

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January

DOI: 10.21070/ijins.v27i1.2081

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article.....	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January
DOI: 10.21070/ijins.v27i1.2081

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

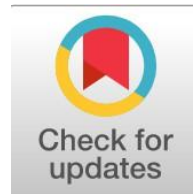
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Permanent Magnet Generator Design With Stable Output Under Variable Speed: Desain Generator Magnet Permanen dengan Output Stabil pada Kecepatan Variabel

Mochamad Aldhy Saputro Alamsyah, arasy.fahrudin@umsida.ac.id (*)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

A'rasy Fahrudin, arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mulyadi, arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Edi Widodo , arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Electrical energy demand continues to increase, requiring reliable generation systems with efficient performance. **Specific Background:** Permanent magnet synchronous generators are widely used due to their simplicity and ability to operate at low speeds. **Knowledge Gap:** Previous studies have not fully explored optimal design parameters for achieving stable output under varying rotational conditions. **Aims:** This study aims to design and analyze a permanent magnet generator to evaluate its electrical output characteristics. **Results:** The generator produces measurable voltage, current, and power under different rotational speeds, demonstrating consistent performance trends across testing conditions. The output increases proportionally with rotational speed, indicating stable operational behavior. **Novelty:** The study presents a practical implementation of generator design with systematic testing under variable speed conditions. **Implications:** The results provide a reference for developing small-scale power generation systems with stable electrical output for various applications.

Keywords: Permanent Magnet Generator, Electrical Energy, Generator Design, Output Voltage, Rotational Speed

Key Findings Highlights

Electrical output shows proportional relationship with rotational variation
System testing confirms consistent behavior across multiple operating conditions
Prototype demonstrates feasibility for small scale energy conversion applications

Published date: 2026-04-04

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar bagi setiap orang di dunia saat ini. Perusahaan yang menghasilkan listrik biasanya harus menggunakan sumber energi seperti batu bara dan minyak bumi untuk memenuhi permintaan energi listrik yang terus meningkat. Penggunaan energi primer yang berasal dari bahan bakar fosil sangat terbatas [1]. Energi terbarukan harus menggantikan bahan bakar fosil untuk mencegah kerusakan lebih lanjut terhadap lingkungan. Energi panas bumi, laut, angin, air, dan perubahan suhu yang dikonversi menjadi listrik hanyalah beberapa dari sekian banyak bentuk energi terbarukan. Mengingat kecepatannya yang tidak terlalu tinggi maupun berbahaya, Indonesia sendiri menawarkan potensi energi angin yang baik. Namun, efisiensi tinggi generator yang baik untuk menghasilkan listrik belum mengimbangi potensi energi yang baik ini.

Akibatnya, generator harus dikembangkan sebagai sumber energi listrik pengganti [2]. Dalam berbagai bidang, termasuk penggerak mekanis dan sistem pembangkit listrik, generator sangat penting. Rotor dan stator adalah dua bagian struktural utama generator. Komponen yang berputar, yang dikenal sebagai rotor, memiliki magnet yang terpasang padanya; ini umumnya disebut magnet rotor. Sementara itu, kumparan kawat tembaga ditempatkan di dalam stator, komponen stasioner. Secara teori, generator sinkron magnet permanen dibangun serupa dengan generator sinkron tradisional, yang terdiri dari stator dan rotor [3]. Alternator untuk generator sinkron, berfungsi dengan menggunakan induksi elektromagnetik dalam kumparan stator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator sinkron, yang juga dikenal sebagai alternator, bekerja dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik yang terjadi di kumparan stator [4]. Putaran rotor, yang ditenagai oleh mesin penggerak, menyediakan energi mekanik ini. Karena mereka menyediakan lebih dari 90% energi listrik yang dikonsumsi di seluruh dunia, alternator disebut sebagai mesin konversi energi terbesar [5]. Medan magnet stasioner berfungsi sebagai sumber eksitasi untuk stator pada generator dengan magnet permanen. Generator magnet permanen tidak memerlukan sistem eksitasi eksternal karena medan magnet sudah dibuat oleh magnet permanen, tidak seperti generator sinkron biasa yang memerlukan sumber arus searah untuk melakukannya [6]. Magnet permanen yang telah menerima perawatan khusus adalah sumber fluks magnet, yang memungkinkan garis gaya magnet mengalir baik secara aksial maupun radial [7]. Tanpa bantuan sistem eksitasi listrik tambahan, magnet dalam jenis generator fluks aksial dapat menghasilkan medan magnet di celah udara. Dengan bantuan 24 pasang magnet, generator jenis ini dapat beroperasi pada kecepatan sekitar 250 rpm. Generator magnet permanen merupakan alternatif yang layak untuk menghasilkan energi listrik karena desainnya yang sederhana dan efisiensinya yang tinggi [8]. Magnet neodymium dari berbagai jenis khususnya, yang memiliki ketebalan yang bervariasi dari tipe N52 akan digunakan untuk merancang sistem generator dalam studi ini. Pompa air balok Shimizu PS 135 E yang digunakan dimodifikasi dengan menambahkan magnet neodymium ke rotornya. Dua belas magnet neodymium dipasang pada rotor yang disertakan dengan pompa air lama untuk membuat magnet permanen, yang berukuran (P x L x T) 40 x 10 x 5 mm, 40 x 10 x 4 mm, dan 40 x 10 x 2 mm. Selanjutnya, bor listrik dengan kecepatan putaran 1500 rpm, 2000 rpm, dan hingga 2500 rpm akan digunakan untuk menguji generator yang dimodifikasi. Setelah itu, pengujian akan dilakukan dalam dua tahap. Pertama tanpa beban dan kemudian, dengan beban lampu 5 watt. nantinya akan dilakukan sebuah analisa perbandingan hasil dari pengujian tersebut. Penelitian ini dapat dikembangkan sebagai pengembangan ilmu pengetahuan, terutama terkait generator, dan bertujuan untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik di daerah-daerah yang sangat membutuhkan. Selain itu, pompa air tua bekas digunakan sebagai generator dalam penelitian ini.

