

PROTOTYPE GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGUNAKAN KUMPARAN STATOR GANDA

Hartono^{}, Sugito dan Wihantoro*

*Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman
Jln. Dr. Soeparno 61 Karangwangkal, Purwokerto*

**Korespondensi penulis, Email: hartono@unsoed.ac.id*

Abstract

A permanent magnet generator has had been built using double stator coil. Such coil was used to increase the electrical energy produced. This is apparently a type of single phase generator equipped by four permanent magnets of 2.5 cm in diameter and length each. Each of the four magnets has 4000 Gauss magnetic strength. The coil itself made from email wire of 0.12 mm in diameter and has 1200 turns. The performance of generator was tested on a rotor that turn by 300, 600, 900 and 1200 rpms each. The testing was performed on a condition with and without any load resistance. Testing result without load resistance showed the increase average output voltage about 83.95%, where the generator with load resistance has increase average output voltage about 62.65%.

Keywords: *generator, permanent magnet, double stator, increase the electrical energy*

Abstrak

Sebuah generator magnet permanen telah dibuat dengan menggunakan kumparan stator ganda. Penggunaan kumparan stator ganda dimaksudkan untuk meningkatkan energi listrik yang dihasilkan. Generator yang dibuat merupakan generator satu fasa dengan memanfaatkan empat buah magnet permanen. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet silinder yang masing-masing memiliki diameter dan panjang 2,5 cm. Kekuatan medan magnet dari setiap magnet permanen sebesar 4000 Gauss. Kumparan dibuat menggunakan kawat email berdiameter 0,12 mm sebanyak 1200 lilitan. Generator diuji pada variasi putaran rotor 300, 600, 900 dan 1200 rpm. Pengujian generator dilakukan pada dua keadaan, yaitu keadaan tanpa beban dan keadaan terbebani menggunakan variabel resistor. Hasil pengujian pada keadaan tanpa beban menunjukkan adanya peningkatan tegangan keluaran generator pada kondisi stator ganda rata-rata sebesar 83,95 %. Pengujian dengan pembebanan juga menunjukkan adanya peningkatan daya keluaran generator untuk kondisi stator ganda rata-rata sebesar 62,65 %.

Kata Kunci: *Generator, Magnet permanen, stator ganda, peningkatan energi.*

Pendahuluan

Energi listrik dari sumber terbarukan merupakan energi alternatif yang harus dikembangkan. Berbagai usaha telah dilakukan oleh pemerintah agar penggunaan energi listrik mulai bergeser kepada sumber yang terbarukan, seperti energi angin, energi air, energi matahari ataupun energi ombak. Selain energi yang bersumber dari matahari, untuk mengkonversi energi alam menjadi energi listrik dibutuhkan generator. Kebanyakan generator yang beredar di pasaran

menggunakan kecepatan putar yang tinggi, diatas 1000 rpm. Kebutuhan generator pada skala mikro adalah generator dengan kecepatan putar rendah.

Usaha pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik telah dilakukan menggunakan Rotor Savonius dan Windside yang mampu memberikan penerangan jalan tol [1]. Hal serupa juga pernah dilakukan melalui pembuatan turbin angin dan generator yang diimplementasikan di daerah Kampung Laut, Cilacap [2]. Mengingat putaran

yang dihasilkan oleh turbin angin mempunyai frekuensi putaran yang rendah, maka perlu dibuat suatu generator yang mampu menghasilkan energi listrik pada putaran rendah. Penelitian terkait dengan rancang bangun generator putaran rendah telah dilakukan menggunakan magnet permanen. Pada penelitian tersebut menggunakan magnet permanen pada bagian rotor dan sebuah stator yang terpasang kumparan untuk menghasilkan arus induksi [3]. Magnet permanen juga dapat difungsikan sebagai penguat medan magnet dari sebuah generator [4]. Generator listrik juga dapat dibuat dengan memanfaatkan sebuah motor induksi [5].

Rancangan generator pada penelitian ini menggunakan magnet permanen sebagai rotor yang diapit oleh dua buah stator pada bagian depan dan belakang. Pada setiap bagian stator ditanamkan kumparan dengan jumlah yang sama dengan jumlah magnet permanen, sehingga dengan adanya dua bagian stator akan dihasilkan arus listrik yang yang lebih besar dari pada menggunakan stator tunggal. Dengan demikian daya keluaran dari generator yang dihasilkan juga akan lebih besar.

