



RANCANG BANGUN PEMBUATAN GENERATOR MAGNET PERMANEN SATU PHASA 220 VOLT 8 KUTUB MAGNET

Fiki Saputra^{1*}, Andi Syofian², Sepanur Bandri³, Erhaneli⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, Jln. Gajah Mada Kandis, Kp. Olo,
Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat

¹2020310009.fiki@itp.ac.id

Abstract

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 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.*

Abstrak

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 di rancang 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 di modifikasi yang awalnya dari 24 volt menjadi 230 volt. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan dilakukan perubahan 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

Article History:

Received: June 2025

Reviewed: June 2025

Published: June 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/)



<p>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 awalnya bagus menjadi drop jauh dikarenakan ukuran kawat dan jumlah lilitan yang banyak membuat drop tegangan yang drastis.</p> <p>Kata kunci: Peralatan elektronik, sumber listrik, generator permanen, kekuatan magnet.</p>	
---	--

1. PENDAHULUAN

Semakin banyaknya peralatan elektronik yang digunakan, maka kebutuhan energi untuk menunjang fungsi pemakaian alat elektronik juga semakin meningkat. [6] Permasalahan yang timbul jika kita tidak memiliki sumber listrik, khususnya ketika kita berada di sebuah desa terpencil yang belum tersentuh aliran listrik [7]. Dimana lokasi itu tidak ada jaringan listrik PLN, sehingga mustahil kita mendapatkan tenaga listrik. Jika tidak ada listrik, maka kegiatan aktivitas tertentu selama disana akan terganggu seperti penggunaan laptop dan ponsel yang tidak dapat lagi digunakan ketika baterainya habis. Untuk itu sudah tentu kita memerlukan pembangkit listrik agar kita dapat menggunakan peralatan listrik tersebut [8]. Ada berbagai macam pembangkit listrik yang telah ada saat ini, seperti PLTS menggunakan panel surya [9], PLTB menggunakan bayu, PLTA menggunakan air [10] [11]. PLTS bisa berfungsi jika ada cahaya matahari [12]. PLTB berfungsi jika ada angin yang berhembus, dan PLTA akan menghasilkan listriknya ketika ada air yang mengalir atau mendorong sudu-sudu turbinnya [13]. Dari ketiga macam sumber listrik tadi, yang paling cocok untuk digunakan di pulau tersebut adalah PLTB karena angin di lokasi tersebut masih bisa dirasakan baik di siang hari maupun di malam hari [6]. Sedangkan PLTS hanya bisa berfungsi di siang hari dan memerlukan baterai untuk di malam hari [14]. Untuk PLTA tidak dapat digunakan karena di pulau tersebut tidak di jumpai sungai atau pun air terjun [14].

Untuk pembangkit listrik tenaga bayu ini, dalam menghasilkan listrik memerlukan generator yang akan mengkonversikan energi mekanik (berupa putaran turbin angin) menjadi energi 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 di rancang 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.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut [16] Permintaan listrik terus meningkat di seluruh dunia, yang ditunjukkan oleh emisi yang tidak diinginkan dari pembangkit listrik tradisional yang bergantung pada batu bara atau minyak. Pembangkit listrik terbarukan (RES) lokal secara bertahap menggantikan pembangkit tradisional. RES memiliki banyak keuntungan: mereka ramah lingkungan, tidak berbahaya, dan hampir tidak menghasilkan emisi. Mereka juga mudah dipasang di mana saja dengan menggunakan sumber lokal yang tersedia dan membutuhkan investasi yang lebih sedikit. Sebaliknya, kekurangannya adalah sumber-sumber tersebut sangat rentan, dan potensi yang tersedia akan berubah. Kecuali untuk tenaga surya, solusi generator diperlukan untuk menghasilkan energi dari energi mekanik RES. Distribusi sistem skala kecil yang bergantung pada energi terbarukan.



