HEMAT: Journal of Humanities Education Management Accounting and Transportation
E-ISSN: 3032-1875 P-ISSN: 3032-3843
Vol. 2 No. 1 Februari 2025

# Rancang Bangun Pembuatan Generator Magnet Permanen Satu Phasa 220 Volt 12 Kutub Model Rotor Tipe V

**Febryan Abdi Maulana[1] Anggun Anugrah[2] Andi Syofian[3]**
Program Studi Teknik Elektro Sarjana, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia[1,2,3]
Email: 2020310008.febryan@itp.ac.id[1]

**Abstrak**

Dalam dunia industri dan teknologi, kebutuhan akan sumber energi listrik yang efisien dan andal terus meningkat. Salah satu solusi yang berkembang adalah penggunaan generator magnet permanen, yang menawarkan keunggulan seperti efisiensi tinggi, pemeliharaan rendah, dan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan generator berbahan bakar fosil, tujuan dari penelitian karakteristik Generator Magnet Permanen Satu Phasa Untuk Model Rotor V adalah untuk mengetahui output Tegangan serta daya yang dihasilkan dan berapa kuat medan magnet yang digunakan.Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membuat prototipe generator magnet permanen tipe V dengan menyusun magnet menjadi 12 kutub pada rotor mengikuti desain 12 kutub pada stator dengan soft iron pada rotor diganti Dengan pilot epoxy resin sebagai pengganti soft iron pada kedudukan magnet di rotor. Dengan Merubah jumlah lilitan pada stator sehingga hasil pengujian diketahui tegangan keluaran generator pada kecepatan 500 Rpm Tegangannya mencapai 230 Volt dengan Frekuensi nya 50Hz. Berdasarkan perhitungan yang digunakan dalam menentukan daya maksimum sehingga daya yang dihasilkan oleh generator ini saat diberikan beban ialah 28 watt. Dan untuk mengetahui berapa kuat medan yang digunakan kita hanya menggunakan rumus dikarenakan tidak ada alat pengukur kekuatan magnet, sehingga didapatkan lah nilai magnet dengan perhitungan ini sebesar 0,0343T pada perancangan generator ini.
**Kata Kunci:** Magnet Permanen, Alternator, Stator, Rotor, Generator

***Abstract***

*In the world of industry and technology, the need for efficient and reliable sources of electrical energy continues to increase. One of the growing solutions is the use of permanent magnet generators, which offer advantages such as high efficiency, low maintenance, and lower operating costs compared to fossil-fueled generators. The purpose of the research on the characteristics of the Single-Phase Permanent Magnet Generator for the V Rotor Model is to determine the output voltage and power generated and how strong the magnetic field is used.The method used in this research is to make a prototype of a type V permanent magnet generator by arranging the magnets into 12 poles on the rotor following the design of 12 poles on the stator with soft iron on the rotor replaced with pilot epoxy resin as a substitute for soft iron in the position of the magnet in the rotor.By changing the number of turns on the stator so that the test results are known to the generator output voltage at a speed of 500 Rpm, the voltage reaches 230 Volts with a frequency of 50Hz. Based on the calculations used in determining the maximum power so that the power generated by this generator when given a load is 28 watts.And to find out how strong the field used we only use the formula because there is no magnetic strength measuring device, so the magnetic value obtained with this calculation is 0.0343T in this generator design.*
***Keywords:*** *Permanent Magnet, Alternators, Generator, Stator, Rotor*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## PENDAHULUAN

Dalam dunia industri dan teknologi, kebutuhan akan sumber energi listrik yang efisien dan andal terus meningkat. Salah satu solusi yang berkembang adalah penggunaan generator magnet permanen, generator magnet permanen ialah yang menghasilkan listrik dari

perubahan fluks magnetik pada stator yang dipengaruhi perputaran rotor (Ma et al., 2022). Kinerja generator magnet permanen dipengaruhi dari beberapa faktor seperti desain stator dan rotor, serta material yang digunakan pada pembuatan generator magnet permanen (Boldea, 2020) (Mukhtar et al., 2021). serta menawarkan keunggulan, pemeliharaan rendah, dan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan generator berbahan bakar fosil (Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Berbeda dengan generator konvensional yang menggunakan medan elektromagnetik yang dihasilkan dari kumparan dan arus listrik, PMG memanfaatkan magnet permanen untuk menghasilkan medan magnet, yang mengurangi kompleksitas dan biaya operasional (Beresnevich et al., 2021).