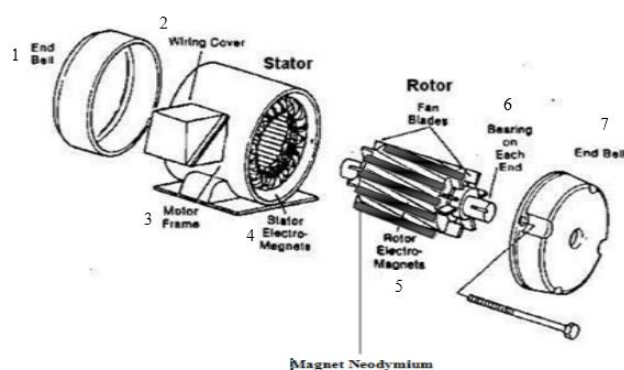
METODE

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Dengan mengoptimalkan pengetahuan tentang generator listrik, penelitian dan pengujian generator dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Umsida Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

B. Desain Eksperimen

Dibawah ini merupakan desain pada pompa air dan hasil modifikasi kumparan pada pompa air bekas. 1. Desain Pompa Air



Pada gambar diatas adalah beberapa bagian komponen dari pompa air bekas yang nantinya akan dimodifikasi pada bagian rotor yang akan dipasang beberapa magnet permanen neodymium yang berbeda dengan cara magnet permanen diberikan lem sehingga magnet menempel dengan kuat pada permukaan rotor. Pada gambar diatas dijelaskan bagian-bagian dari pompa air bekas meliputi End ball merupakan penutup sebelah kiri, Wiring cover merupakan penutup kabel dari pompa air tersebut, Motor frame merupakan kerangka dari pompa air, Stator elektromagnetik merupakan bagian dari lilitan kumparan yang nantinya akan dimodifikasi, Rotor elektromagnetik merupakan bagian berputar dan bagian yang akan dipasang magnet permanen, Bearing yang berada pada rotor merupakan bantalan putaran, End ball penutup sebelah kanan. Berikut merupakan hasil modifikasi kumparan pada rotor dengan menggunakan permanent magnet type N52 pada pompa air bekas Shimizu PS 135 E.



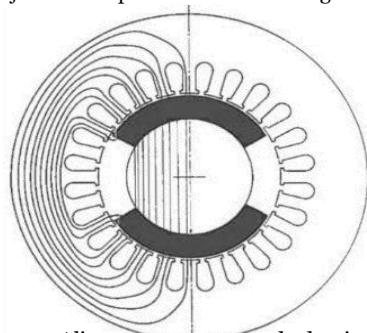
Gambar 2. Kutub Kumparan Pada stator dan Generator setelah dimodifikasi

Pada gambar diatas dijelaskan bagian –bagian dari pompa air bekas yang telah dimodifikasi pada kutub kumparan dan jumlah lilitan kumparan pada stator pompa air bekas antara lain yaitu:

1. Lilitan modifikasi dengan jumlah 12 kutub kumparan.
2. Rotor menggunakan 12 magnet permanen dengan ukuran 40 x 10 x 5 mm.
3. Rotor menggunakan 12 magnet permanen dengan ukuran 40 x 10 x 4 mm.
4. Rotor menggunakan 12 magnet permanen dengan ukuran 40 x 10 x 2 mm.