Dalam sebuah penelitian yang berjudul “Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Kapasitas 22 KVA Menggunakan Metode Finite Element Method” [17], dijelaskan mengenai cara perancangan generator magnet permanen dari menggunakan pemodelan simulasi software Comsol Multiphysic. Artikel tersebut menunjukkan susunan medan magnet, perbandingan antara jumlah beban yang menghasilkan daya keluaran yang berbeda-beda, perancangan generator sinkron dengan magnet permanen kapasitas 22 KVA telah berhasil dilakukan. Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi serta pengujian terhadap beban resistif yang bervariasi diperoleh nilai efisiensi sebesar 94%, tegangan keluaran 445,01 Volt, arus keluaran 63,58 Ampere, torsi 232,88 Nm, daya masukan 21948,29 Watt, daya keluaran 20525,16 Watt.

Menurut [18] karena kemajuan teknologi yang memungkinkan dan karakteristik energi angin yang terbarukan, yang mengurangi jejak karbon, sektor energi angin telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Namun, sistem konversi energi angin skala besar dapat menghasilkan biaya keseluruhan yang tinggi, terutama selama tahap desain, ketika para pemangku kepentingan menghadapi masalah biaya di muka dan pemeliharaan. Untuk turbin angin skala besar, generator biasanya berat dan berukuran besar, yang meningkatkan biaya. Untuk generator turbin angin, termasuk Generator Sinkron Magnet Permanen (PMSG), optimasi desain sangat penting. Karena adanya trade-off dan kendala, optimasi multi-objektif biasanya diterapkan dalam optimasi desain PMSG. Dalam proses optimasi, pendekatan analitis sering digunakan untuk menghemat waktu, sementara metode numerik seperti metode finite element (FEM).

Menurut [19] studi ini berfokus pada mesin, penggerak, dan elektronika daya untuk aplikasi dalam sistem energi terbarukan dan powertrain listrik. Selain itu, penelitian ini membahas desain dan kontrol mesin listrik multi-fase dan hibrida. Karena kepadatan daya dan torsi yang tinggi, mesin magnet permanen (PM) telah banyak dipertimbangkan untuk aplikasi yang dipasang di mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem generator medan luka hibrida (HPM) yang menggabungkan eksitasi medan luka dan PM dalam satu paket mesin. Sistem HPM terdiri dari struktur stator multifase dan dua komponen rotor: rotor medan luka (WF) dan rotor PM. Eksitasi WF mengubah tegangan tetap ketika tegangan output dari generator HPM diserahkan ke DC. Selain itu, penelitian ini melihat toleransi kesalahan dan peningkatan kinerja jumlah fase yang lebih tinggi.

Menurut [20] Studi “Perancangan Radial Flux Permanent Magnet Synchronous Generator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Finite Element Method (Fem)” tujuan penelitian ini untuk merancang model Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG), Generator yang dirancang memiliki jumlah 18 slot, 16 pole dan 3 fasa dengan menggunakan radial flux. Hasil dari pemodelan dan simulasi PMSG ini dapat membangkitkan daya sebesar 661,234 Watt pada kecepatan 1000 RPM dengan efisiensi mencapai 81 %.

Menurut [21] Studi “Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan dan Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 16 Pole” Jenis generator 4 yang digunakan dalam penelitian ini adalah generator synchronous permanent magnet. Dengan meningkatkan jumlah lilitan dan kecepatan putar pada PMSG dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang berbasis Finite Element Method (FEM). FEM merupakan metode yang dapat memecahkan satu persatu perhitungan ke yang lebih kecil lalu dihitung parameternya satu persatu ke setiap bagian. Untuk meningkatkan efisiensi pada PMSG 18 slot 16 pole menggunakan variasi kecepatan putar mulai dari 500 rpm, 100 rpm dan 1500 rpm dan variasi jumlah lilitan 50, 75 dan 100 lilitan dengan beban 10 ohm disamakan setiap variasinya. Dimana jumlah lilitan dan kecepatan berpengaruh terhadap efisiensi dan menghasilkan efisiensi terbaik 80,9% dengan nilai arus 13.83 ampere, tegangan 138.8 volt, daya input 2392.37 watt dan daya output 1956.04 watt