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang generator magnet permanen itu sendiri. Beberapa harapan yang dapat diinginkan dalam penelitian mengenai generator magnet permanen termasuk peningkatan efisiensi, optimasi desain, dan kondisi yang optimal dalam pengoperasian generator magnet permanen (Andika & Hamzah, 2018)(Pattiapon et al., 2019). Dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem tenaga listrik yang dapat diandalkan dan efisien, penelitian dan pengembangan pada generator magnet permanen dengan desain rotor yang inovatif ini menjadi sangat relevan dan penting. Generator magnet permanen memiliki beberapa keunggulan utama. Pertama, penggunaan magnet permanen menghilangkan kebutuhan akan penyediaan arus listrik untuk medan magnet, sehingga mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional. Kedua, PMG cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena tidak ada kerugian energi akibat arus medan magnet. Ketiga, desain PMG yang sederhana mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis, sehingga memerlukan pemeliharaan yang lebih rendah dan memberikan umur pakai yang lebih lama (Razmjoo et al., 2019). Harapan dari penelitian semoga generator magnet permanen menjadi sumber energi dapat memberikan kontribusi positif terhadap kemajuan teknologi energi baru (Eriksson & Bernhoff, 2011).yang kemudian dapat diimplementasikan pada suatu sistem yang efektif, bermanfaat bagi masyarakat, dan mengurangi kebutuhan akan sumber energi konvensional (Djebarri et al., 2020).

Adapun masalah yang timbul bagaimana membuat generator sinkron memiliki kelebihan yang dimiliki oleh generator asinkron. Yaitu generator sinkron ini dapat beroperasi tanpa menggunakan sikat karbon (carbon brush). Sehingga generator sinkron ini tidak perlu di berikan arus eksitasi (sehingga lebih hemat daya), dan tentu saja tidak lagi menggunakan sikat arang (brushless), yang menjadikannya generator sinkron ini nantinya lebih hemat dan minim perawatan (Ramana et al., 2022). Dimana pada penelitian ini membuat generator yang memiliki frekuensi dan tegangan yang stabil dan memiliki efisiensi yang tinggi tanpa harus memerlukan singkronisasi dan tidak memerlukan sumber daya eksternal (Boldea, 2020). Beberapa penelitian hanya sebatas merancang dan tidak melanjutkan ketahapan pengaplikasian generator. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu kurang banyaknya dukungan dalam membuat Pembangkit Listrik yang sederhana dan minimnya dana untuk mengaplikasikan generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan generator sekaligus pembuatan generator dengan menggunakan metode eksperimen. Agar mendapatkan bentuk real dari prototipe yang dirancangkan (Syam, 2021).

Solusi dari penelitian ini dengan menggunakan Generator magnet permanen satu phasa dengan spesifikasi ini sangat cocok untuk aplikasi di rumah tangga, industri kecil, dan sistem tenaga terdesentralisasi.karena bisa menggunakan dari bahan alternator bekas yang bisa dijadikan generator sederhana, Sehingga manfaatnya meliputi pengurangan biaya energi, peningkatan keandalan sistem tenaga listrik, dan pengurangan dampak lingkungan karena penggunaan energi yang lebih efisien dan rendah emisi. Dengan desain yang inovatif ini,

diharapkan dapat meningkatkan akses ke teknologi energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Verde et al., 2018). Adapun urgensi dari penelitian ini adalah untuk melihat apakah desain susunan magnet-magnet permanen yang ditempatkan di rotor mengikuti desain motor permanen magnet (Liu et al., 2022)(Liang et al., 2016). apakah dapat menghasilkan keluaran generator seperti yang diharapkan

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan mengubah lilitan pada stator pada alternator kendaraan lama dengan mengganti lilitannya dan menggunakan rotor magnet permanen 12 kutub dengan tipe bentuk magnet V. Setelah dipahami bahwa alternator automotive merupakan sebuah generator AC yang dirancang untuk menghasilkan tegangan output DC yang stabil untuk pengisian baterai dan mensuplai listrik untuk beban-beban DC pada kendaraan, maka untuk menjadikan alternator automotive ini sebagai generator AC yang memiliki tegangan AC 220 volt perlu dilakukan modifikasi yang cukup mendasar [11][12].