C. Prinsip Kerja Generator

Generator sinkron magnet permanen (PMSG) dan generator sinkron beroperasi dengan cara yang sama secara teori. Sumber medan magnet membuat perbedaan. PMSG menghilangkan kebutuhan akan pasokan arus searah (DC) dengan menggunakan magnet permanen sebagai sumber medan magnet permanen [9]. Magnet permanen yang telah menjalani perlakuan khusus menyediakan fluks magnet dalam sistem ini, yang memungkinkan garis-garis gaya magnet keluar dari kutub magnet baik secara aksial maupun radial. Dari perspektif konstruksi, generator ini terdiri dari rotor dengan magnet permanen sebagai sumber medan magnet, stator dengan kumparan kawat tempat berlangsungnya proses induksi elektromagnetik, dan celah udara yang berfungsi sebagai saluran aliran fluks magnet dari rotor ke stator. [10]. Gaya gerak listrik (ggl) yang dihasilkan merupakan dorongan yang mampu menggerakkan elektron dalam penghantar, sehingga menghasilkan arus listrik. Hal ini terjadi karena medan magnet yang telah disusun secara khusus akan berinteraksi dengan gerakan relatif antara rotor dan stator. Ketika rotor berputar dan medan magnet melewati celah antara kutub utara dan selatan, induksi elektromagnetik akan terjadi di kumparan stator dan menghasilkan tegangan [11].



Gambar 3. Aliran fluks magnet pada desain generator

Penggerak utama, yang dapat berupa turbin angin, turbin uap/gas, atau turbin air, terlihat pada gambar di atas berputar dengan kecepatan nominal yang dibutuhkan generator. Dalam putaran prime mover yang terhubung dengan poros rotor akan menggerakkan generator pada kecepatan nominalnya yang dibutuhkan oleh generator [12]. Putaran prime mover yang terhubung dengan poros rotor akan menggerakkan generator pada kecepatan nominalnya. Kemudian magnet permanen akan ikut berputar seiring berputarnya rotor. Magnet permanen sebagai penghasil medan magnet akan menyebabkan fluks magnet pada inti kutub rotor bersikulasi di sekeliling rotor. Fluks magnet dari kutub rotor melewati celah udara dan mencapai permukaan stator bersama dengan lilitan inti stator [13].

D. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data berikut digunakan untuk memastikan kelancaran proses penelitian dan menjadi dasar penyusunan artikel ini:

1. Tinjauan Pustaka
Untuk melakukan tinjauan pustaka, berbagai sumber tertulis, termasuk buku, jurnal ilmiah, dan karya lain yang berkaitan dengan generator magnet permanen dan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro, dikumpulkan. Memperoleh landasan teori dan data sekunder yang relevan dengan permasalahan penelitian merupakan tujuan dari penelitian ini.
2. Observasi Lapangan
Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi nyata di lokasi penelitian, termasuk aspek lingkungan, ketersediaan komponen, serta jenis rangkaian yang digunakan. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium melalui proses pengamatan langsung, terutama pada area-area yang memiliki kebutuhan energi listrik tinggi seperti kawasan tambak. Observasi ini juga mencakup pencatatan terhadap kondisi fisik dan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan sistem yang dirancang.
3. Proses Analisis Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui metode observasi langsung dengan melakukan pengukuran pada objek penelitian. Alat ukur yang digunakan meliputi tachometer untuk mengetahui kecepatan putaran, multimeter untuk mengukur tegangan (volt), serta tang ampere untuk mengetahui besar arus listrik (ampere) yang mengalir. Selanjutnya, data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengevaluasi performa kerja dari generator yang diuji. Hasil pengukuran voltase kemudian dibandingkan dengan data dari penelitian sebelumnya. Dari perbandingan tersebut diperoleh hasil bahwa tegangan keluaran generator pada penelitian ini menunjukkan peningkatan, atau memiliki selisih lebih tinggi dibandingkan dengan generator yang telah diteliti sebelumnya. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan atau peningkatan kinerja dari sistem generator yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil terbaik dan paling efisien dalam penelitian selanjutnya, generator magnet yang terbuat dari pompa air bekas dengan beberapa ketebalan magnet tipe N52 harus dibuat terlebih dahulu. Untuk menguji generator magnet, peralatan berikut harus disiapkan:



