



STUDI PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GENERATOR MAGNET PERMANENT SATU PHASA 230 VOLT 4 KUTUP

Luthfi Fahdilatul¹, Andi Syofian², Anggun Anugrah³, Yusreni Warmi⁴, Zuriman Anthony⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang,
Jl. Gajah Mada Kandis, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat

¹2020310039.luthfi@itp.ac.id

Abstrak

Semakin banyaknya peralatan elektronik yang digunakan, maka kebutuhan untuk menunjang fungsi pemakaian alat elektronik juga semakin meningkat, yang dalam hal ini adalah kebutuhan energi. Permasalahan yang timbul jika kita tidak memiliki sumber listrik, khususnya ketika kita berada di sebuah desa terpencil yang belum tersentuh aliran listrik. Dari sekian banyak generator yang ada, generator magnet permanen merupakan generator yang paling efisien untuk digunakan pada PLTB tersebut. Namun harga untuk generator permanen magnet tersebut relatif mahal, sehingga dari beberapa studi literatur yang telah dilakukan, bahwa generator magnet permanen ini dapat dirancang dan dibuat dari alternator bekas kendaraan bermotor sehingga biaya yang diperlukan sangat terjangkau. Tujuan penelitian ini dapat mengetahui rancangan generator magnet permanen 8 kutub menggunakan stator/alternator kendaraan yang awalnya 24 volt menjadi tegangan *output* yang di hasilkan 220 volt. Berdasarkan dari hasil pengujian didapatkan bahwa alternator kendaraan bisa dimodifikasi yang awalnya dari 24 volt menjadi 230 volt. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan dilakukan pengubahan pada lilitan dan memanfaatkan magnet permanen sebagai rotor dari stator yang di modifikasi. Kekuatan magnet memengaruhi untuk mendapatkan tegangan yang tinggi. Kawat yang digunakan untuk lilitan sangat kecil dan jumlah lilitan nya banyak sehingga tahanan yang didapatkan tinggi dan juga untuk menyesuaikan dengan ukuran slot dari stator tersebut, karna itu daya dihasilkan menjadi kecil. Di saat pemberian beban pada generator tegangan yang awal nya bagus menjadi drop jauh dikarenakan ukuran kawat dan jumlah lilitan yang banyak membuat drop tegangan yang drastis.

Kata kunci: Peralatan elektronik, sumber listrik, generator permanen, kekuatan magnet.

Abstract

As more and more electronic equipment is used, the need to support the function of using electronic devices also increases, which in this case is the need for energy. Problems that arise if we don't have an electricity source, especially when we are in a remote village where electricity is not yet available. Of the many generators available, permanent magnet generators are the most efficient generators to be used in PLTB. However, the price for permanent magnet generators is relatively expensive, so from several literature studies that have been carried out, this permanent magnet generator can be designed and made from used

Article History:

Received: May 2025
Reviewed: May 2025
Published: May 2025

Plagiarism Checker No 234
Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



motor vehicle alternators so that the costs required are very affordable. The aim of this research is to determine the design of an 8-pole permanent magnet generator using a vehicle stator/alternator which is initially 24 volts to produce an output voltage of 220 volts. Based on the test results, it was found that the vehicle alternator could be modified from 24 volts to 230 volts. To obtain the desired voltage, changes are made to the windings and use permanent magnets as the rotor of the modified stator. The strength of the magnet influences to get high voltage. The wire used for the winding is very small and the number of turns is large so that the resistance obtained is high and also to suit the slot size of the stator, therefore the power produced is small. When the generator is loaded, the voltage that was initially good drops significantly due to the size of the wire and the large number of windings, causing a drastic voltage drop.

Keywords: *Electronic equipment, power sources, permanent generators, magnetic forces.*

PENDAHULUAN

Saat ini dalam semua aktivitas yang kita lakukan sehari-hari, hampir semuanya menggunakan energi listrik. Mulai dari bangun tidur untuk mandi, kita memerlukan air dimana mesin pompa air harus dijalankan dengan menggunakan listrik [2][3]. Selanjutnya untuk sarapan pagi, kita perlu menanak nasi dengan menggunakan *rice-cooker*. Mungkin setelah itu kita bekerja atau belajar menggunakan komputer atau laptop juga memerlukan listrik agar alat-alat tersebut bisa digunakan [4][5]. Kita juga membutuhkan listrik untuk penerangan di ruangan yang kita diami, begitu juga dengan pengatur suhu ruangan. Hari-hari kita selalu dipenuhi dengan kebutuhan energi listrik [6].

Penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti energi angin pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB), energi termal matahari atau tenaga surya pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), dalam beberapa dekade terakhir sangat menjanjikan dalam mengurangi dampak emisi karbondioksida (CO_2) secara global [1]. Emisi karbondioksida, yang juga dikenal sebagai gas rumah kaca (GRK) adalah proses pelepasan CO_2 dan gas lainnya ke atmosfer, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Salah satu penyebab utama emisi karbon adalah pembakaran bahan bakar fosil untuk mendapatkan energi listrik, baik untuk industri, transportasi maupun untuk kebutuhan pribadi [2].

