



Rancang Bangun Generator *Fluks Axial Magnet Permanen Satu Phasa Sistem 24 V dan 48 V* pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Design and Construction of a Single Phase Permanent Magnet Axial Flux Generator for 24 V and 48 V System in Wind Power Plants

Isra' Nuur Darmawan^{1,a)}, Muhamad Alif¹, Kholistianingsih¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyakusuma Purwokerto

^{a)}Corresponding author: isra.nuur.darmawan@unwiku.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia setelah pemenuhan papan, sandang, dan pangan. Tahun ke tahun, penggunaan bahan bakar fosil khususnya minyak masih sangat dominan dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Para ahli berasumsi bahwa ketersediaan energi fosil akan berakhir dalam beberapa tahun mendatang. Energi angin termasuk salah satu dari kontributor penting bagi jaringan listrik modern sebagai energi yang ramah lingkungan. Beberapa upaya telah dilakukan oleh berbagai pihak untuk mengatasi permasalahan ini. Perlunya pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) merupakan salah satu dari upaya penggunaan bahan bakar fosil, batu bara, gas alam dan minyak. Pembangkit listrik tenaga hibrid merupakan gabungan dari dua atau lebih sumber daya yang dapat diubah menjadi listrik. PLTH yang umum digunakan adalah tenaga surya dan tenaga bayu atau angin. Komponen yang digunakan untuk merubah energi angin menjadi energi listrik yaitu generator. Tujuan penelitian ini yaitu untuk membandingkan generator sistem 24 v dan 48 v. Data yang diperoleh dari pengujian selama 6 hari dimana 3 hari untuk generator sistem 24 v dan 3 hari untuk generator sistem 48 v, sehingga dapat diketahui perbedaan *output* yang dihasilkan generator. Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa generator sistem 24 v menghasilkan daya rata-rata selama 3 hari sebesar 17,96 w dan daya rata-rata selama 3 hari sebesar 45,92 w pada sistem 48 w. Efisiensi yang didapatkan pada generator sistem 24 v yaitu 99,6% dan 99,4% pada sistem 48 v.

Kata Kunci: daya; efisiensi; energi; generator; PLTH.

Abstract

Electrical energy is one of the basic human needs after the fulfillment of boards, clothing and food. Year after year, the use of fossil fuels, especially oil, is still very dominant compared to other fuels. Experts assume that the availability of fossil energy will end in the next few years. Wind energy is one of the important contributors to the modern electricity network as an environmentally friendly energy. Several attempts have been made by various parties to overcome this problem. The need for a hybrid power plant (PLTH) is one of the efforts to use fossil fuels, coal, natural gas and oil. A hybrid power plant is a combination of two or more power sources that can be converted into electricity. PLTH that are commonly used are solar power and wind or wind power. The component used to convert wind energy into electrical energy is a generator. The purpose of this research is to compare the 24 v and 48 v system generators. The data obtained from testing for 6 days where 3 days for the 24 v system generator and 3 days for the 48 v system generator so that it can be seen the difference in the output produced by the generator. The results of this study indicate that the 24 v system generator produces an average power for 3 days of 17.96 W, and an average power for 3 days of 45.92 W on a 48 W system. The efficiency obtained on the 24 v system generator is 99.6% and 99.4% on the 48 v system.

Keywords: power; efficiency; energy; generator; PLTH.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia setelah pemenuhan papan, sandang, pangan. Dari tahun ke tahun, penggunaan bahan bakar fosil khususnya minyak masih sangat dominan dibandingkan dengan bahan bakar lainnya [1]. Para ahli berasumsi bahwa ketersediaan energi fosil akan berakhir dalam beberapa tahun mendatang [2]. Energi baru dan terbarukan ini dianggap ramah lingkungan atau tidak merusak lingkungan, karena tidak terjadi pembakaran bahan bakar yang menghasilkan asap yang terbuang ke udara. Menurut beberapa sumber yang saat ini menggunakan PLN, ternyata pemenuhan akan energi listrik itu masih belum seimbang dengan kebutuhan masyarakat, sehingga tidak jarang diadakan pemadaman listrik secara bergilir yang mengakibatkan beberapa alat rumah tangga untuk membantu kegiatan manusia tidak dapat beroperasi.