### Persiapan

**Pemilihan Alternator:** Pilih alternator mobil yang memiliki desain stator standar, hindarilah untuk memilih desain stator tipe hairpin. Stator standar akan mudah untuk dilakukan perubahan lilitannya. Sedangkan stator hairpin akan sangat sulit, hal ini disebabkan oleh sulitnya membuat jumlah lilitan yang banyak karena dibutuhkan alat khusus untuk bisa membuat lilitannya pada stator tersebut. Untuk bisa membedakan mana stator standar dan mana stator hairpin, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

(a) (b)

**Gambar 1. Tipe Stator Alternator Automotive, (a) Tipe standar, (b) Tipe Hairpin**

**Peralatan dan Bahan:** Siapkan peralatan dan bahan yang diperlukan, seperti:

- Alat ukur (multimeter, *tachometer*, *gauss* meter),
- Alat potong (alat bantu membuat kerangka dan kedudukan generator)
- Kawat tembaga dengan ukuran sesuai
- Magnet Permanen (disarankan magnet Neodymium N52)
- Poros (sumbu rotor)
- Resin
- Terminal kabel
- *Heat Shrink Tube*
- *Hot Gun Glue*
- *Prime Mover* (Penggerak Motor)

Dalam penelitian ini, tidak ada alat ukur *gauss* meter untuk mengukur densitas magnet dari magnet permanen neodymium. Sehingga untuk menentukan jumlah lilitan agar diperoleh tegangan yang dikehendaki tidak bisa melalui perhitungan.

**Pembongkaran Kumparan Lama**

Bongkar alternator dengan hati-hati. Alternator yang akan kita gunakan adalah alternator standar. Dengan membongkar kumparan lama, maka kumparan baru dapat kita buat dan pasang pada core alternator tersebut nantinya. Berikut adalah penampakan core alternator yang kumparan lilitan sudah dibongkar (tanpa lilitan).

**Gambar 2. Penampakan Core (inti besi) dari alternator automotive tipe standar**

**Pembuatan Rotor Magnet Permanen**

Setelah berhasil membongkar kumparan alternator lama, dilanjutkan dengan mengukur diameter dalamnya. Diameter dalam ini akan menentukan diameter rotor magnet permanen yang akan kita buat, dimana

Maka : Diameter dalam stator (iDs) = 100 mm

Celah udara = 1 mm

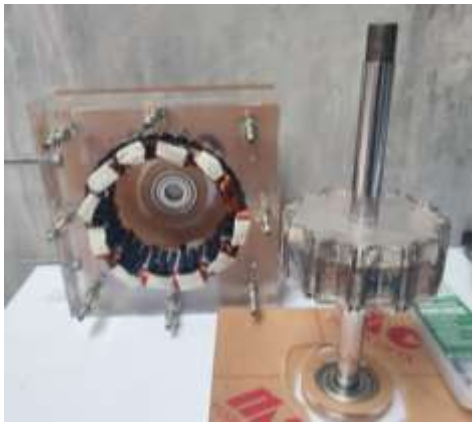
Diameter Luar Rotor (oDr) = iDs – 2·Ag

=100 mm- (2·1 mm)

= 98 mm

Setelah Diameter Luar Rotor diketahui, dilanjutkan dengan pembentukan sebaran magnet permanen yang simetris. Tanpa perlu untuk mengubah jumlah kutub rotor magnet permanen pada alternator lama karena rotornya terdiri dari 12 kutub dan corenya memiliki 36 slot. Dengan kata lain, peneliti hanya perlu menyusunnya sesuai dengan dimensi magnet yang akan dipasang pada rotor. Untuk penelitian ini, ukuran magnet permanen adalah 15mm×10mm×2mm. Susunan magnet permanen di dalam rotor digambarkan pada gambar berikut.

**Gambar 3. Rotor Magnet Permanen Untuk Alternator Modifikasi**



**Gambar 4. Bentuk Stator Dan Rotor Yang Sudah Dimodifikasi**

**Pemasangan Kumparan Baru**

Untuk menentukan jumlah lilitan pada kumparan baru, hal pertama yang kita lakukan adalah menentukan berapakah tegangan yang dihasilkan untuk satu kumparan dengan jumlah lilitan 100 lilitan pada frekuensi 50 Hz. Disini jumlah kutub generator ada 12 buah, dan untuk kecepatan putaran generatornya agar bisa menghasilkan frekuensi adalah di 500 rpm. Dari hasil pengujian tanpa beban 100 lilitan untuk satu kumparan diperoleh tegangan keluaran generator sebesar 3,5 volt. Berarti jumlah lilitan yang dibutuhkan untuk mendapatkan tegangan 1 voltnya adalah.