Oleh karena itu, pentingnya transisi energi dari energi fosil ke energi terbarukan untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan mencapai target pertumbuhan pangsa energi terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [3]. Generator magnet permanen merupakan salah satu energi baru terbarukan karna generator ini memanfaatkan magnet sebagai penghasil listrik tanpa membutuhkan bahan bakar fosil, sehingga menjadi ramah terhadap lingkungan.

Generator magnet permanen adalah jenis generator listrik yang menggunakan magnet permanen sebagai sumber energi [4]. Generator ini ditenagai oleh magnet yang terbuat dari bahan feromagnetik, yang dapat meningkatkan kekuatan magnetnya tanpa memerlukan sumber energi eksternal [5]. Penggunaan magnet permanen pada generator menawarkan keuntungan seperti efisiensi dan keandalan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan dengan generator tradisional [6]. Ada dua jenis generator yaitu sinkron dan asinkron. Sesuai dengan sumber daya yang mendorongnya, generator sinkron menghasilkan arus listrik dengan frekuensi dan fase sinkron. Di sisi lain, generator yang dikenal sebagai asinkron, juga disebut generator induksi adalah generator non-sinkron karena putaran rotor tidak sejalan dengan putaran magnet stator [7].



Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah kumparan yang diperlukan pada rancangan pembuatan generator magnet permanen satu fasa 230 volt, 4 kutub.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur yang berupa pencarian buku-buku, artikel dan jurnal-jurnal dari penelitian terkait yang digunakan sebagai masukan dan ide untuk mengerjakan penelitian ini.

Menurut (Patil et al., 2023) teknologi penghasil energi yang menggunakan energi lingkungan sekitar untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu sumber energi lingkungan yang dapat dimanfaatkan adalah gangguan magnetik yang tersebar di sekitar kita, seperti dari saluran transmisi listrik, infrastruktur industri, dan peralatan rumah tangga. *Magneto-mechano-electric* (MME) generator adalah salah satu teknologi yang dapat mengubah gangguan magnetik menjadi energi listrik dengan struktur yang sederhana dan kepadatan daya yang tinggi. Generator ini terdiri dari struktur *cantilever piezoelektrik* yang dijepit di satu ujungnya dan dilengkapi dengan pita magnetostriktif dan massa bukti magnet permanen di ujungnya yang berlawanan. Ketika frekuensi getaran fundamental generator MME sesuai dengan frekuensi medan magnetik, generator ini menghasilkan energi listrik yang besar karena amplitudo getaran maksimum. *Output* daya dari generator MME ini berbanding lurus dengan kuadrat total gaya eksitasi.

Menurut (Dehghanzadeh et al., 2018) peningkatan penggunaan energi terbarukan yang telah terjadi dalam beberapa tahun terakhir sebagai akibat dari masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan energi fosil. Karena sifatnya yang hemat biaya dan bersih, energi angin telah menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling cepat berkembang di dunia. Generator sinkron (SG) biasanya digunakan dalam sistem konversi energi angin dengan kecepatan variabel (WECS).

Menurut (Li & Chen, 2009) optimalisasi desain elektromagnetik dan pencocokan lokasi sistem pembangkit listrik tenaga angin magnet permanen penggerak 5 langsung. Ini menyelidiki optimasi desain elektromagnetik sistem generator magnet permanen dan membandingkan 45 sistem yang berbeda berdasarkan peringkat daya dan kecepatan rotor. Selain itu, sistem ini mengevaluasi keluaran energi tahunan maksimum per biaya untuk lokasi potensial dengan kecepatan angin rata-rata tahunan yang berbeda. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk menentukan sistem generator sinkron PM yang paling hemat biaya untuk lokasi potensial.