Energi angin termasuk salah satu dari kontributor penting bagi jaringan listrik modern sebagai energi yang ramah lingkungan [3]. Kebutuhan energi untuk pembangkit listrik di dunia masih sangat bergantung pada fosil, batu bara, gas alam dan minyak. Beberapa upaya telah dilakukan oleh berbagai pihak untuk mengatasi masalah ini [4]. Usaha-usaha yang dilakukan oleh beberapa pihak yaitu menemukan sumber-sumber energi baru dan terbarukan dengan tujuan mengurangi penggunaan sumber energi fosil. Sebagai salah satu alternatif sumber energi baru dan terbarukan yaitu energi angin atau bayu, dimana energi tersebut membutuhkan kualitas angin yang cukup baik. Pemanfaatan energi tersebut membutuhkan suatu peralatan utama yaitu kincir angin

Perlunya pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) adalah untuk mengatasi penggunaan dari fosil, batu bara, gas alam dan minyak. Pembangkit listrik tenaga hibrid merupakan gabungan dari dua atau lebih sumber daya alam yang dapat diubah menjadi listrik. Pembangkit listrik tenaga hibrid yang umum digunakan adalah tenaga surya dan tenaga bayu atau angin. Kecepatan angin di Indonesia memang tidak sekecang di Negara sub-tropis, tetapi potensi tersebut dapat dimanfaatkan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Secara umum PLTB memiliki banyak komponen yang salah satunya yaitu generator. Fungsi dari generator adalah mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator memiliki beberapa komponen, yaitu stator, rotor dan magnet. Generator membutuhkan medan magnet agar dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan sebaliknya. Generator merupakan

komponen penting dari pembangkit listrik tenaga bayu, karena dengan adanya generator maka PLTB dapat menghasilkan listrik yang bersumber dari angin. Penggunaan generator tidak hanya untuk pembangkit listrik tenaga bayu saja, tetapi dapat digunakan untuk pembangkit listrik lainnya seperti pembangkit listrik tenaga air dan tenaga uap. Penelitian yang dilakukan yaitu untuk membandingkan dua sistem generator yaitu sistem 24 v dan 48 v yang diterapkan pada PLTH agar dapat diketahui sistem manakah yang dapat menghasilkan daya listrik serta efisiensi yang lebih besar dengan kecepatan angin yang rendah

METODE PENELITIAN

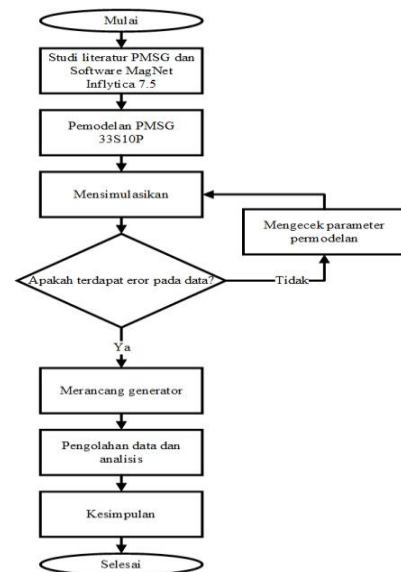
A. Metode

Penelitian ini membahas tentang perbedaan *output* dari generator yang memiliki dua sistem yang berbeda, sistem yang digunakan yaitu sistem 24 dan 48. Generator dibangun menggunakan magnet permanen *neodymium iron boron* (NdFeb) dengan ketebalan 3 mm.

Perangkat lunak *MagNet Infolytica* digunakan untuk mendesain bagian dari generator sinkron magnet permanen yang berupa rotor dan stator serta melakukan simulasi untuk menghasilkan *output* berupa tegangan, arus dan torsi. Metode penelitian ini meliputi diagram alir penelitian, alat dan bahan penelitian, pemodelan generator sinkron magnet permanen menggunakan perangkat lunak *MagNet Infolytica*.