Dalam penelitian “Perancangan Generator Satu Fasa Magnet Permanen Fluks Radial Kecepatan Rendah” [22]. Penelitian ini membahas generator dengan magnet permanen



kecepatan rendah dengan memanfaatkan mesin listrik tipe JY2B - 2. Perancangan dilakukan dengan meletakkan magnet permanen neodymium N52 dengan dimensi 6 cm x 1 cm x 0,5 cm. Stator diperoleh dari mesin tipe JY2B - 2. Hasil dari penelitian ini yaitu menggunakan 16 buah dan jumlah kumparan 8 buah menghasilkan tegangan sebesar 64,6 Volt dengan frekuensi 50,13 Hz. Pada putaran generator 375 rpm, Pemasangan beban resistif berpengaruh terhadap kinerja generator satu phase magnet permanen. Semakin besar beban yang diberikan, tegangan pengukuran semakin menurun sedangkan arus semakin meningkat.

Dalam penelitian “Pengaruh Ketebalan Magnet Rotor terhadap Back EMF dan Efisiensi Permanent Magnet Synchronous Generator 12S8P” [23]. Penelitian ini melakukan analisa simulasi kombinasi rotor 12S8P PMSG (Permanent Magnet Synchronous Generator) pada sebuah pembangkit listrik tenaga angin di NTB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tebal magnet yang digunakan maka semakin tinggi efisiensi dari back EMF dan PMSG 12S8P. Sedangkan perubahan posisi kutub magnet dan geometri rotor tidak mempengaruhi nilai back EMF dan efisiensi. Hal tersebut di atas terjadi karena ketebalan magnet mempengaruhi besarnya fluks yang dihasilkan oleh setiap fasa yang kemudian dapat menentukan nilai back EMF, tegangan keluaran, daya keluaran, dan efisiensi generator. Posisi kutub magnet dan geometri rotor tidak berpengaruh karena tidak mengubah besaran fluks untuk setiap fasa.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. metode ini dilakukan dengan cara Memanfaatkan alternator kendaraan yang tidak terpakai untuk di modifikasi dan Mengumpulkan data dari hasil percobaan yang dilakukan seperti mengubah lilitan pada stator dengan menggunakan magnet permanen 8 kutub magnet.

Lokasi penelitian yang dipilih sebagai tempat proses studi, pengumpulan dan analisis data untuk tugas akhir penelitian akan dilakukan di Labor Teknik Elektro ITP.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen, merupakan metode pengambilan data dengan cara melakukan eksperimen atau percobaan. Uji coba dapat dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Uji coba dapat digunakan untuk mendapatkan data tentang performa generator magnet permanen, seperti tegangan, arus, dan kualitas tegangan keluaran.

Hal yang di butuhkan dalam penelitian ini ialah mengganti kumparan stator lama/alternator kendaraan ke kumparan baru dengan mengubah jumlah lilitan pada kumparan stator tersebut dan mengukur keluaran tegangan yang dihasilkan apakah mencapai 230 volt dengan menggunakan alat multimeter.

Cara pengujian data

Untuk mendapatkan data tegangan, maka dilakukan eksperimen dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menggunakan stator bekas/alternator kendaraan
2. Mengganti lilitan pada stator dengan lilitan yang baru
3. Menguji 1 kumparan lilitan pada stator
4. Mendapatkan hasil tegangan 1 kumparan yang diharapkan
5. Menambah lilitan menjadi 8 kumparan agar mendapatkan tegangan sesuai target yang diharapkan.
6. Menguji hasil tegangan dengan menggunakan beban
7. Analisa data



Tabel 1. Data name plate motor yang di gunakan

No	Jenis Data	Keterangan Data
1	Sumber Daya	1 Phase Ac 220V
2	Menahan Torsi	1:91 NM
3	Torsi Puncak	5:73 NM
4	Kecepatan Putaran Motor	3000 Rpm
5	Kabel Daya	3 M
6	Daya Keluaran	600 W
7	Tegangan Motor	220/240V
8	Daya Motor	1,8 KW

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data 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 150 rpm, 300 rpm, 450 rpm 600 rpm, 750 rpm Pengukuran dari pengujian ini menggunakan alat ukur Voltmeter. Berikut ini adalah hasil dari pengujian :

Tabel 2. Hasil Pengujian Tanpa Beban

Speed (rpm)	Tegangan (volt)	Frekuensi AC (Hz)
150 rpm	41 V	10 Hz
300 rpm	93 V	20 Hz
450 rpm	140 V	30 Hz
600 rpm	188V	40 Hz
750 rpm	236V	50 Hz
900 rpm	284 V	60 Hz