$$= \frac{100\ lilitan}{3{,}5\ volt} = 28{,}7\ lilitan/volt \quad (1)$$

Kemudian kita menghendaki output generator bisa bekerja pada tegangan 220 volt saat di bebani. Dengan menseting besarnya tegangan yang drop saat pembebanan sebesar 5%, maka nilai tegangan tanpa beban yang akan kita tuju bisa kita hitung sebagai berikut:

$$= \frac{220\ volt}{100\%-5\%} = 230\ volt \quad (2)$$

Setelah mendapatkan nilai setingan tegangan generator tanpa beban, maka langkah penentuan jumlah lilitannya bisa dilakukan melalui perhitungan berikut ini.

$$28{,}7\ \frac{lilitan}{volt}\ x\ 23\ volt = 6600\ lilitan \quad (3)$$

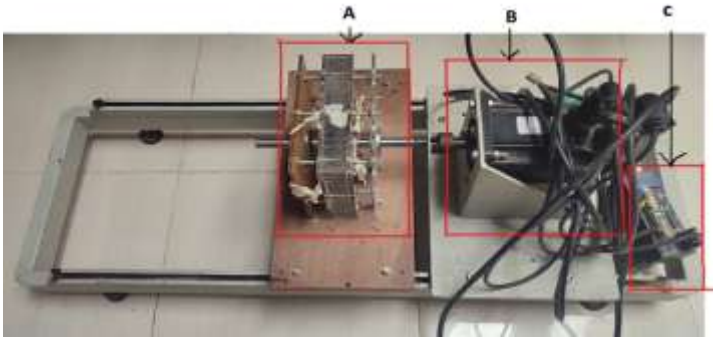
Jumlah lilitan sebanyak 6600 lilitan inilah yang akan kita sebar dalam 12 buah kumparan. Sehingga untuk satu kumparannya kita akan menyediakan lilitan sebanyak:

$$\frac{6600\ lilitan}{12} = 550\ lilitan \quad (4)$$

Bentuk susunan ini sama dengan bentuk susunan lilitan alternator automotive sebelum dilakukan perubahan. Jadi, lilitannya mengikuti lilitan sebelumnya, hanya ukuran kawat coilnya di ubah menjadi lebih kecil agar jumlah lilitan yang sebelumnya 8 buah lilitan per satu kumparan, dijadikan 550 lilitan. Dalam proses perubahan ini, akan di uji terlebih dahulu hanya untuk satu phasa. Adapun bentuk generatornya magnet permanennya yang diubah kumparan stator dan rotornya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

**Gambar 5. Generator Magnet Permanen 1 Phasa Hasil Modifikasi Alternator**

Generator tersebut masih dalam bentuk 1 phasa. Jika hasil pengujian satu phasa ini cukup baik, maka untuk pengembangan selanjutnya menjadi tiga phasa bisa dikatakan layak untuk diteruskan, namun jika hasilnya kurang memuaskan, maka bisa dilakukan perbaikan dahulu, setelah ok baru dijadikan dalam bentuk tiga phasa.




**Gambar 6. Rangkaian A. Permanen Magnet (Dari Alternator Yang Dimodifikasi) B. Prime Mover Penggerak Generator Sebagai Simulator Turbin Air. C. Variabel speed Sebagai Simulator Governor Pada Turbin Air**

**Tabel 1. Spesifikasi Stator dan Rotor**

| |
|---|
| **Stator ALT MERCY OH** |
| **Jumlah slot 36 slot** |
| **Jumlah kumparan 12 kumparan** |
| **Diameter 104.0 mm** |
| **Jenis kawat Tembaga** |
| **Tegangan 24 Volt** |
| **Arus 100 A** |
| **Rotor** |
| **Jumlah magnet 48 batang** |
| **Jumlah kutub 12 kutub** |
| **Luas 15 x 10x 2 mm** |
| **Jenis magnet Neodymium** |
| **Diameter AS rotor 17 mm<br>Panjang AS rotor 250 mm** |
| **Jenis magnet Neodymium** |