B. Diagram Alir

Tahap-tahap penelitian ini tercantum pada diagram alir yang ditunjukkan pada [Gambar 1](#).



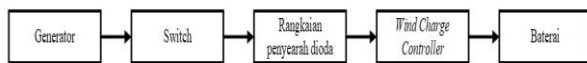
Gambar 1. Diagram alir penelitian

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu laptop Asus dengan tipe X441SA yang menggunakan prosesor Intel Celeron N3060 1.6GHz, perangkat lunak *MagNet Infolytica* yang digunakan untuk melakukan desain dan simulasi PMSG kemudian generator bekas, pipa besi, magnet *neodymium iron boron* (NdFeb) dengan ketebalan 3mm, kawat email 0.8, as drat, *bearing*, *switch* 3 pin, diode *bridge* dan *tunel*, *high volt disconnect* (hvd), *tachometer* digital, mur 24 mm, diode kaki 4, kabel, tinol atau timah, solder, *tachometer*, anemometer.

D. Blok Diagram

Diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 2. bertujuan untuk mempermudah dalam memahami cara kerja. Rancang bangun generator *flux aksial* magnet permanen satu phasa sistem 24 V dan 48 V dalam *project* PLTH maka dibuat blok diagram rangkaian. Gambar 2. menunjukkan bahwa *switch* berfungsi untuk mengubah sistem generator menjadi sistem 24 V atau 48 V. Kemudian setelah sistem diubah, maka arus yang dihasilkan dari generator masih AC, rangkaian penyearah diode dibutuhkan untuk mengubah arus yang awalnya AC menjadi DC. Setelah arus diubah maka akan sampai di *wind charge controller*, di mana wcc berfungsi untuk mencegah terjadinya *overcharging* pada baterai (Gambar 2).



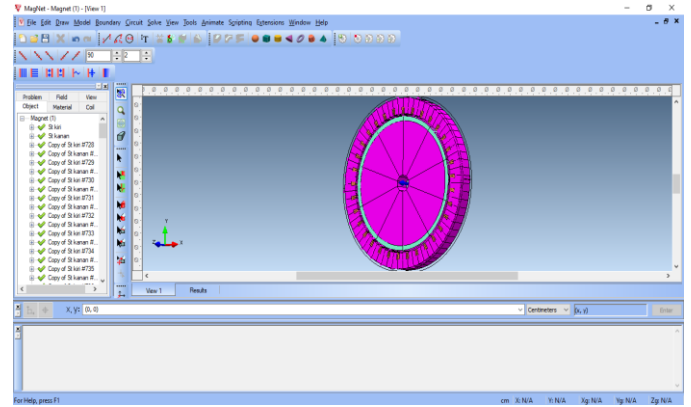
Gambar 2. Diagram blok rangkaian

E. Study Literatur PMSG dan Software MagNet Infolytica

Langkah pertama untuk mendesain generator *PMSG* adalah dengan mengumpulkan penelitian yang sudah ada mengenai generator *PMSG* dan *Software MagNet Infolytica*, kemudian mempelajari model yang sama dengan variasi yang berbeda. Sehingga dari model generator tersebut dapat diketahui data-data dari generator *PMSG* yang akan didesain. Dan juga mengumpulkan data material generator untuk mengetahui bahan material apa saja yang digunakan untuk mendesain generator.

F. Pemodelan PMSG 12 Slot 8 Pole

Pemodelan generator dilakukan dengan memperhitungkan segala sisi aspek mulai dari rotor, stator, magnet dan lain-lain. Dalam perancangan model generator menggunakan desain generator *PMSG 33 slot 10 pole* nantinya akan dibuat simulasi pada *Software MagNet Infolytica* yang ditunjukkan pada Gambar 3.