Berdasarkan tabel Hasil pengujian generator tanpa beban di atas di dapatkan keluaran dari generator pada kecepatan 150 rpm, frekuensi 10 hz didapatkan tegangan keluaran dari generator 41 volt, Pada kecepatan kecepatan 300 rpm 20 hz di dapatkan tegangan keluaran 93 volt, pada saat motor diputar pada kecepatan 450 rpm dengan frekuensi 30 hz di dapatkan tegangan keluaran 140 volt, pada kecepatan 600 rpm 40 hz didapatkan tegangan keluaran generator 188 volt, pada kecepatan 750 rpm 50 hz di dapatkan tegangan keluaran 236 volt. Dan pada kecepatan 900 rpm ,60 hz di dapatkan tegangan keluaran 284 volt.



4.1. Hasil pengujian pada kecepatan 150 Rpm

Dari pengujian yang telah dilakukan pada generator magnet permanen 1 fase 8 kutub magnet dengan model rotor IPM-I SHAPE. Pada pengujian pertama generator di putar dengan kecepatan 150 Rpm.



Gambar 1. Hasil Gelombang pada kecepatan 150 Rpm

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

4.2 Hasil pengujian pada kecepatan 300 Rpm

Pada pengujian kedua generator di putar dengan kecepatan 300 Rpm



Gambar 2. Hasil gelombang pada kecepatan 300 Rpm

Dapat dilihat dari hasil pengujian frekuensinya 30 Hz dan output dengan gelombang sinusoidal namun tapi tidak sempurna, hal ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran magnet permanen yang digunakan terhadap toot-toot (gigi-gigi) stator.



4.3 Hasil Pengujian pada kecepatan 450 Rpm



Gambar 3. Hasil gelombang pada kecepatan 450 Rpm

Dapat dilihat dari hasil pengujian frekuensinya 30 Hz dan output dengan gelombang sinusoidal namun tapi tidak sempurna, hal ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran magnet permanen yang digunakan terhadap toot-toot (gigi-gigi) stator.

4.4 Hasil Pengujian Pada Kecepatan 600 Rpm



Gambar 4. Bentuk gelombang 40Hz

Dapat dilihat dari hasil pengujian frekuensinya 40 Hz dan output dengan gelombang sinusoidal namun tapi tidak sempurna, hal ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran magnet permanen yang digunakan terhadap toot-toot (gigi-gigi) stator.



4.5 Hasil Pengujian pada Kecepatan 750 Rpm



Gambar 5. Bentuk gelombang 50Hz

Dapat dilihat dari hasil pengujian frekuensinya 50 Hz dan output dengan gelombang sinusoidal namun tapi tidak sempurna, hal ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran magnet permanen yang digunakan terhadap toot-toot (gigi-gigi) stator.

4.6 Hasil Pengujian Pada Kecepatan 900 Rpm



Gambar 6. Bentuk gelombang 60 Hz

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



Data berbeban

Pengujian ini dilakukan dengan putaran rotor 750 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 3. Hasil Pengujian Berbeban

Speed (rpm)	Jenis beban (W)	Tegangan (volt)	Frekuensi AC (Hz)
750 rpm	Lampu Led 18 watt	220 V	50 Hz
750 rpm	Lampu Pijar 5 watt	207 V	50 Hz
750 rpm	Lampu Led 9 watt	191 V	50 Hz
750 rpm	Lampu Pijar 5 watt	176 V	50 Hz

Daya input yang dihasilkan: 146 watt

Daya output yang dihasilkan :18 watt

Pada saat pengujian menggunakan beban lampu pertama yaitu lampu Led 18 watt didapatkan tegangan nya menjadi 220 volt, saat ditambahkan menghidupkan lampu kedua yaitu lampu pijar watt didapatkan tegangan menjadi 207 V lalu lampu ketiga di hidupkan juga dengan lampu pijar 5 watt sehingga tegangan yang didapatkan menjadi 191 volt dan lampu keempat yaitu lampu led 9 watt juga d hidupkan sehingga tegangan menjadi semakin turun yaitu menjadi 176 volt.