**Tabel 2. Spesifikasi Motor Servo/Penggerak Motor**

| |
|---|
| **Model LCMT-18L02NB – 110M06030B** |
| **Pn 1,8 Kw** |
| **In 6.0 A** |
| **Nr 3000 rpm** |
| **Tn 6.0 N.m** |

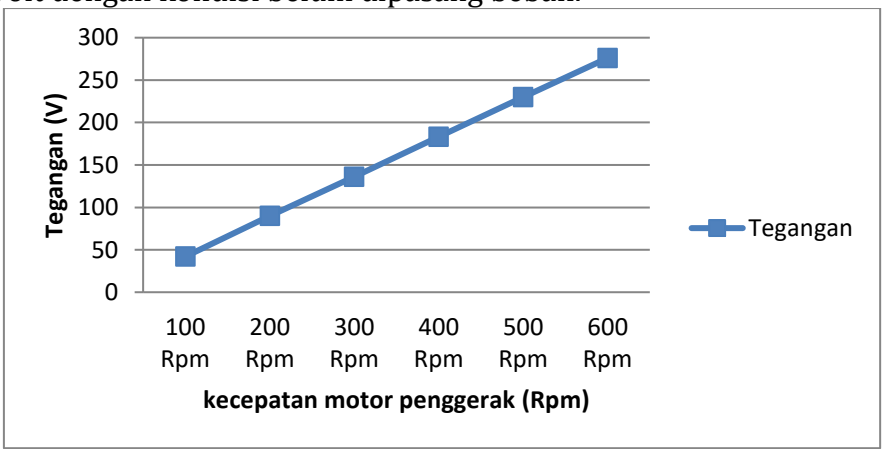
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen pengujian tanpa berbeban Pengujian ini dilakukan untuk menguji keluaran generator pada saat tidak ada beban sehingga akan terlihat karakteristik murni dari keluaran generator. Pengujian ini akan dilakukan dengan variasi putaran rotor. Variasi putaran rotor yang akan diuji coba adalah 100-600 rpm. Pengukuran dari pengujian ini menggunakan alat ukur Voltmeter. Berikut ini adalah hasil dari pengujian:

**Tabel 1. Hasil Pengujian Vout Pada Seluruh Kumparan Tanpa Beban**

| Speed (Rpm) | Tegangan (volt) | Frekuensi (Hz) |
|---|---|---|
| 100 rpm | 42 V | 10 Hz |
| 200 rpm | 90 V | 20 Hz |
| 300 rpm | 136 V | 30 Hz |
| 400 rpm | 183 V | 40 Hz |
| 500 rpm | 230 V | 50 Hz |
| 600 rpm | 276 V | 60 Hz |

Untuk pengujian generator dengan jumlah lilitan 6600 buah, dapat kita lihat pada tabel diatas, semakin tinggi kecepatan maka tegangan output kumparan tersebut juga akan semakin tinggi. Tampak juga bahwa ketika generator diputar pada kecepatan 500 Rpm, akan diperoleh frekuensi listrik yang persis sama dengan frekuensi listrik PLN yaitu 50 Hz dengan tegangan 230 volt dengan kondisi belum dipasang beban.




**Gambar 7. Grafik Analisa Pengaruh Frekuensi Pada Tegangan**

Saat pengujian dengan kecepatan dari 100 Rpm hingga 600 Rpm didapatkan tegangan sesuai dengan grafik, sehingga dapat dikatakan saat kecepatan di tingkatkan maka tegangan yang akan dihasilkan juga semakin meningkat. Disaat kecepatan 100 rpm didapatkan tegangan sebesar 42 volt,200 rpm didapatkan tegangan 90 volt, 300 rpm didapatkan tegangan sebesar 138 volt, saat 400 rpm tegangan yang didapatkan sebesar 183 volt, saat kecepatan 500 rpm didapatkan tegangan sebesar 230 volt, dan pada saat kecepatan 600 rpm tegangan menjadi 276 volt. Dari hal ini kecepatan memengaruhi tingkat keluaran tegangan yang dihasilkan oleh generator. Hasil pengujian berbeban Pengujian ini dilakukan dengan putaran rotor 500 rpm dengan frekuensi 50 Hertz sesuai dengan perhitungan putaran dan frekuensi generator. Pada pengujian ini akan dilakukan pengukuran input motor dan output generator. Berikut ini adalah hasil dari pengujian: Dengan menggunakan beban 4 buah lampu:

