

Optimasi Parameter Kawat Polyester Enamelled Wire (PEW) Generator Magnet Permanen 100 RPM

Muhammad Doddy Chandra¹, Zulkifli²

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia
email: doddychandra0200@gmail.com¹, zulkifli@polbeng.ac.id²

Abstrak - Penelitian ini fokus pada generator magnet permanen dengan GGL induksi yang dipertahankan (50, 100, 150, dan 220 Volt). Pengukuran dilakukan untuk generator 1 (gen1) dengan stator kawat 0.4 mm (6 x 500) 3000 lilitan dan generator 2 (gen2) stator kawat 0,2 mm (6 x 1500) 9000 lilitan serta beban analisa 7 watt. Hasil Menunjukkan bahwa untuk tegangan 50 V, Putaran generator 1 lebih besar daripada generator 2. Hal ini disebabkan jumlah lilitan generator 1 lebih kecil daripada generator 2. Sementara untuk Arus dan Daya gen 1 lebih besar daripada generator 2 walaupun lilitannya lebih sedikit. Hal yang sama juga berlaku untuk tegangan 100, 150 dan 220. Sedangkan daya yang dihasilkan untuk tegangan 220 V sama kedua generator tersebut tetapi putaran gen 2 lebih kecil daripada gen 1. Pilihan tetap untuk putaran yang lebih rendah. Daya keluaran generator baik tanpa beban maupun dengan beban nilai sama (pengukuran dan teori). Ini disebabkan karena mempertahankan tegangan *output* generator. Untuk generator 1 tegangan 50 V arus 0,2 A dan daya 10 watt, pada tegangan 100 V arus 0,3 A, dan daya 30 watt, pada tegangan 150 V arus mencapai 0,4 A dan daya 60 watt dan tegangan 220 V arus 0,5 A dan daya 110 watt. Untuk generator 2 tegangan 50 V arus 0,1 A dan daya 5 watt, pada tegangan 100 V arus 0,2 A, dan daya 20 watt, pada tegangan 150 V arus mencapai 0,3 A dan daya 45 watt dan tegangan 220 V arus 0,5 A dan daya 110 Watt. Nilai rata-rata kuat medan magnet Gen 1 (0,731 T) dan Gen 2 (0,679 T) tidak jauh berbeda tanpa beban. Sedangkan dengan beban Gen 1 (0,679 T) dan Gen 2 (0,519 T). Dari nilai B yang diperoleh dua generator tersebut (tanpa beban dan dengan beban), rata-rata kuat medan magnet sistem menjadi 0,652 T. Dari nilai B rata-rata tersebut, generator putaran 100 RPM dengan GGL induksi 50 V memerlukan kumparan sebanyak 23.200 lilitan, 100 V sebanyak 46.500 lilitan, 150 V 69.655 lilitan dan 220 V 102.100 lilitan.

Kata Kunci - Generator, Magnet permanen dan kumparan

Abstract - This paper focuses on permanent magnet generators with maintained induced emf (50, 100, 150, and 220 Volts). Measurements were made for generator 1 (gen1) with 0.4 mm (6 x 500) 3000 winding wire stator and generator 2 (gen2) 0.2 mm (6 x 1500) 9000 winding wire stator and 7 watt analysis load. The results show that for a voltage of 50 V, the rotation of generator 1 is greater than that of generator 2. This is because the number of turns of generator 1 is smaller than that of generator 2. Meanwhile, for current and power, gen 1 is greater than generator 2, although there are fewer turns. The same applies to voltages of 100, 150 and 220. While the power generated for a voltage of 220 V is the same for both generators, but the 2nd gen rotation is smaller than the 1st gen. The choice remains for lower rotations. The output power of the generator both without load and with a load of the same value (measurement and theory). This is due to maintaining the generator output voltage. For generator 1 the voltage is 50 V, the current is 0.2 A and the power is 10 Watts, at the voltage of 100 V the current is 0.3 A, and the power is 30 Watts, at the voltage of 150 V the current reaches 0.4 A and the power is 60 Watts and the voltage is 220 V. 0.5 A and 110 Watt power. For generator 2, the voltage is 50 V, the current is 0.1 A and the power is 5 Watt. At the voltage of 100 V, the current is 0.2 A, and the power is 20 Watt. At a voltage of 150 V, the

current reaches 0.3 A and the power is 45 Watt and the voltage is 220 V. 0.5 A and 110 Watt power. The average value of the magnetic field strength of Gen 1 (0.731 T) and Gen 2 (0.679 T) is not much different without load. Meanwhile, with the load of Gen 1 (0.679 T) and Gen 2 (0.519 T). From the B value obtained by the two generators (without load and with load), the average magnetic field strength of the system becomes 0.652 T. From the average B value, a 100 RPM rotational generator with 50 V induced emf requires 23,200 turns of coil, 100 V as many as 46,500 turns, 150 V 69,655 turns and 220 V 102,100 turns.