Di saat semua nya dihidupkan dan tegangan akhirnya menjadi 176 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 dan mengakibatkan drop tegangan meningkat.

Dari hasil perhitungan kemampuan dari pembangkit generator listrik ini untuk menghasilkan daya dengan perhitungan sebagai berikut.

$$I = \frac{V}{R}$$
$$I = \frac{230}{335} = 0,7A$$

Jadi daya yang dapat dihasilkan oleh generator ini adalah

$$P = v \cdot I \cdot \cos \theta$$
$$P = 236V \cdot 0,7A \cdot 0,8$$
$$= 132,6 \text{ watt}$$

Namun berdasarkan pengujian kemampuan dari generator adalah sebesar 36 watt namun tegangan turun menjadi 176 volt. Ini di perkirakan disebabkan oleh ukuran kawat penghantar yang kecil.



5. Simpulan

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa alternator kendaraan bisa di modifikasi yang awalnya dari 24 volt menjadi 230 volt. Dari pengujian eksperimen untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan dilakukan perubahan lilitan dan memanfaatkan magnet permanen sebagai rotor dari stator yang di modifikasi. Pada pengujian kekuatan magnet memengaruhi untuk mendapatkan tegangan yang tinggi. Berdasarkan dari pengujian 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. Berdasarkan dari pengujian 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.

Daftar Referensi

- [1] N. A. Prashanth, "Flux maximization in wind turbine permanent magnet synchronous generator made of NdFeB permanent magnets," *Mater. Today Proc.*, vol. 49, no. xxxx, pp. 731-737, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.224.
- [2] J. Ma, L. Shi, and A. M. Golmohammadi, "Voltage-Stabilizing Method of Permanent Magnet Generator for Agricultural Transport Vehicles," *Processes*, vol. 10, no. 9, pp. 1-17, 2022, doi: 10.3390/pr10091726.
- [3] P. Średziński, M. Świętochowska, K. Świętochowski, and J. Gwoździej-Mazur, "Analysis of the Use of the PV Installation in the Power Supply of the Water Pumping Station," *Energies*, vol. 15, no. 24, 2022, doi: 10.3390/en15249536.
- [4] M. Nasiri, J. Milimonfared, and S. H. Fathi, "Modeling, analysis and comparison of TSR and OTC methods for MPPT and power smoothing in permanent magnet synchronous generator-based wind turbines," *Energy Convers. Manag.*, vol. 86, pp. 892-900, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.06.055.
- [5] E. Yohanes Setyawan, Y. Ismail Nakhoda, A. Uji Krismanto, L. Mustiadi, E. Yandri, and J. Burlakovs, "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 Conf.*, vol. 188, 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202018800006.
- [6] G. A. Haqq, T. Hardianto, and B. Sujanarko, "Rancang Bangun Generator Permanen Magnet Satu Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dual Rotor," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 1, p. 6, 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i1.16775.
- [7] A. M. Usman, O. Ibrahim, Y. S. Muhammed, A. O. Otuoze, S. O. Zakariyya, and M. A. Afolayan, "Design and Construction of an Automatic Home and Office Power Control System," *FUOYE J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 2-7, 2021, doi: 10.46792/fuoyejet.v6i2.597.
- [8] S. S. Laxminarayan, M. Singh, A. H. Saifee, and A. Mittal, "Design, modeling and simulation of variable speed Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 19, pp. 114-124, 2017, doi: 10.1016/j.seta.2017.01.004.
- [9] I. Rachmawati, N. Loy, and M. L. Karolus, "Solar electricity: A dimming ray of hope in Ngada, East Nusa Tenggara, Indonesia," *Soc. Sci. Humanit. Open*, vol. 8, no. 1, p. 100574, 2023, doi: 10.1016/j.ssaho.2023.100574.
- [10] J. Shen, X. Dong, J. Zhu, C. Liu, and J. Wang, "HOSMD and neural network based adaptive super-twisting sliding mode control for permanent magnet synchronous generators," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 5987-5999, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.04.049.
- [11] M. J. Mercado-Vargas, D. Gómez-Lorente, O. Rabaza, and E. Alameda-Hernandez, "Aggregated models of permanent magnet synchronous generators wind farms," *Renew. Energy*, vol. 83, pp. 1287-1298, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.04.040.