Gambar 4. A. Multimeter B. Tachometer C. Kawat email D. Magnet neodymium E. Bor listrik

Pada gambar diatas dijelaskan kegunaan dan fungsi sebagai berikut:

a. Multimeter

Multimeter adalah alat ukur multifungsi yang dapat digunakan untuk mengukur hambatan listrik (ohm), tegangan listrik (volt), dan kuat arus (ampere) dalam satu alat.

b. Tang Ampere

alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik (Am(Ampere) tanpa perlu memutus atau menyambung kabel listrik terlebih dahulu.

c. Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mengukur kecepatan rotasi pada bagian rotor, biasanya dinyatakan dalam satuan RPM (putaran per menit).

d. Magnet Neodymium N52

Magnet jenis Neodymium N52 adalah magnet permanen berkekuatan tinggi yang digunakan dalam eksperimen ini. Dikenal karena performanya yang unggul dibandingkan jenis magnet lainnya, magnet ini sangat tepat digunakan untuk merakit generator dari bahan bekas seperti pompa air.

e. Bor Listrik

Bor listrik digunakan sebagai penggerak utama untuk memutar rotor generator. Alat ini mampu menghasilkan kecepatan rotasi hingga 2.500 RPM, yang diperlukan dalam proses pembangkitan listrik.

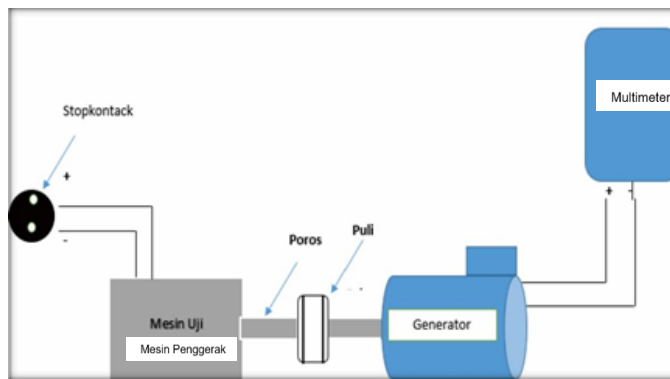
B. Proses Uji

Pada penelitian ini menggunakan pompa air tipe Shimizu model PS 135 E, Dalam penelitian ini digunakan pompa air tipe Shimizu model PS 135 E dalam kondisi normal sebagai komponen utama dalam perakitan generator magnet permanen. Komponen yang dimanfaatkan dari pompa air ini adalah stator dan rotor. Stator merupakan bagian generator yang bersifat statis (tidak bergerak/berputar). Bagian ini berfungsi sebagai rumah atau fondasi bagi seluruh struktur generator. Umumnya terbuat dari bahan logam seperti besi, namun dapat juga menggunakan material lain seperti fiber atau kayu, yang dapat dijadikan sebagai kerangka penopang semua elemen stator. Pada penelitian ini, stator dengan variasi 12 kutub. Rotor, sebagai bagian yang berputar, akan dipasang magnet permanen dengan jumlah kutub 12 buah magnet. Magnet permanen ini akan berputar secara simultan dalam sistem pembangkitan, menghasilkan arus listrik melalui induksi elektromagnetik. Magnet untuk melakukan penelitian adalah magnet Neodymium-Iron-Boron (NdFeB) berbentuk persegi panjang, yang dikenal sebagai magnet berkekuatan tinggi dan tergolong material mahal. Beberapa variasi magnet yang digunakan seperti tabel dibawah :

Tabel 1. Tabel variasi magnet

Jumlah Magnet	panjang g	lebar	tebal
12	40 mm	10 mm	2 mm
	40 mm	10 mm	4 mm
	40 mm	10 mm	5 mm

