya sebesar 6,2 watt. Jika dibandingkan hasil pengujian tanpa beban (Tabel 2), nilai frekwensi pada saat berbeban lebih kecil daripada saat tidak berbeban.

C. Pengujian Penyearah 1 fasa Gelombang Penuh

Hasil pengukuran besar output tegangan yang dihasilkan penyearah gelombang penuh 1 fasa dengan putaran generator yang bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini.

TABEL 4 HASIL PENGUJIAN PENYEARAH GELOMBANG PENUH 1 FASA

Putaran (rpm)	Tegangan input (Vrms)	Tegangan output Vdc
50	10,47	4.20
100	19,25	8.89
150	28,70	12.12
200	37,91	12.12
250	48,90	12.12
300	58,21	12.14



Gambar 8 Grafik putaran vs tegangan output penyearah 1 fasa

Dari Gambar 8 diatas, tegangan yang dihasilkan penyearah mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya putaran yang diberikan. Pada putaran 150 rpm tegangan output yang dihasilkan telah mencapai 12.12 Vdc.

Output tegangan dengan besar 12 Vdc merupakan tegangan output yang direncanakan. Untuk mengontrol tegangan output digunakannya IC regulator (7812).

V. KESIMPULAN

Pemilihan jenis dan ukuran magnet yang sesuai dengan besar fluks magnet yang digunakan menjadi salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam mendesain sebuah generator, karena besar ukuran dan jenis magnet yang digunakan mempengaruhi besar kecilnya fluks magnet yang dibangkitkan. Pemilihan besar diameter kawat yang digunakan sangat penting, dimana semakin besar diameter kawat yang digunakan maka semakin besar pula daya hantar arus yang dimiliki. Jumlah lilitan pada setiap kumparan mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan.

REFERENSI

- [1] Hari Prasetijo, Sugeng Waluyo, "Optimasi Lebar Celah Udara Generator Axial Magnet Permanen Putaran Rendah 1 Fase," JNTETI, vol. 4, no 4, 2015.
- [2] Garrison F. Price, Todd D.Badzel, Mihai Comanescu, an Bruce A.Muller, "Desing and Testing of Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator," Proceedings of The 2008 IAJC-IJME International Conference, Paper 190, ENT 202, 2008.
- [3] Mustofa, Didik Notosudjono, M.Sc, Dade Suhendi, "Perancangan Pembangkit Listrik Menggunakan Generator Magnet Permanen dengan Motor DC sebagai Prime Mover", Universitas Pakuan Bogor, 2014.
- [4] Hari Prasetijo, Ropiudin, Budi Dharmawan, "Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah", Dinamika Rekayasa ,Vol. 8 No. 2, Agustus 2012
- [5] Yusuf Ismail Nakhoda, Chorul Saleh "Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal," Jurnal ITATS, p. 62, 2015.
- [6] Muhammad H.Rashid, "Power Electronics Handbook (in Three-Phase Diode Rectifiers)", pp. 144-145, Canada, Academic Press, 2001.