Peristiwa munculnya ggl pada suatu kumparan akibat adanya perubahan medan magnet yang terjadi dalam suatu kumparan disebut induksi elektromagnetik [6]. Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Hal ini dikarenakan adanya spin magnetik yang teratur dan mengarah pada satu arah tertentu. Apabila seutas kawat dialirkan arus listrik searah, maka akan muncul medan magnet di sekitar kawat tersebut. Apabila kawat tersebut dibuat melingkar, maka pada bagian dalam lingkaran akan muncul medan magnet pada arah tertentu. Kumparan kawat yang membentuk silinder yang jarak antar lilitannya sangat rapat disebut dengan solenoida. Berdasarkan pada

peristiwa tersebut maka apabila ada medan magnet yang selalu berubah mengenai solenoida tersebut akan memunculkan arus listrik. Peristiwa semacam ini dikenal dengan induksi elektromagnetik.

Menurut percobaan yang dilakukan oleh Faraday, jika *fluks* magnetik yang melalui suatu rangkaian diubah dengan cara apapun, maka akan muncul ggl induksi yang sama besarnya dengan laju perubahan *fluks* yang diinduksikan dalam rangkaian [7]. Hukum Faraday menyatakan bahwa tegangan elektrik imbas ε di dalam sebuah rangkaian adalah sama (kecuali tanda negatifnya) dengan kecepatan *fluks* yang melalui rangkaian tersebut. Jika kecepatan perubahan *fluks* dinyatakan di dalam *weber/detik*, maka tegangan gerak elektrik ε akan dinyatakan dalam *volt*. Besarnya ggl induksi (*electromagnetic force*) merupakan perubahan *fluks* magnetik (ϕ_B) dalam selang waktu (t) sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (1)$$

Tanda negatif pada persamaan (1) merupakan pernyataan dari Hukum Lenz yang menjelaskan bahwa tegangan gerak elektrik akan selalu berlawanan terhadap perubahan medan magnet yang diterima kumparan atau solenoida. Jika persamaan (1) diberlakukan pada sebuah solenoida yang terdiri dari N lilitan, maka sebuah tegangan gerak elektrik akan muncul dalam setiap lilitan sehingga tegangan gerak elektrik totalnya merupakan penjumlahan dari setiap lilitan, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} = - \frac{d(N\phi_B)}{dt} \quad (2)$$

Dengan $N\phi_B$ menyatakan nilai tautan fluks (*fluks linkages*) di dalam solenoida, N menyatakan jumlah lilitan dan ϕ_B menyatakan fluks magnetik.

Medan magnet induksi akan selalu melawan arah gerakan magnet. Ketika magnet digerakkan menjauhi

kumparan, maka arus akan berubah arah dan dengan demikian pula arah medan magnet juga akan berubah [8]. Hal ini mengakibatkan adanya gaya yang berupaya untuk mencegah magnet bergerak menjauhi kumparan. Ke arah manapun magnet digerakkan, maka akan selalu terdapat gaya yang melawan pergerakan tersebut yang dibentuk dari medan magnet kumparan. Hasil dari gaya tersebut dikonversikan menjadi beda potensial yang dapat diukur dari ujung-ujung kumparan.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen di Laboratorium Elektronika Instrumentasi dan Geofisika Program Studi Fisika MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: perancangan dan perhitungan terkait dengan generator magnet permanen, realisasi atau pembuatan generator dan pengujian generator terhadap variasi kecepatan putaran. Pengujian dilakukan terhadap generator dalam dua keadaan, yaitu keadaan tanpa beban dan keadaan pembebanan.

Rancangan generator yang dibuat adalah menggunakan magnet permanen pada bagian rotor. Magnet permanen disusun melingkar pada suatu piringan dengan posisi kutub magnet berselang seling antara kutub Utara dan kutub Selatan. Penyusunan generator adalah bagian rotor diapit oleh dua buah stator, yaitu bagian depan dan bagian belakang. Bagian stator dibuat dari piringan yang ditanamkan kumparan. Jumlah kumparan pada setiap piringan dibuat sama dengan jumlah magnet permanen yang dipasang pada bagian rotor. Ketiga piringan yang terdiri dari sebuah piringan yang berisi magnet permanen dan dua buah piringan berisi kumparan disusun dengan urutan stator-rotor-stator. Susunan dari stator-rotor-stator dibuat seporos.

Kekuatan medan magnet dari setiap magnet yang digunakan adalah sebesar 4000 Gauss. Sementara pada bagian stator menggunakan kumparan masing-masing sebanyak 1200 lilitan untuk setiap untai kumparan. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet bentuk silinder dengan diameter 2,5 cm dan tinggi 2,5 cm. Kumparan pada bagian stator dibuat dari bahan kawat email dengan ukuran diameter 0,12 mm.