Keywords – Generators, Permanent magnets and coils

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi air, energi angin dan energi termal matahari sebagai sumber energi listrik alternatif skala kecil memerlukan generator yang sesuai karena energi mekanik berupa putaran yang dihasilkan oleh sumber energi tersebut umumnya pada putaran yang rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator sinkron yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah.

Generator merupakan mesin listrik yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator permanen magnet tipe radial sendiri mampu menghasilkan energi listrik pada putaran rendah [1], generator permanen magnet (PMSG) merupakan generator sinkron yang menggunakan magnet permanen (*Neodymium iron boron*). Dalam pembuatannya, untuk meningkatkan daya, tegangan dan kecepatan pada generator magnet permanen, caranya hanya dengan mengubah parameter seperti jumlah lilitan, jumlah belitan, jumlah magnet, fluks magnet dan ukuran diameter kawat. Kontruksi generator terdiri dari komponen stator, komponen rotor, komponen pendingin, komponen sistem eksitasi statis dan *insulated phase busduct* (IPB).

Tujuan utama penerapan generator magnet permanen putaran rendah adalah untuk penggunaan kincir angin dan turbin air kecepatan rendah, seperti yang dilakukan oleh Pambudi [2], Noprizal [3]. Beberapa model generator putaran yang telah rancang, Hartono [4] menggunakan kumparan stator ganda. Pramurti [5] menggunakan fluks magnet radial. Dari beberapa model yang dibuat, penelitian ini dilakukan pengujian dan desain generator putran rendah dengan tegangan *output* 220 Volt (100 RPM).

II. METODOLOGI ANALISIS

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

1. Rotor

Untuk perancangan rotor pada generator 1-2 fasa, jumlah magnet yang digunakan berjumlah 6 dari banyaknya kumparan yang akan digunakan.

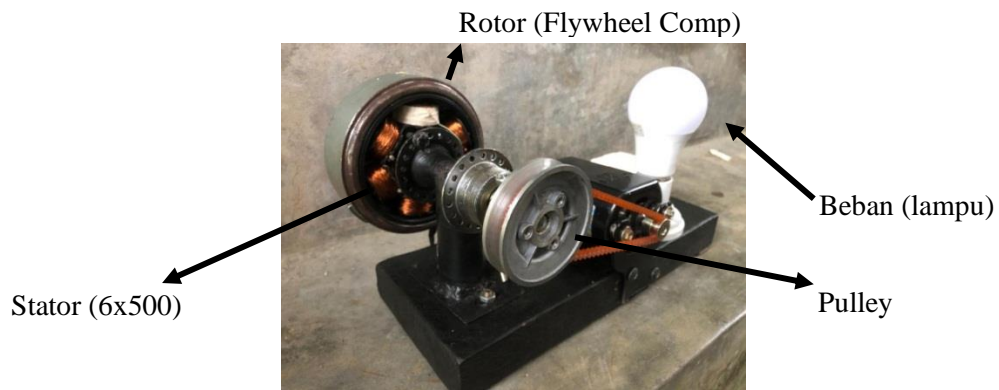
2. Stator

Stator merupakan bagian yang diam pada mesin ini, dimana pada stator ini terdapat 6 buah kumparan. Parameter stator yang digunakan:

a. Kawat kumparan yang digunakan jenis Polyester Enamelled Wire (PEW)

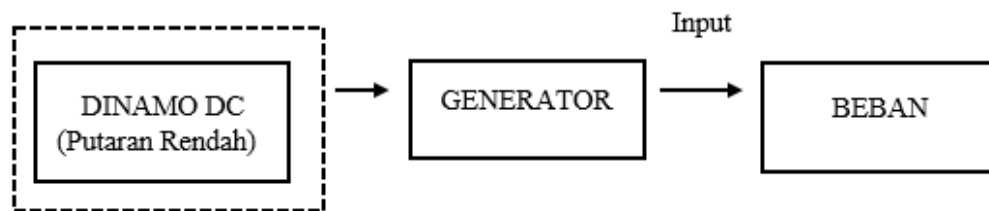
b. Stator yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 buah yaitu:

- Stator 1: Diameter kawat 0,4 mm, lilitan masing-masing kumparan 500 lilitan, total (6 x 500) 3000 lilitan
- Stator 2, Diameter kawat 0,2 mm, lilitan masing-masing kumparan 1500 lilitan, total (6 x 1500) 9000 lilitan