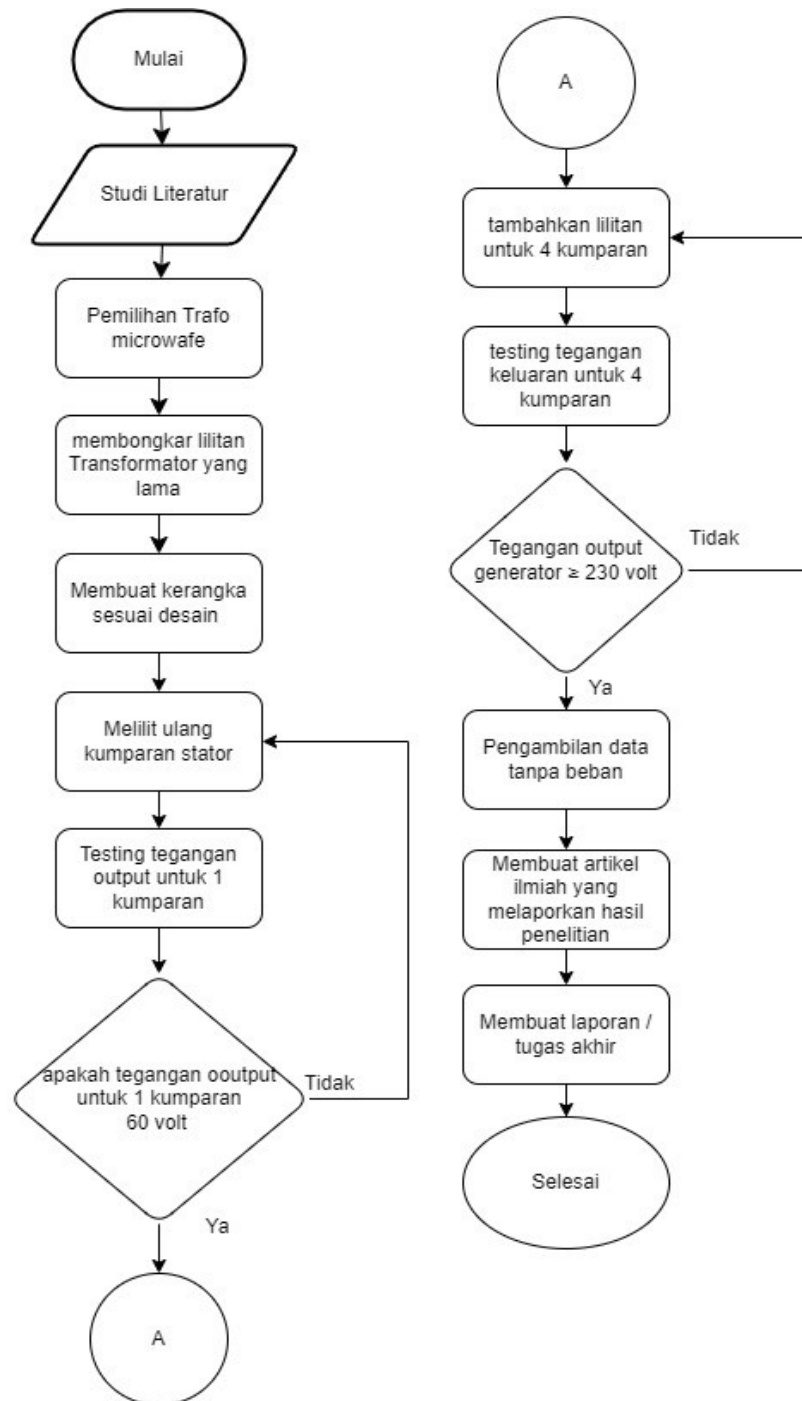
Menurut (Meo et al., 2016) optimalisasi desain generator pengalih fluks magnet permanen penggerak langsung untuk aplikasi angin berdaya rendah. Hal ini bertujuan untuk mengurangi biaya dan berat sekaligus memaksimalkan tegangan induksi dan meminimalkan distorsi harmonik total. Pendekatan hibrida yang diusulkan menggabungkan optimasi kawanan partikel multi-tujuan dan jaringan saraf tiruan, yang dibandingkan dengan algoritma optimasi multi-tujuan konvensional dan terbukti efektif untuk tujuan ini.

Menurut (Prashanth, 2021) ini membahas optimasi magnet permanen *NdFeB* dan bukaan slot rotor pada generator sinkron magnet permanen (PMSG) turbin angin untuk memaksimalkan fluks bersama dan hubungan sambil meminimalkan fluks kebocoran. Untuk mencapai tujuan ini, penelitian ini menggunakan berbagai algoritma optimasi dan metode elemen hingga yang ditetapkan oleh jaringan syaraf *Radial Basis Function* (RBF). Selain itu, artikel ini membahas penggunaan proses optimasi partikel *swarm* dinamis (DYPPO) dan *self-adaptive* partikel *swarm* optimasi (ADPPO). Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja PMSG saat menggunakan energi angin.



METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Metode ini dilakukan dengan cara memanfaatkan alternator kendaraan yang tidak terpakai untuk dimodifikasi dan mengumpulkan data dari hasil percobaan yang dilakukan seperti mengubah lilitan pada stator dengan menggunakan magnet permanen 4 kutub magnet. Lokasi penelitian yang dipilih sebagai tempat proses studi, pengumpulan dan analisis data untuk tugas akhir penelitian akan dilakukan di *workshop*.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