1. Lampu Led 18 watt
2. Lampu pijar blue 5 watt
3. Lampu pijar white 5 watt
4. Lampu Led 9 watt

**Tabel 4. Hasil Pengujian Generator Dengan Jumlah Lilitan 550 Per Kumparan Yang Terhubung Secara Seri Dengan Variasi Frekuensi Dalam Keadaan Berbeban**

| Speed (Rpm) | Jenis beban (W) | Tegangan (volt) | Frekuensi (Hz) |
|---|---|---|---|
| 500 rpm | 0 watt<br>Tanpa beban | 230 V | 50 Hz |
| | Lampu<br>Led 18 watt | 140 V | 50 Hz |
| | Lampu<br>Pijar 5 white watt | 124 V | 50 Hz |
| | Lampu<br>Pijar 5 blue watt | 112 V | 50 Hz |
| | Lampu<br>Led 9 watt | 80 V | 50 Hz |

Pada saat pengujian menggunakan beban lampu pertama yaitu lampu Led 18 watt didapatkan tegangan nya menjadi 140 volt, saat ditambahkan menghidupkan lampu kedua yaitu lampu pijar 5 watt didapatkan tegangan menjadi 124 V lalu lampu ketiga di hidupkan juga dengan lampu pijar 5 watt sehingga tegangan yang didapatkan menjadi 112 volt dan lampu keempat yaitu lampu Led 9 watt juga dihidupkan sehingga tegangan menjadi semakin turun yaitu menjadi 80 volt namun lampunya tidak hidup lampu yag lain menjadi redup. Dari hasil perhitungan kemampuan dari pembangkit generator listrik ini untuk menghasilkan daya dengan perhitungan sebagai berikut.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{230}{1076} = 0{,}2A$$

Jadi daya yang dapat dihasilkan oleh generator ini adalah

$$P = v \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$P = 230V \cdot 0{,}2A \cdot 0{,}8$$

$$= 36{,}8\ watt$$

Namun berdasarkan pengujian kemampuan dari generator adalah sebesar 28 watt namun tegangan turun menjadi 112 volt. Ini di perkirakan disebabkan oleh ukuran kawat penghantar yang kecil.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen Pada penelitian tentang studi Generator Magnet permanen satu phasa untuk model Rotor V dengan konstruksi motor berbentuk V, torsi dan kecepatan motor dengan kecepatan awal pada putaran 100 Rpm dan putaran 200 Rpm, sampai ke putaran maksimal 600 Rpm untuk menyesuaikan dengan frekuensi tegangan PLN. Dengan Merubah jumlah lilitan pada stator sehingga hasil pengujian diketahui tegangan keluaran generator pada kecepatan 500Rpm Tegangannya mencapai 230 Volt dengan Frekuensi nya 50Hz yang sesuai dengan frekuensi PLN,

Pada kecepatan 100 Rpm Tegangannya 42 Volt dan Frekuensi nya 10Hz
Pada kecepatan 200 Rpm Tegangannya 90 Volt dan Frekuensi nya 20Hz
Pada kecepatan 300 Rpm Tegangannya 136 Volt dan Frekuensi nya 30Hz
Pada kecepatan 400 Rpm Tegangannya 183 Volt dan Frekuensi nya 40Hz
Pada kecepatan 500 Rpm Tegangannya 230 Volt dan Frekuensi nya 50Hz
Pada kecepatan 600 Rpm Tegangannya 276 Volt dan Frekuensi nya 60Hz

Berdasarkan perhitungan yang digunakan dalam menentukan daya maksimum sehingga daya yang dihasilkan oleh generator ini ialah 28 watt. Dalam perancangan alat ini kita tidak memiliki alat ukur untuk mengetahui kekuatan magnet, sehingga untuk mendapatkan kekuatan medan magnet dilakukanlah dengan menggunakan perhitungan berdasarkan nilai data pengujian yang ada, maka didapatkanlah nilai kekuatan medan magnetnya sebesar 0,0343 T. membuat generator seperti ini sebaiknya menggunakan stator yang memiliki ukuran slot yang cukup besar sehingga dapat memakai kawat ukuran yang lebih besar agar mendapatkan daya yang lebih besar. Untuk penggunaan magnet sebagai rotor sebaiknya menggunakan magnet yang memiliki kekuatan medan magnet yang tinggi agar jumlah lilitan yang di butuhkan juga semakin sedikit, namun tegangan yang dihasilkan besar. Atau sebaiknya membuat generator seperti ini sebaiknya menggunakan ukuran kawat yang besar namun tegangan yang di inginkan tidak tercapai sehingga sebaiknya menggunakan trafo untuk mendapatkan tegangan yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Andika, & Hamzah, A. (2018). Perancangan dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah. *Universitas Riau*, *5*(1), 1–8.