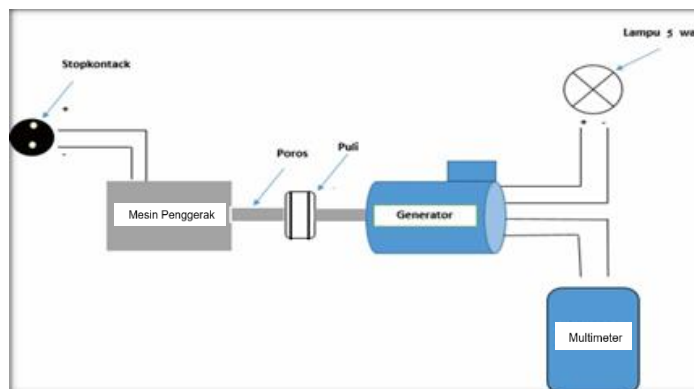
Proses perakitan dimulai dengan melepas rotor dari rumah pompa, kemudian memasang magnet sesuai jumlah yang ditentukan. Setelah itu, rotor yang telah dimodifikasi dimasukkan kembali ke dalam rumah pompa. Selanjutnya, pengujian generator dilakukan menggunakan mesin bor listrik sebagai penggerak putaran rotor. Pengujian dilakukan dalam tiga variasi kecepatan putaran rotor yaitu 1.500 RPM, 2.000 RPM, dan 2.500 RPM. Pada setiap variasi kecepatan tersebut, dilakukan pengukuran besar arus listrik yang dihasilkan menggunakan alat multimeter. Data hasil pengujian ini akan digunakan sebagai dasar analisis performa dari generator yang telah dirancang.



Gambar 5. Instalasi Pengujian Tanpa beban

Berikut tahap untuk melakukan pengujian tanpa beban :

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi jumlah kutub kumparan pada rotor yaitu menggunakan magnet 40mm x 10mm x 2mm, magnet 40mm x 10mm x 4mm, dan magnet 40 mm x 10mm x 5mm dengan jumlah 12 kutub..
2. Selanjutnya generator diputar menggunakan mesin penggerak yaitu bor mesin dengan kecepatan putaran bervariasi, mulai dari 1.500 RPM , 2000 RPM, dan 2.500 RPM.
3. Setelah rotor mencapai kecepatan putaran yang diinginkan, tegangan keluaran diukur menggunakan multimeter untuk mengetahui besarnya tegangan yang dihasilkan tanpa beban.



Gambar 6. Instalasi Pengujian Dengan Beban

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi jumlah kutub kumparan pada rotor yaitu menggunakan magnet

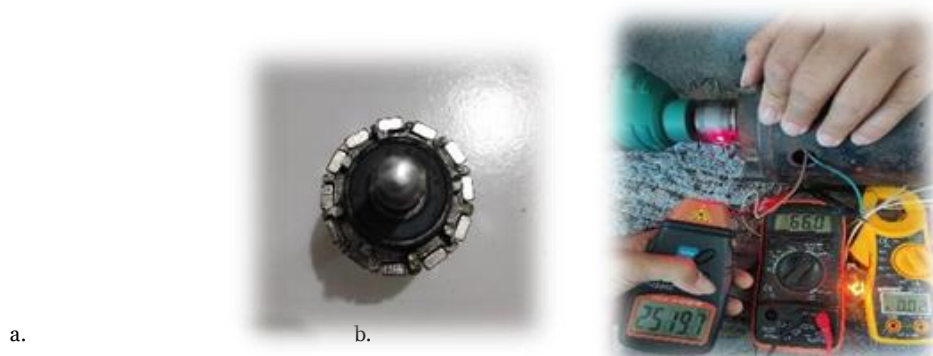
40mm x 10mm x 2mm, magnet 40mm x 10mm x 4mm, dan magnet 40 mm x 10mm x 5mm dengan jumlah 12 kutub.

2. Kemudian menggunakan lampu 5 Watt yang dipasang pada keluaran generator.
3. Selanjutnya generator diputar menggunakan mesin penggerak yaitu bor mesin dengan kecepatan putaran bervariasi, mulai dari 1.500 RPM , 2000 RPM, dan 2.500 RPM.

4. Setelah rotor berputar sesuai kecepatan yang ditentukan, dilakukan pengukuran tegangan keluarannya menggunakan multimeter untuk mengetahui performa tegangan yang dihasilkan.

C. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Generator Magnet Mesin Penggerak

1. Hasil Modifikasi Generator Magnet Dari Pompa Air Bekas Dengan Variasi Ketebalan Tipe Magnet N52



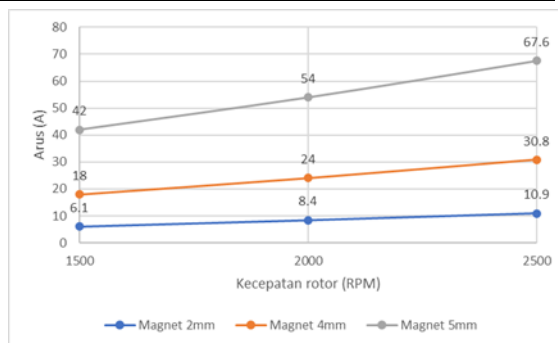
Gambar 7. Gambar Modifikasi Generator Magnet Dari Pompa Air Bekas Dengan Variasi Ketebalan Tipe Magnet N52.