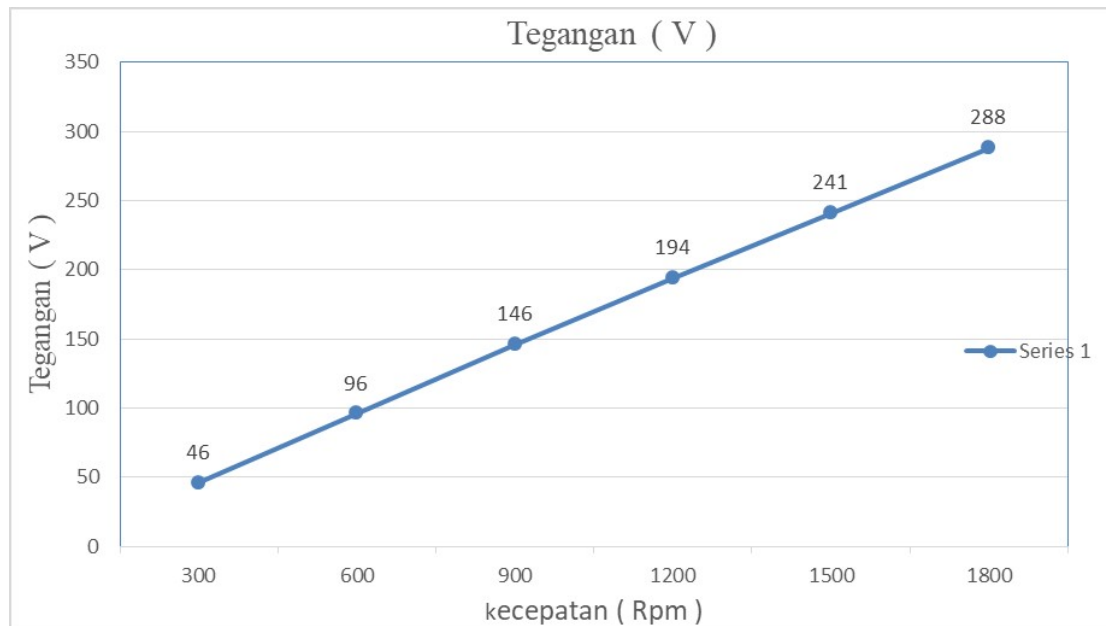
Data Hasil Putaran Rotor Tanpa Beban

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 300 rpm, 600 rpm, 900 rpm, 1200 rpm, 1500 rpm, 1800 rpm. Pengukuran dari pengujian ini menggunakan alat ukur Voltmeter. Berikut ini adalah hasil dari pengujian:

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanpa Beban

Kecepatan Putaran Generator (Rpm)	Frekuensi Generator (hz)	Tegangan dari kumparan tanpa beban V
300	10	46
600	20	96
900	30	146
1200	40	194
1500	50	241
1800	60	288

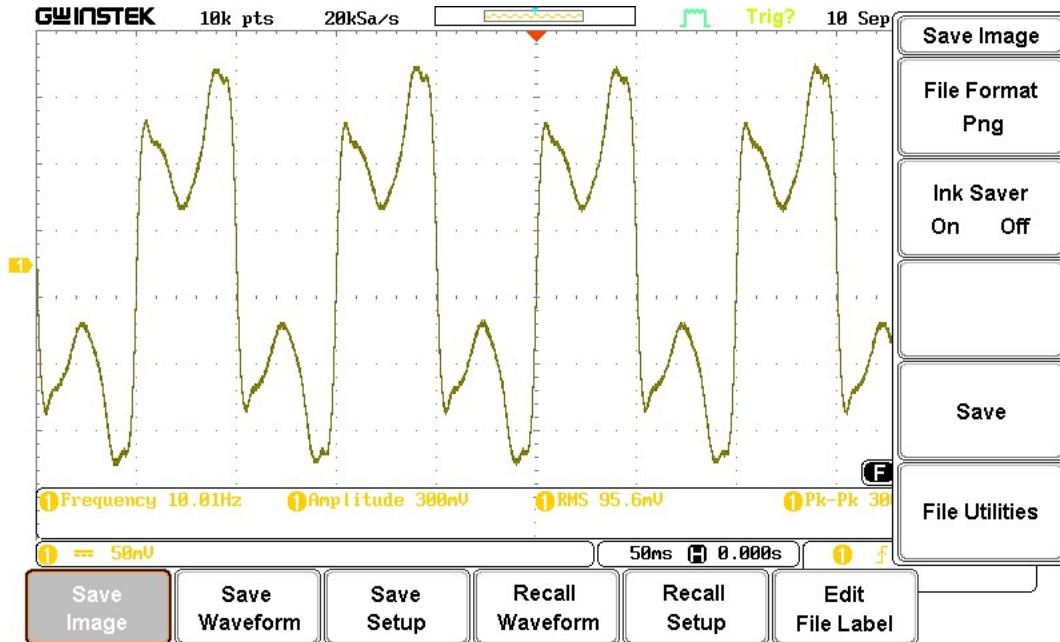
Untuk pengujian kumparan tunggal dengan jumlah lilitan 3500 buah, dapat kita lihat pada tabel diatas, semakin tinggi kecepatan maka tegangan *output* kumparan tersebut juga akan semakin tinggi. Tampak juga bahwa ketika generator diputar pada kecepatan 1500 Rpm, akan diperoleh frekuensi listrik yang persis sama dengan frekuensi listrik PLN yaitu 50 Hz dengan tegangan 241 volt dengan kondisi belum dipasang beban.



Gambar 2. Grafik tegangan tanpa beban 1 kumparan 3500 lilitan.

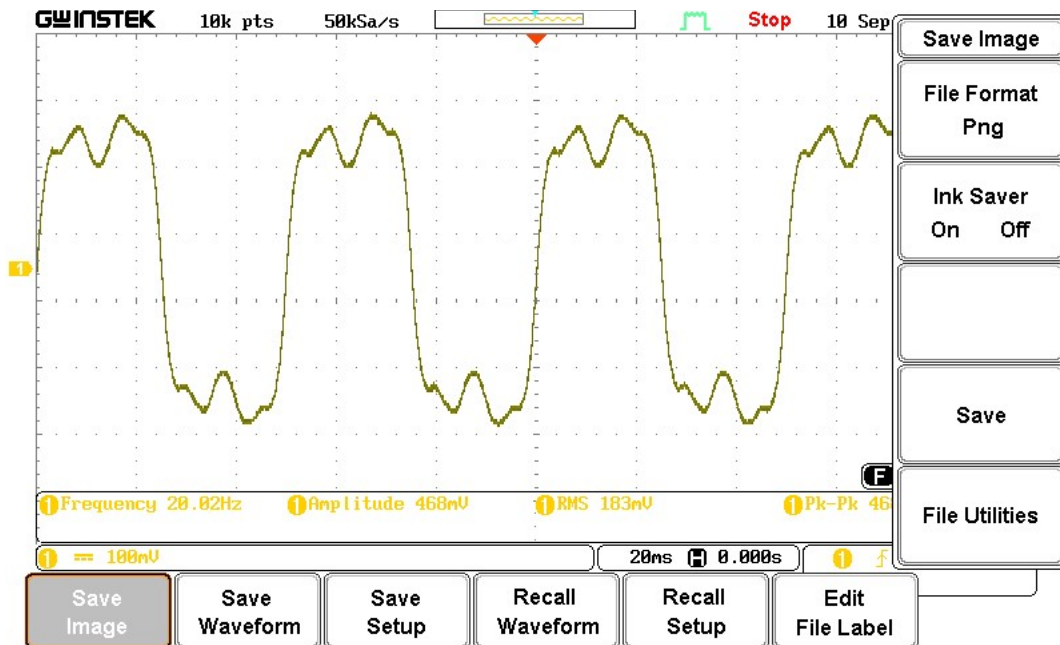
- Hasil pengujian pada kecepatan 300 Rpm