- [12] I. Factors and M. Techniques, “Performance , Influencing Factors , and Mitigation Techniques,” *Eneriges*, vol. 15, no. 7595, 2022.
- [13] V. Prakht, V. Dmitrievskii, V. Kazakbaev, and M. N. Ibrahim, “Comparison between rare-earth and ferrite permanent magnet flux-switching generators for gearless wind turbines,” *Energy Reports*, vol. 6, pp. 1365-1369, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.11.020.
- [14] S. Meo, A. Zohoori, and A. Vahedi, “Optimal design of permanent magnet flux switching generator for wind applications via artificial neural network and multi-objective particle swarm optimization hybrid approach,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 110, pp. 230-239, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2015.11.062.
- [15] J. Sjölund, M. Leijon, and S. Eriksson, “Method for optimizing the magnetic circuit of a linear generator using FEM simulations,” *AIP Adv.*, vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.1063/1.5129303.
- [16] V. 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, doi: 10.1016/j.measen.2022.100478.
- [17] A. Ramadhan and M. T. Tamam, “Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Kapasitas 22 KVA Menggunakan Metode Finite Element Method,” *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 83-90, 2021, doi: 10.30595/jrre.v3i2.11516.
- [18] 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, doi: 10.1016/j.egy.2022.10.239.
- [19] A. S. Al-Adsani and O. Beik, “Design of a Multiphase Hybrid Permanent Magnet Generator for Series Hybrid EV,” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 33, no. 3, pp. 1499-1507, 2018, doi: 10.1109/TEC.2018.2828027.
- [20] M. I. Manishe, A. Hasibuan, and R. Putri, “PERANCANGAN RADIAL FLUX PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD (FEM),” vol. 10, pp. 42-48, 2021.
- [21] T. M. Ananda and N. Gusnita, “Analisis Perbandingan Pengaruh Material Inti Besi Stator dan Rotor Terhadap Efisiensi pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 18 Pole,” *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 105, 2023, doi: 10.36722/sst.v8i2.1833.
- [22] F. B. Manggala and M. Suyanto, “Perancangan Generator Satu Fasa Magnet Permanen Fluks Radial Kecepatan Rendah,” vol. 03, no. 01, pp. 21-28, 2022.
- [23] I. Bagus, F. Citarsa, I. Ayu, and S. Adnyani, “Pengaruh Ketebalan Magnet Rotor terhadap Back EMF dan Efisiensi Permanent Magnet Synchronous Generator 12S8P,” vol. 9, no. 1, pp. 11-17, 2025.
- [24] G. Du, W. Xu, J. Zhu, and N. Huang, “Power loss and thermal analysis for high-power high-speed permanent magnet machines,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 67, no. 4, pp. 2722-2733, 2020, doi: 10.1109/TIE.2019.2908594.
- [25] D. Supriyatna, “Analysis of Power Efficiency Generated by Generator Work Systems on AC and DC Dynamos : A Literature Review Analisis Efisiensi Daya Yang Dihasilkan Sistem Kerja Generator Pada Dinamo AC Dan DC : Sebuah Tinjauan Literatur,” pp. 261-268, 2023.
- [26] Harj S, “Bab I Generator Sinkron (Alternator),” *Academia.Edu*, pp. 1-49, 2017, [Online]. Available: https://www.academia.edu/12518858/BAB_I_GENERATOR_SINKRON_ALTERNATOR



- [27] W. Sunarlik, “Prinsip kerja generator sinkron *”.
- [28] B. L. Theraja, “Textbook of Elektrical Technology,” vol. 2-S, 2005.
- [29] M. S. Widyan and R. E. Hanitsch, “High-power density radial-flux permanent-magnet sinusoidal three-phase three-slot four-pole electrical generator,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 43, no. 1, pp. 1221-1227, 2012, doi: 10.1016/j.ijepes.2012.05.069.
- [30] T. Mesin, F. Teknik, U. Muhammadiyah, and S. Utara, “Rancang Bangun Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif,” 2019.