Gambar diatas merupakan hasil modifikasi generator magnet dari pompa air bekas dengan variasi ketebalan tipe magnet N52. Untuk gambar a. merupakan gambar modifikasi rotor yang dilakukan pergantian magnet permanen sebanyak 3 kali dengan beberapa ketebalan yang berbeda sebesar 2 mm. 4 mm, dan 5mm. Berikutnya untuk gambar b. merupakan hasil dari modifikasi generator magnet dari pompa dan pengambilan data untuk generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm pada 12 kutub kumparan rotor tanpa beban serta pengambilan berikutnya dengan beban.

2. Analisis Perbandingan Generator Ketebalan Magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 Kutub Kumparan Rotor Tanpa Menggunakan Beban

Tabel 2. Analisis perbandingan generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm pada 12 kutub kumparan rotor tanpa beban

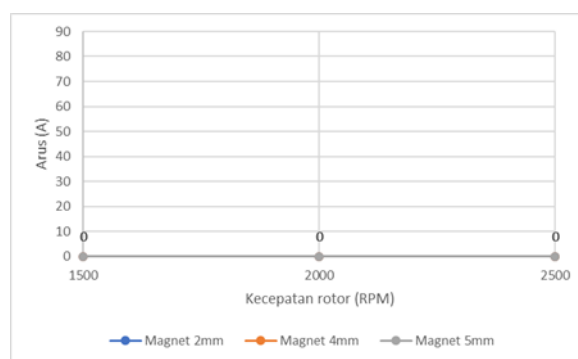
Ketebalan magnet	rpm	tegangan	arus
2mm	1500	6.1	0,00
	2000	8,4	0,00
	2500	10,9	0,00
4mm	1500	18,0	0,00
	2000	24,0	0,00
	2500	30,8	0,00
5mm	1500	42,0	0,00
	2000	54,0	0,00
	2500	67,6	0,00



Gambar 8. Analisis perbandingan tegangan generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 kutub kumparan rotor tanpa beban.

Pada grafik gambar 8 di atas analisis perbandingan tegangan output (voltase) dari generator dengan variasi jumlah ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm, pada tiga tingkat kecepatan putaran rotor, 1.500 RPM, 2.000 RPM, dan 2.500 RPM. Generator dengan magnet 2mm kumparan menghasilkan tegangan sebesar 6,1 Volt pada 1.500 RPM, 8,4 Volt pada 2.000 RPM, dan 10,9 Volt pada 2.500 RPM. Selanjutnya generator dengan magnet 4mm, menunjukkan peningkatan tegangan menjadi 18,0 Volt pada 1.500 RPM, 24,0 Volt pada 2.000 RPM, dan 30,8 Volt pada 2.500 RPM.

Kemudian pada generator dengan magnet 5mm menghasilkan tegangan yang paling tinggi, yaitu 42,0 Volt pada 1.500 RPM, 54,0 Volt pada 2.000 RPM, dan 67,6 Volt pada 2.500 RPM. Dari grafik, terlihat bahwa generator dengan menggunakan ketebalan magnet 5mm menghasilkan tegangan tertinggi dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya ketebalan pada magnet rotor, yang meningkatkan luas permukaan induksi dan jumlah fluks magnetik yang dipotong per satuan waktu, sehingga menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) yang cukup besar. Maka dari itu dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tebal magnet yang digunakan serta semakin tinggi kecepatan putaran rotor, tegangan listrik yang diperoleh oleh generator akan meningkat secara signifikan.



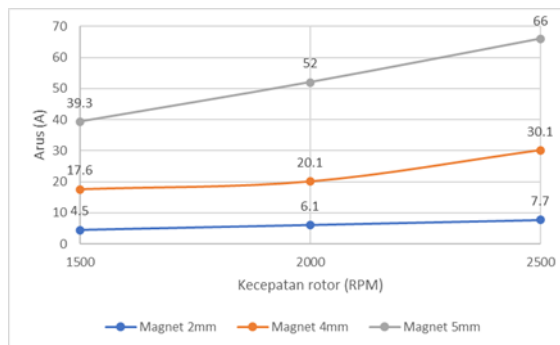
Gambar 9. Analisis perbandingan arus generator pada ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 kutub kumparan rotor tanpa beban.