Dari pengujian yang telah dilakukan pada generator magnet permanen 1 pha^{sa} 4 kutub magnet dengan model rotor IPM-I SHAPE. Pada pengujian pertama generator di putar dengan kecepatan 300 Rpm.



Gambar 3. Hasil gelombang pada putaran 300 Rpm

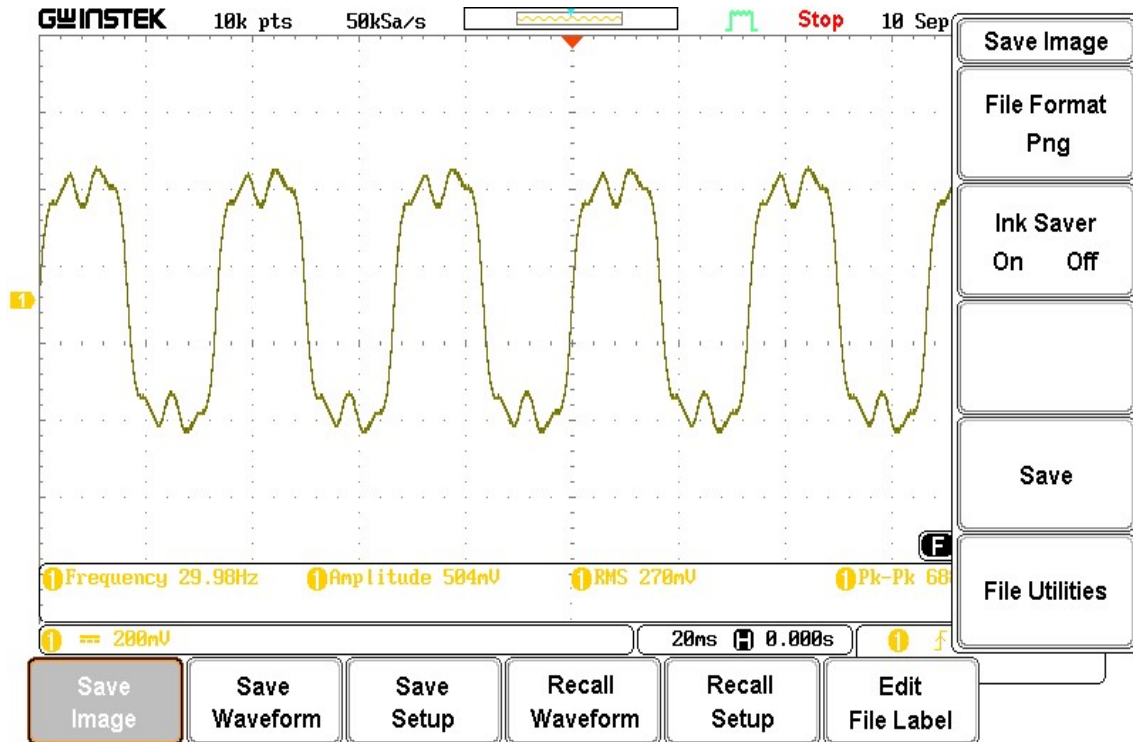
- Hasil pengujian pada kecepatan 600 Rpm