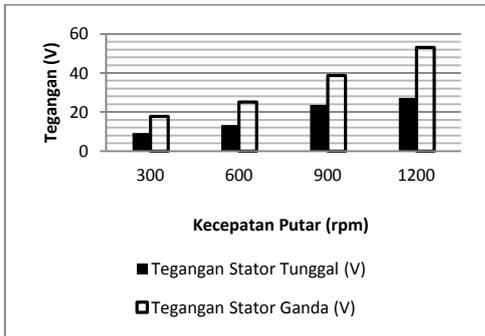
Hasil dan Pembahasan

Pengujian Laju Korosi

Karakterisasi yang dilakukan pada generator ini meliputi respon arus dan tegangan keluaran generator pada berbagai kecepatan putaran baik pada kondisi tanpa beban maupun pada kondisi pembebanan. Kondisi pembebanan dilakukan dengan memberikan beban pada generator berupa variabel resistor 5 K Ω . Pengujian dilakukan pada empat variasi kecepatan, yaitu pada putaran rata-rata 300 rpm, 600 rpm, 900 rpm dan 1200 rpm. Data hasil pengujian untuk variasi kecepatan tanpa beban seperti ditunjukkan pada **Tabel 1.** dan **Gambar 1.**

Tabel 1 Data tegangan generator pada berbagai kecepatan putar rotor kondisi tanpa beban

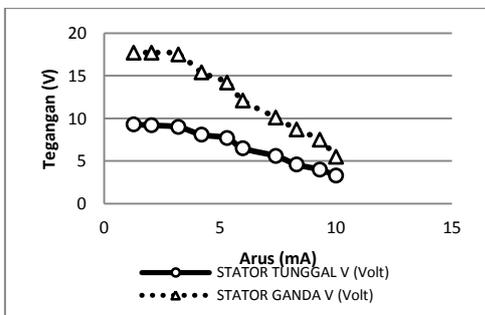
No	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan Stator Tunggal (V)	Tegangan Stator Ganda (V)
1	300	9.3	17.7
2	600	13.4	25.1
3	900	23.7	38.7
4	1200	27.2	53



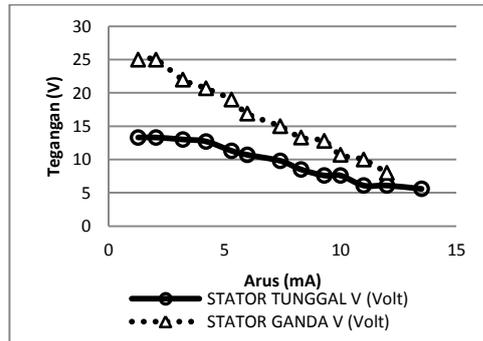
Gambar 1. Tegangan keluaran generator kondisi tanpa beban.

Berdasarkan pengujian diperoleh hasil bahwa generator dapat menghasilkan tegangan dalam keadaan terbuka pada putaran rendah, yaitu 300 rpm. Tegangan keluaran pada stator ganda mengalami peningkatan rata-rata sebesar 83,95 % dari tegangan stator tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya stator ganda dapat meningkatkan energi yang cukup berarti. Generator juga memberikan peningkatan tegangan keluaran seiring dengan meningkatnya putaran rotor.

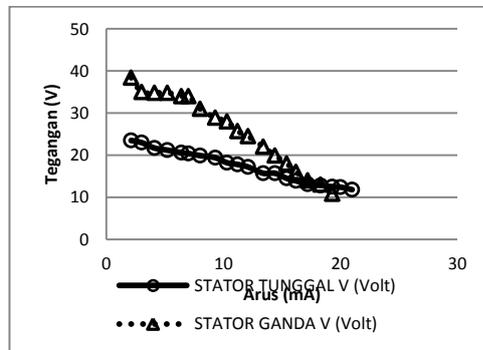
Pengujian juga dilakukan pada kondisi pembebanan. Pembebanan dilakukan secara variatif pada setiap kecepatan putaran. Variasi pembebanan dilakukan dengan mengubah nilai hambatan beban yang terpasang. Hasil pengujian pembebanan setiap variasi kecepatan pada stator tunggal maupun ganda dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



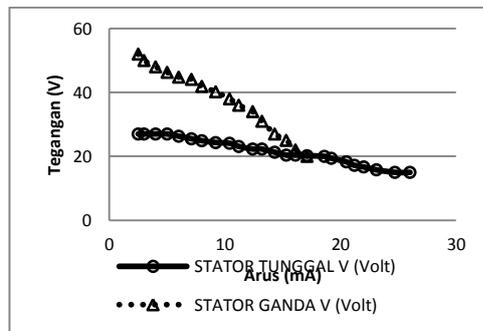
Gambar 2 Respon Arus dan Tegangan Generator pada putaran rata-rata 300 rpm