Pada grafik diatas dapat dilihat untuk ampere pada magnet 2mm, 4mm, dan 5mm terbaca 0A. Hal ini sesuai dengan rumus energi listrik, $E=V \times I$ apabila pengujian tanpa beban, beranggapan beban (I)=0 karena pengujian tanpa menggunakan beban, sehingga hasil ampere yang terbaca dianggap tidak ada atau nol.

3. Analisis Perbandingan Generator Ketebalan Magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 Kutub Kumparan Rotor Menggunakan Beban.

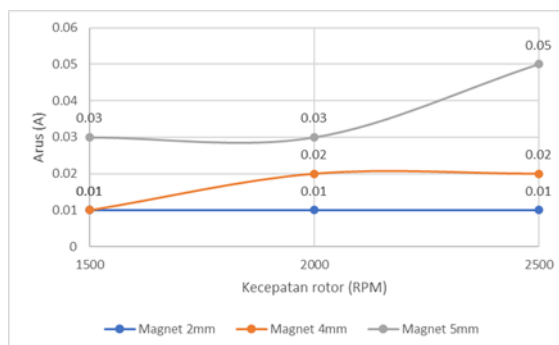
Tabel 3. Analisis perbandingan generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 kutub kumparan rotor menggunakan beban.

ketebalan magnet	rpm	tegangan	arus
2mm	1500	4,5	0,01
	2000	6,1	0,01
	2500	7,7	0,01
4mm	1500	17,6	0,01
	2000	20,1	0,02
	2500	30,1	0,02
5mm	1500	39,3	0,03
	2000	52,0	0,03
	2500	66,0	0,05



Gambar 10. Analisis perbandingan tegangan generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 kutub kumparan rotor menggunakan beban.

Pada grafik gambar diatas, didapatkan tegangan output (voltase) dari generator dengan jumlah ketebalan magnet pada kumparan rotor yang divariasikan sebanyak 2 mm, 4 mm, dan 5mm. masing-masing diuji dengan kecepatan putaran 1.500 RPM, 2.000 RPM, dan 2.500 RPM. Generator dengan menggunakan ketebalan magnet 2mm menghasilkan tegangan sebesar 4,5 Volt pada 1.500 RPM, 6,1 Volt pada 2.000 RPM, dan 7,7 Volt pada 2.500 RPM. Selanjutnya Generator dengan menggunakan ketebalan magnet 4 mm menghasilkan tegangan sebesar 17,6 Volt pada 1.500 RPM, 20,1 Volt pada 2.000 RPM, dan 30,1 Volt pada 2.500 RPM. Sementara itu, generator dengan ketebalan magnet 5mm menunjukkan hasil paling tinggi, yaitu 39,3 Volt pada 1.500 RPM, 52,0 Volt pada 2.000 RPM, dan 66,0 Volt pada 2.500 RPM. Dari grafik, terlihat bahwa generator dengan menggunakan ketebalan magnet 5mm menghasilkan tegangan tertinggi dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya ketebalan pada magnet rotor, yang meningkatkan gaya gerak listrik (GGL). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin tebal magnet yang digunakan serta semakin besar kecepatan putaran rotor, maka tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator semakin besar pula.



Gambar 11. Analisis perbandingan arus generator ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm Pada 12 kutub kumparan rotor menggunakan beban.