Gambar 4. Hasil gelombang pada putaran 600 Rpm



- Hasil pengujian pada kecepatan 900 Rpm



Gambar 5. Hasil gelombang pada putaran 900 Rpm

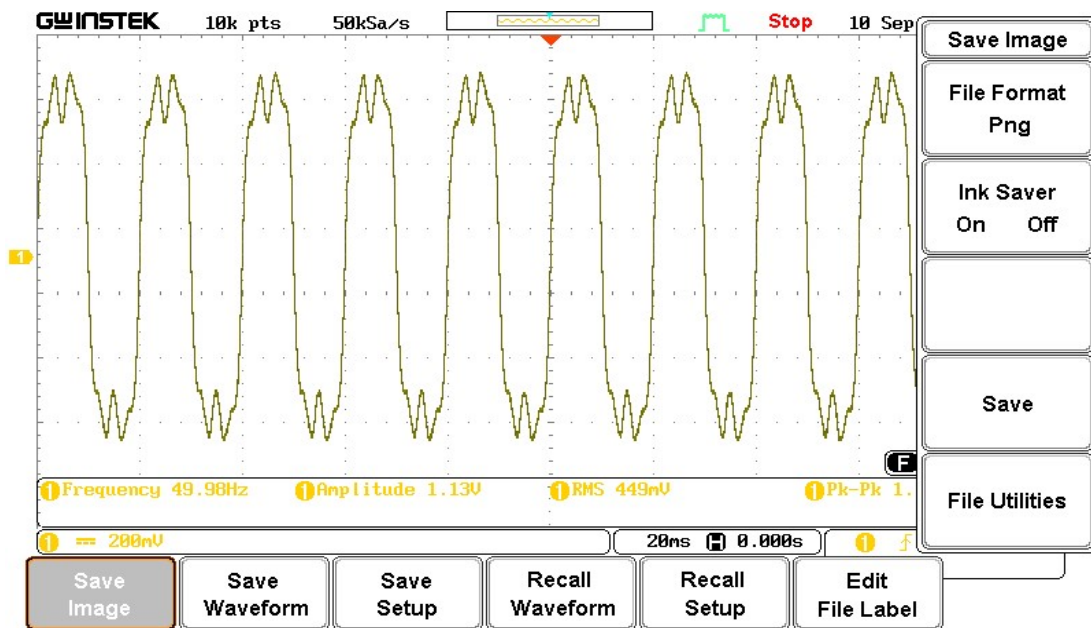
- Hasil pengujian pada kecepatan 1200 Rpm



Gambar 6. Hasil gelombang pada putaran 1200 Rpm



- Hasil pengujian pada kecepatan 1500 Rpm



Gambar 7. Hasil Gelombang Pada Putaran 1500 Rpm

- Hasil pengujian pada kecepatan 1800 Rpm



Gambar 8. Hasil gelombang pada putaran 1800 Rpm

Data Hasil Putaran Rotor Menggunakan Beban

• Data berbeban

Pengujian ini dilakukan dengan putaran rotor 1500 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 5 watt.
3. Lampu pijar 5 watt.
4. Lampu LED 9 watt.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berbeban

Rpm	Hz	V	Jenis Beban
1500	50	226	Lampu LED 18 watt.
1500	50	224	Lampu Pijar Biru 5 watt.
1500	50	227	Lampu Pijar Kuning 5 watt.
1500	50	233	Lampu LED 9 watt.
1500	50	202	Lampu LED 18 watt, Pijar Biru 5 watt.
1500	50	182	Lampu LED 18 watt, pijar biru 5 watt, pijar kuning 5 watt.
1500	50	151	4 lampu.

- Daya *input* yang dihasilkan: 146 watt.

- Daya *output* yang dihasilkan:

Pada saat pengujian menggunakan beban lampu pertama yaitu lampu LED 18 watt didapatkan tegangan nya menjadi 226 volt, saat ditambahkan menghidupkan lampu kedua yaitu lampu pijar 5 watt didapatkan tegangan menjadi 224 volt, lalu lampu ketiga di hidupkan juga dengan lampu pijar 5 watt sehingga tegangan yang didapatkan menjadi 227 volt dan lampu keempat yaitu lampu LED 9 watt juga dihidupkan sehingga tegangan menjadi 233 volt.

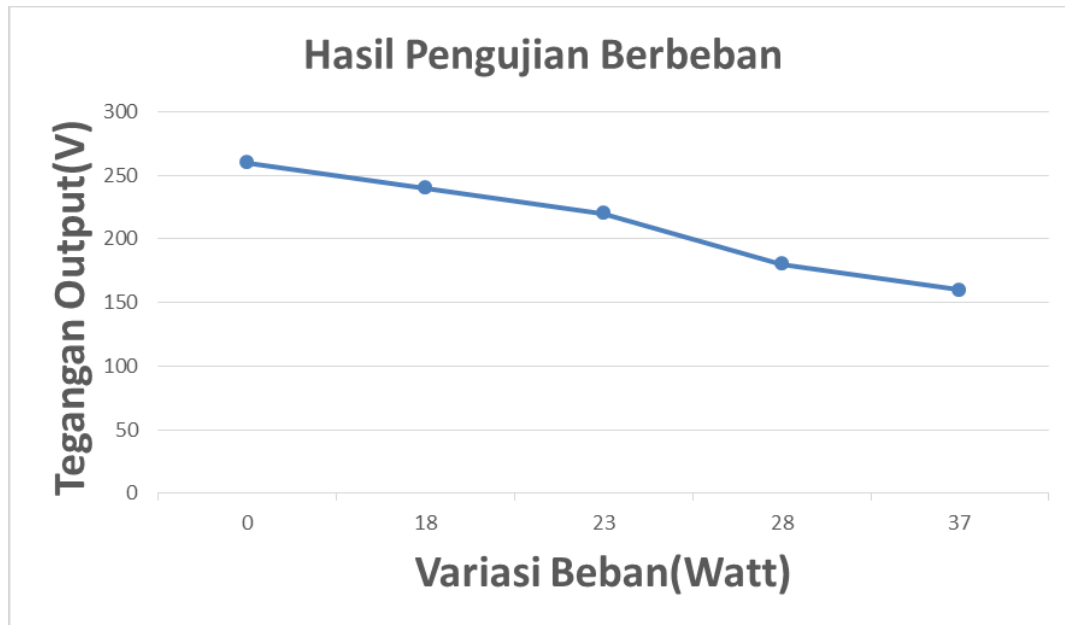
Di saat semuanya dihidupkan, tegangan akhirnya menjadi 151 volt sehingga cahaya lampu yang dihasilkan mulai redup dikarenakan luas penampang atau kawat yang digunakan sangat kecil sehingga arus yang dihantarkan sangat kecil dan ditambah jumlah lilitan yang banyak membuat nilai tahanan meningkat.