Beresnevich, V., Vutukuru, S. K., Irbe, M., Kovals, E., Eiduks, M., Burbeckis, K., & Viba, J. (2021). Wind energy conversion generator. *Engineering for Rural Development*, *20*, 955–960. https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF213

Boldea, I. (2020). Electric generators and motors: An overview. *CES Transactions on Electrical Machines and Systems*, *1*(1), 3–14. https://doi.org/10.23919/tems.2017.7911104

Djebarri, S., Charpentier, J. F., Scuiller, F., & Benbouzid, M. (2020). Design methodology of permanent magnet generators for fixed-pitch tidal turbines with overspeed power limitation strategy. *Journal of Ocean Engineering and Science*, *5*(1), 73–83. https://doi.org/10.1016/j.joes.2019.09.001

Eriksson, S., & Bernhoff, H. (2011). Loss evaluation and design optimisation for direct driven permanent magnet synchronous generators for wind power. *Applied Energy*, *88*(1), 265–271. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.06.010

Haqq, G. A., Hardianto, T., & Sujanarko, B. (2020). Rancang Bangun Generator Permanen Magnet Satu Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dual Rotor. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, *6*(1), 6. https://doi.org/10.19184/jaei.v6i1.16775

Harj S. (2017). Bab I Generator Sinkron ( Alternator ). *Academia.Edu*, 1–49.

Liang, P., Pei, Y., Chai, F., & Zhao, K. (2016). Analytical calculation of D- and Q-axis inductance for interior permanent magnet motors based on winding function theory. *Energies*, *9*(8). https://doi.org/10.3390/en9080580

Liu, Z. S., Fang, Z. W., & Li, X. X. (2022). Design of permanent magnet synchronous generator and anti-electromagnetic interference research. *Journal of Physics: Conference Series*, *2345*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2345/1/012008

Ma, J., Shi, L., & Golmohammadi, A. M. (2022). Voltage-Stabilizing Method of Permanent Magnet Generator for Agricultural Transport Vehicles. *Processes*, *10*(9), 1–17. https://doi.org/10.3390/pr10091726

Mukhtar, M. N. A., Koesdijati, T., Rochman, S., Nasrulloh, E., & Hidayat, L. (2021). Analisis Desain Stator Generator Tipe Magnet Permanen Fluks Aksial Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA). *Jurnal Teknik Mesin*, *8*(2), 149–156.

Pattiapon, D. R., Rikumahu, J. J., & Jamlaay, M. (2019). Penggunaan Motor Sinkron Tiga Phasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron. *Jurnal Simetrik*, *9*(2), 197–207. https://doi.org/10.31959/js.v9i2.386

Rachmayanti, L., & Mangkoedihardjo, S. (2021). Evaluasi dan Perencanaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Serapan Emisi Karbon Dioksida (CO2) di Zona Tenggara Kota Surabaya (Studi Literatur dan Kasus). *Jurnal Teknik ITS*, *9*(2). https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54854

Ramana, T. V., Manaktala, S. S., Valarmathi, K., Doohan, N. V., Shetty, D. K., Kumar, H., & Akwafo, R. (2022). Energy Auditing in Three-Phase Brushless DC Motor Drive Output for Electrical Vehicle Communication Using Machine Learning Technique. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/9644795

Razmjoo, A., Shirmohammadi, R., Davarpanah, A., Pourfayaz, F., & Aslani, A. (2019). Stand-alone hybrid energy systems for remote area power generation. *Energy Reports*, *5*, 231–241. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.01.010

Syam, S. (2021). RANCANG BANGUN GENERATOR AKSIAL DENGAN MENGGUNAKAN MAGNET PERMANEN NdFeB PERSEGI PANJANG. *Jurnal Media Elektro*, *X*(2), 57–64. https://doi.org/10.35508/jme.v10i2.4753

Verde, A., Lastres, O., Hernández, G., Ibañez, G., Verea, L., & Sebastian, P. J. (2018). A new method for characterization of small capacity wind turbines with permanent magnet synchronous generator: An experimental study. *Heliyon*, *4*(8). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00732