Gambar 1. Hasil rancangan generator magnet permanen

Prinsip kerja pada sistem analisa GGL induksi pada generator magnet permanen berupa tegangan induksi, terdapat beberapa komponen yang sangat berperan penting dalam proses awal hingga akhir dari sistem kerja alat pada perubahan fluks ini. Diantaranya, terdapat komponen utama yang sangat penting yaitu *Stator comp* atau kumparan digunakan untuk penghasil energi listrik yang akan memenuhi seluruh kebutuhan *electrical* motor, semakin banyak jumlah lilitan yang diberikan pada kumparan stator, maka tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator magnet akan semakin besar pula, selain itu komponen seperti *flywheel* magnet juga komponen penting untuk sistem analisa perubahan fluks pada generator magnet permanen.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kerja Secara Umum

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan mengkondisikan beberapa parameter, yakni:

1. Tegangan *output* generator (GGL Induksi generator) dibuat tetap sebesar 50 V, 100 V, 150 V dan 220 V.
2. Tegangan terukur untuk generator dengan beban dan tanpa beban.
3. Singkatan yang digunakan dalam pembacaan tabel:
 - a. Gen 1 (0,4/3000) : Generator 1 dengan stator 1: diameter 0,4 mm dan 3000 lilitan
 - b. Gen 2 (0,2/9000) : Generator 2 dengan stator 2: diameter 0,2 mm dan 9000 lilitan

TABEL 1. PERBANDINGAN PARAMETER UKUR GENERATOR 1 DAN 2 TANPA BEBAN

GGL Induksi Generator	Putaran		Arus		Daya	
	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)
50	692,8 RPM (72,549 Rad/s)	285,4 RPM (29,887 rad/s)	0,2 A	0,1 A	10 Watt	5 Watt
100	1.426 RPM (149,330 Rad/s)	489,5 RPM (51,260 rad/s)	0,3 A	0,2 A	30 Watt	20 Watt
150	2.050 RPM (214,675 Rad/s)	704,1 RPM (73,733 rad/s)	0,4 A	0,3 A	60 Watt	45 Watt
220	3.014 RPM (315,625 Rad/s)	1053 RPM (110,269 rad/s)	0,5 A	0,5 A	110 Watt	110 Watt

TABEL 2. PERBANDINGAN PARAMETER UKUR GENERATOR 1 DAN 2 DENGAN BEBAN LAMPU 7 WATT

GGL Induksi Generator	Putaran		Arus		Daya	
	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)	Gen 1 (0,4/3000)	Gen 2 (0,2/9000)
50	740,9 RPM (77,586 Rad/s)	495,6 RPM (51,889 rad/s)	0,2 A	0,1 A	10 Watt	5 Watt
100	1591 RPM (166,609 Rad/s)	604,6 RPM (63,313 rad/s)	0,3 A	0,2 A	30 Watt	20 Watt
150	2152 RPM (225,356 Rad/s)	898,7 RPM (94,111 rad/s)	0,4 A	0,3 A	60 Watt	45 Watt
220	3176 RPM (332,589 Rad/s)	1224 RPM (128,176 rad/s)	0,5 A	0,5 A	110 Watt	110 Watt

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk tegangan 50 V, Putaran generator 1 lebih besar daripada generator 2. Hal ini disebabkan jumlah lilitan generator 1 lebih kecil daripada generator 2. Sementara untuk Arus dan Daya gen 1 lebih besar daripada generator 2 walaupun lilitannya lebih sedikit. Hal yang sama juga berlaku untuk tegangan 100, 150 dan 220. Sedangkan daya yang dihasilkan untuk tegangan 220 V sama kedua generator tersebut tetapi putaran gen 2 lebih kecil daripada gen 1. Pilihan tetap untuk putaran yang lebih rendah.

A. Perhitungan Daya Output Generator 1 dan 2 Tanpa Beban

Berdasarkan rumus baku daya listrik ($P = V \times I$) menunjukkan bahwa hasil perhitungan teoritis sama dengan hasil pengukuran Tabel 1 dan 2 seperti ditunjukkan pada tabel 3 dan 4.

TABEL 3. PERBANDINGAN DAYA OUTPUT HASIL PENGUKURAN DAN TEORITIS TANPA BEBAN

Tegangan Output (GGL Induksi generator)	Gen 1 (0,4/3000)			Gen 2 (0,2/9000)		
	Arus (Ampere)	Daya (Watt)		Arus (Ampere)	Daya (Watt)	
		Pengukuran	Teoritis		Pengukuran	Teoritis
50	0,2	10	10	0,1	5	5
100	0,3	30	30	0,2	20	20
150	0,4	60	60	0,3	45	45
220	0,5	110	110	0,5	110	110