Gambar 9. Pengujian berbeban generator magnet permanen



Jadi dari hasil pengujian, terlihat bahwa generator magnet permanen tersebut tidak dapat mempertahankan tegangannya. Hal ini sangat jelas bisa terjadi karena magnet rotor tidak dapat diperkuat ketika tegangan turun waktu diberi beban. Dari pengujian jelas bahwa generator ini bisa bekerja di tegangan nominal 224 volt jika beban satu phasanya 5 watt. Jika generator ini di jadikan tiga fasa dengan jumlah lilitan dan ukuran diameter koil yang sama untuk kumparan-kumparan fasa S dan T, maka daya generator ini untuk tiga fasa adalah $3 \times 5 \text{ watt} = 15 \text{ watt}$.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Berbeban pada Frekuensi 50 Hz.

SIMPULAN

Dapat dilihat dari hasil pengujian frekuensinya 10-60 Hz dan *output* dengan gelombang *sinusoidal* tetapi tidak sempurna, hal ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran magnet permanen yang digunakan terhadap *toot-toot* (gigi-gigi) stator.

Berdasarkan dari pengujian eksperimen untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan dilakukan perubahan pada lilitan dan memanfaatkan magnet permanen sebagai rotor dari stator yang di modifikasi.

Berdasarkan dari pengujian kekuatan magnet memengaruhi untuk mendapatkan tegangan yang tinggi.

Berdasarkan dari pengujian di saat pemberian beban pada generator tegangan yang awalnya bagus menjadi drop jauh dikarenakan ukuran kawat dan jumlah lilitan yang banyak membuat drop tegangan yang drastis.

Pembongkaran alternator untuk mengubah ukuran kawat lilitan kumparan stator, serta mengubah rotor dari pakai sikat arang menjadi tanpa sikat arang menggunakan magnet permanen.

Lakukan penghitungan jumlah lilitan yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran maksimal tanpa beban.



DAFTAR REFERENSI

- [1] Harj S, "Bab I Generator Sinkron (Alternator)," *Academia.Edu*, pp. 1-49, 2017, [Online]. Available:
https://www.academia.edu/12518858/BAB_I_GENERATOR_SINKRON_ALTERNATORV
- [2] B. Murali Krishna, S. S. Duvvuri, K. Yadlapati, T. Pidikiti, and P. Sudheer, "Deployment and performance measurement of renewable energy based permanent magnet synchronous generator system," *Meas. Sensors*, vol. 24, no. September, p. 100478, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100478>
- [3] T. Yee Heng, T. Jian Ding, C. Choe Wei Chang, T. Jian Ping, H. Choon Yian, and M. Dahari, "Permanent Magnet Synchronous Generator design optimization for wind energy conversion system: A review," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 277-282, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.239>
- [4] Dehghanzadeh, A. R., Behjat, V., & Banaei, M. R. (2018). "Dynamic modeling of wind turbine based axial flux permanent magnetic synchronous generator connected to the grid with switch reduced converter". *Ain Shams Engineering Journal*, 9(1), 125- 135. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.002>
- [5] 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>
- [6] Meo, S., Zohoori, A., & Vahedi, A. (2016). "Optimal design of permanent magnet flux switching generator for wind applications via artificial neural network and multiobjective particle swarm optimization hybrid approach". *Energy Conversion and Management*, 110, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.11.062>
- [7] Patil, D. R., Lee, S., Thakre, A., Kumar, A., Song, H., Jeong, D. Y., & Ryu, J. (2023). "Boosting the energy harvesting performance of cantilever structured magnetomechanoelectric generator by controlling magnetic flux intensity on magnet proof mass". *Journal of Materiomics*, 9(4), 735-744. <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2023.02.001>
- [8] Prashanth, N. A. (2021). "Flux maximization in wind turbine permanent magnet synchronous generator made of NdFeB permanent magnets". *Materials Today: Proceedings*, 49(xxxx), 731-737. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.224>
- [9] Ananda, T. M., & Gusnita, N. (2023). "Analisis Perbandingan Pengaruh Material Inti Besi Stator dan Rotor Terhadap Efisiensi pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 18 Pole". *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 8(2), 105. <https://doi.org/10.36722/sst.v8i2.1833>
- [10] Dehghanzadeh, A. R., Behjat, V., & Banaei, M. R. (2018). "Dynamic modeling of wind turbine based axial flux permanent magnetic synchronous generator connected to the grid with switch reduced converter". *Ain Shams Engineering Journal*, 9(1), 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.002>
- [11] Du, G., Xu, W., Zhu, J., & Huang, N. (2020). "Power loss and thermal analysis for high-power high-speed permanent magnet machines". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(4), 2722-2733. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2908594>
- [12] Factors, I., & Techniques, M. (2022). "Performance, Influencing Factors, and Mitigation Techniques". *Eneriges*, 15(7595).
- [13] Gör, H., & Kurt, E. (2016). "Preliminary studies of a new permanent magnet generator (PMG) with the axial and radial flux morphology". *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(17), 7005-7018. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.12.195>
- [14] 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>
- [15] Harj S. (2017). "Bab I Generator Sinkron (Alternator)". *Academia.Edu*, 1-49.