Gambar 3 Respon Arus dan Tegangan Generator pada putaran rata-rata 600 rpm



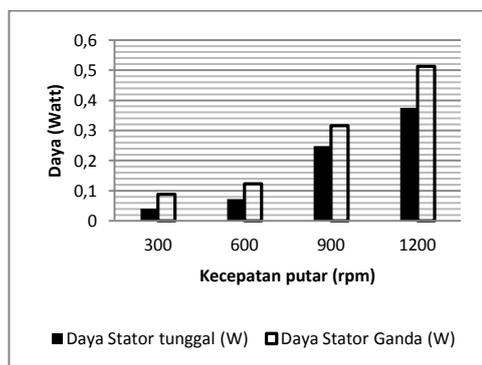
Gambar 4 Respon Arus dan Tegangan Generator pada putaran rata-rata 900 rpm



Gambar 5 Respon Arus dan Tegangan pada putaran rata-rata 1200 rpm

Berdasarkan pada hasil pengujian terhadap generator dengan pembebanan diperoleh bahwa generator juga mampu memberikan energi yang lebih besar pada stator ganda. Daya keluaran generator pada putaran 300 rpm yang optimal adalah 0,041 Watt pada stator tunggal dan 0,088 Watt pada stator ganda. Keadaan ini dicapai pada

tegangan 7,7 volt untuk stator tunggal dan 14,2 volt untuk stator ganda. Hal ini menunjukkan peningkatan daya keluaran yang sangat berarti, mencapai lebih dari 100 %. Daya keluaran generator pada putaran 600 rpm yang optimal adalah 0,073 Watt pada stator tunggal dan 0,123 Watt pada stator ganda. Keadaan ini dicapai pada tegangan 9,8 volt untuk stator tunggal dan 15,0 volt untuk stator ganda. Daya keluaran generator juga mengalami peningkatan yang cukup berarti, yaitu mencapai 69,61 %. Daya keluaran generator pada putaran 900 rpm yang optimal adalah 0,248 Watt pada stator tunggal dan 0,316 Watt pada stator ganda. Keadaan ini dicapai pada tegangan 12,4 volt untuk stator tunggal dan 24,5 volt untuk stator ganda. Peningkatan daya untuk stator ganda juga terjadi sebesar 28,43 %. Daya keluaran generator pada putaran 1200 rpm yang optimal adalah 0,375 Watt pada stator tunggal dan 0,513 Watt pada stator ganda. Keadaan ini dicapai pada tegangan 18,3 volt untuk stator tunggal dan 34,0 volt untuk stator ganda. Daya pada stator ganda mengalami peningkatan sebesar 36,85 %. Secara keseluruhan perbandingan daya optimum keluaran generator untuk berbagai kecepatan putar dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Daya keluaran optimal pada berbagai kecepatan putar rotor.

Kesimpulan

1. Prototype generator magnet permanen dibuat menggunakan 4 bauh magnet permanen dan dua stator yang masing-masing terdiri dari 4 kumparan. Kekuatan medan setiap magnet sebesar 4000 Gauss dan jumlah lilitan setiap kumparan sebanyak 1200 lilitan dari kawat email berdiameter 0,12 mm.
2. Generator mampu menghasilkan arus listrik pada putaran rendah yaitu mulai dari 300 rpm. Keberadaan stator ganda mampu meningkatkan daya listrik yang dihasilkan. Pada putaran 300 rpm meningkat sampai 115,73 % dari stator tunggal. Pada putaran 600 rpm meningkat sebesar 69,61 %, pada putaran 900 rpm meningkat sebesar 28,43 % dan pada putaran 1200 rpm daya stator ganda meningkat sebesar 36,85 % dari stator tunggal.

Referensi

- [1] Soelaiman, P.N. Tandian, dan Rosidin, "Perancangan, pembuatan dan pengujian Prototipe SKEA menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol", Laporan Penelitian ITB Bandung, 2000.
- [2] Bilalodin, Sugito, 2011, Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro Guna Memenuhi Pasokan Listrik di Kampung Laut Kabupaten Cilacap, *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada masyarakat, Unsoed.
- [3] H.Asy'ari, A.Budiman, W.Setiyawan, 2012, Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin Horizontal dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial Kecepatan Rendah, *Prosiding Seminar aplikasi sains dan teknologi periode III*, ISSN 1979-911X, B42-B47

- [4] Teguh Harijono Mulud, Pengaruh Magnet Permanen sebagai Penguat Medan Magnet pada Pembangkit Tenaga Listrik, Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013. Pp 69-74
- [5] Machmud Effendy, 2009, Rancang Bangun Motor Induksi sebagai Generator (MISG) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, *TRANSMISI, Jurnal Teknik Elektro*, Volume 11, Nomor 2, Juni 2009, hlm. 71-76 *Variasi Sudut Bending*. Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Tipler, Paul A.1991. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- [7] Young dan Freedman, 2003, *Fisika Universitas, Jilid 2*, Erlangga, Jakarta
- [8] Liang Chi Shen, Jin Au Kong, 2001, *Aplikasi Elektromagnetik*, Erlangga, Jakarta.