Pada Gambar diatas hasil perbandingan arus listrik (ampere) yang dihasilkan oleh generator dengan variasi jumlah ketebalan magnet 2mm, 4mm, dan 5mm pada kecepatan putaran 1.500 RPM, 2.000 RPM, dan 2.500 RPM. Generator dengan ketebalan magnet 2mm menghasilkan arus, sebesar 0.01 A pada kecepatan 1.500 RPM, pada 2.000 RPM menghasilkan arus sebesar 0,01 A, dan ketika 2.500 RPM menghasilkan arus sebesar 0.01 A. Terlihat konstan untuk ampere menggunakan ketebalan magnet 2mm . Pada generator dengan ketebalan magnet 4mm arus yang dihasilkan pada kecepatan 1.500 RPM sebesar 0.01A . Selanjutnya pada generator dengan kecepatan 2000 RPM mengalami sedikit kenaikan arus, dengan arus sebesar 0,02 A. Kemudian pada generator dengan kecepatan 2.500 RPM arus yang dihasilkan sebesar 0,02A. Berikutnya untuk generator dengan ketebalan magnet 5mm menghasilkan arus sebesar 0,03 A pada kecepatan 1500 RPM, untuk tingkat kecepatan 2.000 RPM menghasilkan arus relatif konstan sebesar 0,03 A, dan untuk kecepatan menggunakan 2500RPM mengalami kenaikan arus sebesar 0.05A. Dari hasil dari penggunaan magnet ketebalan 5mm menunjukkan arus (ampere) yang lebih besar dibandingkan dengan ketebalan magnet 2mm dan 4mm. Hal ini disebabkan oleh ketebalan magnet, sehingga mempengaruhi keluaran arus listrik yang dihasilkan. Semakin tebal magnet pada rotor yang digunakan, maka interaksi medan magnet dengan kumparan menjadi lebih intens, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi induksi elektromagnetik. Selain itu, peningkatan kecepatan putaran rotor pada generator juga berkontribusi terhadap peningkatan arus keluaran. Dengan demikian, baik jumlah kutub kumparan maupun kecepatan putaran merupakan faktor penting dalam menentukan besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Maka dari itu dapat disimpulkan Ketika menggunakan generator dengan percobaan berbeban, semakin besar kecepatan rotor yang dihasilkan maka tegangan beserta arus yang dihasilkan semakin besar. Hal ini berbanding lurus dengan kecepatan rotor, tegangan, dan arus yang diperoleh.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian generator menggunakan ketebalan magnet 2mm , 4mm, 5mm, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian menggunakan beban dapat ditarik kesimpulan semakin besar diameter magnet yang digunakan tegangan yang dihasilkan akan semakin besar pula beserta pula arus yang dihasilkan mengalami kenaikan namun sangat sedikit.

2. Pada pengujian tanpa menggunakan beban dapat diketahui semakin besar diameter magnet maka semakin besar tegangan yang dihasilkan generator namun untuk arus yang dihasilkan nilainya tetap atau tidak ada perubahan.
3. Semakin besar kecepatan putaran yang digunakan maka tegangan yang diperoleh nilainya semakin besar pula. Hal ini dapat terbukti pada pengujian menggunakan beban dan tanpa menggunakan beban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selain rekan-rekan laboratorium, himpunan mahasiswa, dan teman-teman yang telah membantu saya menyelesaikan penelitian ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas wawasan yang berharga yang telah diajarkan kepada saya.

References

1. S. A. I. F. U. D. D. I. N. M. Alif, "Pentingnya Generator untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Listrik," 2019.
2. M. Nanda, "Sistem Pengoperasian Perawatan dan Perbaikan Generator untuk Menunjang Beroperasinya Kapal," 2019.
3. K. Yamazaki and R. Kondo, "Reduction of Cross Magnetization in Interior Permanent Magnet Synchronous Machines," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, pp. 4873–4879, 2019.
4. D. Lumbantoruan, "Analysis and Design of Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot 8 Pole," Medan, 2022
5. D. A. Barus, "Analysis of Induction Motor Modification into Three Phase Permanent Magnet Synchronous Generator," Medan, Indonesia, 2022.
6. D. Zandrian, J. Septembi, and Z. Saputra, "Prototype of Permanent Magnet Generator," *Proceedings of National Seminar*, 2022.
7. S. Amin et al., "Effect of Magnet Shape on the Performance of Coreless Axial Flux Permanent Magnet Synchronous Generator," 2022.
8. A. Abdillah, "Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks," *Reka Elkomika*, 2016.
9. G. A. Haqq, "Rancang Bangun Generator Permanen Magnet Satu Fasa," 2020.
10. A. Indriani, "Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah," *Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 2015.
11. M. S. S. Leo Noprizal, "Perancangan Prototype Generator," *Online Teknik Elektro*, pp. 40–44, 2016.
12. H. Piggott, *A Wind Turbine Recipe Book The Axial Flux Windmill Plans*, 2009.
13. A. Roesly, "Pengujian Generator Listrik Tiga Fasa Putaran Rendah," *Universitas Gadjah Mada*, 2013.
14. J. F. Gieras, R. J. Wang, and M. J. Kamper, *Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines*, Springer, 2008.
15. T. J. E. Miller, *Brushless Permanent Magnet and Reluctance Motor Drives*, Oxford University Press, 1989.