B. Perhitungan Daya Output Generator 1 dan 2 (Beban Lampu 7 Watt)

TABEL 4. PERBANDINGAN DAYA OUTPUT HASIL PENGUKURAN DAN TEORITIS DENGAN BEBAN

Tegangan Output (GGL Induksi generator)	Gen 1 (0,4/3000)			Gen 2 (0,2/9000)		
	Arus (Ampere)	Daya		Arus (Ampere)	Daya	
		Pengukuran	Teoritis		Pengukuran	Teoritis
50	0,2	10	10	0,1	5	5
100	0,3	30	30	0,2	20	20
150	0,4	60	60	0,3	45	45
220	0,5	110	110	0,5	110	110

Dari Tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa daya keluaran generator baik tanpa beban maupun dengan beban nilai sama (pengukuran dan teori). Ini disebabkan karena mempertahankan tegangan *output* generator. Untuk generator 1 tegangan 50 V arus 0,2 A dan daya 10 Watt, pada tegangan 100 V arus 0,3 A, dan daya 30 Watt, pada tegangan 150 V arus mencapai 0,4 A dan daya 60 Watt dan tegangan 220 V arus 0,5 A dan daya 110 Watt. Untuk generator 2 tegangan 50 V arus 0,1 A dan daya 5 Watt, pada tegangan 100 V arus 0,2 A, dan daya 20 Watt, pada tegangan 150 V arus mencapai 0,3 A dan daya 45 Watt dan tegangan 220 V arus 0,5 A dan daya 110 Watt.

Dilihat dari perhitungan dua generator di atas diperoleh nilai rata-rata kuat medan magnet Gen 1 (0,731 T) dan Gen 2 (0,679 T) tidak jauh berbeda tanpa beban. Sedangkan dengan beban Gen 1 (0,679 T) dan Gen 2 (0,519 T). Dari nilai B yang diperoleh dua generator tersebut (tanpa beban dan dengan beban), rata-rata kuat medan magnet sistem menjadi 0,652 T. Nilai rata-rata B ini lah akan digunakan untuk menganalisa berikutnya yaitu perhitungan jumlah lilitan dengan putaran dan tegangan yang dipertahankan (diinginkan). Hasil perhitungan seperti Tabel 5.

TABEL 5. ANALISA LILITAN DAN PUTARAN GENERATOR DENGAN TEGANGAN DIPERTAHANKAN

Tegangan (GGL Induksi Generator) (Volt)	Kuat Magnet (Tesla)	Luas Kumparan (m ²)	Jumlah Lilitan (N)	Kecepatan Putaran	
				Rad/s	RPM
50	0,652		23.200	10,5270	100
100	0,652		46.500	10,5044	100
150	0,652	0,000314	69.655	10,5187	100
200	0,652		92.800	10,5270	100
220	0,652		102.100	10,5249	100

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan mempertahankan tegangan *output* generator dan putaran rendah (100 RPM) yang diinginkan maka parameter kawat seperti jumlah lilitan yang dibutuhkan makin besar. GGL induksi 50 V memerlukan kumparan sebanyak 23.200 lilitan, 100 V sebanyak 46.500 lilitan, 150 V 69.655 lilitan dan 220 V 102.100 lilitan Untuk memenuhi kondisi ini, dimensi rotor dan stator diperbesar, magnet permanen yang kuat menjadi pilihan mutlak, dan trafo stepup untuk menaikkan tegangan jika tidak menggunakan tegangan 220 V langsung dari generator.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan penulis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dua generator dengan lilitan 3000 dan 9000 baik dengan beban maupun tanpa beban menghasilkan kuat medan magnet hampir sama dengan rata-rata 0,652 T.
2. Tegangan yang dipertahankan akan membuat putaran generator lebih kecil untuk generator 9000 lilitan.
3. Daya yang diperoleh dari hasil pengukuran sama dengan perhitungan teoritis.
4. Diameter coil tidak mempengaruhi besar nya medan magnet dan induksi magnet.

REFERENSI

[1] H. Prasetyo, Ropiudin, and B. Dharmawan, “Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah,” *J. Din. Rekayasa*, vol. 8, no. 2, pp. 70–77, 2012.

[2] Y. D. S. Pambudi, S. Rokhmanila, and S. M. N. Angga, “Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Dan Generator Induksi Pada Sistem PLTMH,” *J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 45–51, 2020.

[3] L. Noprizal, M. Syukri, and Syahrizal, “Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah,” *KITEKTRO J. Online Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 40–44, 2016.

[4] Hartono, Sugito, and Wihantoro, “Prototype Generator Magnet Permanen Menggunakan Kumparan Stator Ganda,” *J. Berk. Fis.*, vol. 17, no. 4, pp. 115–120, 2016.

[5] A. R. Pramurti, “Studi Desain Generator Magnet Permanen Fluks Radial pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Kecepatan Putaran Rendah,” *J. Cyclotr.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2020.