- [16] Hikmawan, M. F., Wibowo, A., & Kasim, M. (2021). "Geometrical and dimensional tolerance analysis for the radial flux type of permanent magnet generator design". *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 12(2), 68-80. <https://doi.org/10.14203/j.mev.2021.v12.68-80>
- [17] Laxminarayan, S. S., Singh, M., Saifee, A. H., & Mittal, A. (2017). "Design, modeling and simulation of variable speed Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator". *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 19, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.01.004>
- [18] 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>
- [19] Meo, S., Zohoori, A., & Vahedi, A. (2016). "Optimal design of permanent magnet flux switching generator for wind applications via artificial neural network and multi-objective particle swarm optimization hybrid approach". *Energy Conversion and Management*, 110, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.11.062>
- [20] Mercado-Vargas, M. J., Gómez-Lorente, D., Rabaza, O., & Alameda-Hernandez, E. (2015). "Aggregated models of permanent magnet synchronous generators wind farms". *Renewable Energy*, 83, 1287-1298. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.040>
- [21] Patil, D. R., Lee, S., Thakre, A., Kumar, A., Song, H., Jeong, D. Y., & Ryu, J. (2023). "Boosting the energy harvesting performance of cantilever structured magneto-mechano-electric generator by controlling magnetic flux intensity on magnet proof mass". *Journal of Materiomics*, 9(4), 735-744. <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2023.02.001>
- [22] Prakht, V., Dmitrievskii, V., Kazakbaev, V., & Ibrahim, M. N. (2020). "Comparison between rare-earth and ferrite permanent magnet flux-switching generators for gearless wind turbines". *Energy Reports*, 6, 1365-1369. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.020>
- [23] Prashanth, N. A. (2021a). "Flux maximization in wind turbine permanent magnet synchronous generator made of NdFeB permanent magnets". *Materials Today: Proceedings*, 49(June), 731-737. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.224>
- [24] Prashanth, N. A. (2021b). "Flux maximization in wind turbine permanent magnet synchronous generator made of NdFeB permanent magnets". *Materials Today: Proceedings*, 49(xxxx), 731-737. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.224>
- [25] Rachmawati, I., Loy, N., & Karolus, M. L. (2023). "Solar electricity: A dimming ray of hope in Ngada, East Nusa Tenggara, Indonesia". *Social Sciences and Humanities Open*, 8(1), 100574. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100574>
- [26] Ramadhan, A., & Tamam, M. T. (2021). "Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Kapasitas 22 KVA Menggunakan Metode Finite Element Method". *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 3(2), 83-90. <https://doi.org/10.30595/jrre.v3i2.11516>
- [27] Shen, J., Dong, X., Zhu, J., Liu, C., & Wang, J. (2022). "HOSMD and neural network based adaptive super-twisting sliding mode control for permanent magnet synchronous generators". *Energy Reports*, 8, 5987-5999. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.04.049>
- [28] Sjölund, J., Leijon, M., & Eriksson, S. (2020). "Method for optimizing the magnetic circuit of a linear generator using FEM simulations". *AIP Advances*, 10(3). <https://doi.org/10.1063/1.5129303>
- [29] Soemphol, C., & Angkawisittpan, N. (2020). "3D-printed materials based low-speed permanent magnet generator for energy harvesting applications". *Materials Today: Proceedings*, 22, 180-184. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.034>
- [30] Średziński, P., Świętochowska, M., Świętochowski, K., & Gwoździej-Mazur, J. (2022). "Analysis of the Use of the PV Installation in the Power Supply of the Water Pumping Station". *Energies*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/en15249536>



- [31] Usman, A. M., Ibrahim, O., Muhammed, Y. S., Otuoze, A. O., Zakariyya, S. O., & Afolayan, M. A. (2021). "Design and Construction of an Automatic Home and Office Power Control System". *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 6(2), 2-7. <https://doi.org/10.46792/fuoyejet.v6i2.597>
- [32] Wang, H., Qu, Z., Tang, S., Pang, M., & Zhang, M. (2017). "Analysis and optimization of hybrid excitation permanent magnet synchronous generator for stand-alone power system". *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 436, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.04.035>
- [33] Włodarski, W. (2018). "Experimental investigations and simulations of the microturbine unit with permanent magnet generator". *Energy*, 158, 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.199>
- [34] Yesemo, D., Wajong, A., Seke, F., & Memah, V. (2022). "Rancang Bangun Alat Sinkron Generator 1 Fasa dengan Sistem AC-DC-AC Menggunakan Papan Driver EGS002". *JURNAL EDUNITRO: Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v2i1.3277>
- [35] Yohanes Setyawan, E., Ismail Nakhoda, Y., Uji Krismanto, A., Mustiadi, L., Yandri, E., & Burlakovs, J. (2020). "Design and Construction of Single Phase Radial Flux Permanent Magnet Generators for Pico hydro Scale Power Plants Using Propeller Turbines in Water Pipes". *E3S Web of Conferences*, 188. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018800006>