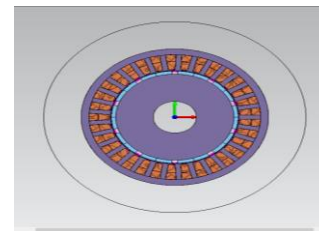


Gambar 3. Desain Generator PMSG 33 Slot 10 Pole

Adapun jenis bahan atau material yang digunakan dalam rancangan generator *PMSG 33 Slot 10 Pole* dapat dilihat dalam Tabel 1. dan Gambar 4.

Tabel 1. Material komponen generator

Komponen	Material
Stator	M-19 29 GA
Rotor	M-19 29 GA
Coil	Copper: 577e7 Siemens/meter
Magnet	Neodymium Iron Boron (NdFeB)
Airbox	AIR



Gambar 4. Pemodelan generator 33s10p

G. Simulasi

Pengaturan pada *Software MagNet Infolytica* merupakan tahapan yang harus dilakukan sebelum tahap simulasi. Pada tahap ini terdapat beberapa pengaturan yang diubah untuk menyimulasikan sesuai dengan data yang ingin diperoleh, yaitu mengubah parameter *motion* dan mengubah parameter kecepatan putar.

H. Perakitan Generator

1. Membuat *casing* generator

Casing generator yang akan dipakai berasal dari pipa besi yang sudah tidak terpakai yang kemudian dipotong agar sesuai dengan stator seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemotongan pipa besi untuk casing generator

2. Stator

Gambar 6. menunjukkan stator yang akan dicek lilitannya apakah stator tersebut berfungsi normal atau tidak. Apabila stator tidak berfungsi dengan normal atau *short* maka akan dilakukan pelilitannya ulang agar dapat menghasilkan tegangan yang normal.



Gambar 6. Stator

3. Rotor

Langkah yang berikutnya pemasangan magnet-magnet *neodymium iron boron (NdFeb)* yang berjumlah 10 buah. Dengan digunakannya 10 magnet pada rotor yang dibangun maka akan terdapat 10 *pole* atau 10 kutub. **Gambar 7.** menunjukkan rotor dengan jumlah 10 magnet permanen *neodymium iron boron (NdFeb)*.



Gambar 7. Rotor

4. Bearing

Bearing dalam generator berfungsi agar rotor yang berada di dalam stator dapat berputar seperti pada **Gambar 8.**



Gambar 8. Bearing

Generator memerlukan 2 buah *bearing* dan harus dengan posisi yang tepat agar rotor dapat diputar dengan ringan. Jika dalam pemasangan *bearing* depan dan belakang tidak presisi maka akan sulit untuk diputar dan menyebabkan gesekan antara stator dengan rotor yang pada akhirnya magnet yang ada pada rotor akan rusak. **Gambar 8.** menunjukkan pemasangan *bearing* yang presisi.

I. Pengambilan Data

Data seperti pada **Tabel 2** yang didapatkan setelah dilakukan pengujian selama 3 hari untuk sistem 24 v dan 3 hari untuk sistem 48 V. Data yang diambil berupa tegangan keluaran, arus, dan daya yang dihasilkan generator dengan interval waktu 30 menit. **Gambar 9.** menunjukkan hasil pengujian generator dengan sistem 24 V dan 48 V.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Tegangan (V)	Arus (A)	Torsi (Nm)
10.00	2.4	0	0	0	0
10.30	2.6	0	0	0	0
11.00	2.9	0	0	0	0
11.30	3.0	0	0	0	0
12.00	3.3	0	0	0	0
12.30	4.0	444	14,63	0	0
13.00	3.9	416	13,7	0	0
13.30	4.5	536	17,73	0,02	0,0063
14.00	5.0	571	18,89	0,06	0,0189
14.30	5.4	593	19,16	0,13	0,401
15.00	5.5	599	20,02	0,19	0,0606
15.30	5.9	661	20,08	0,36	0,104
16.00	6.0 m/s	694	20,87	0,52	0,149
16.30	6.1 m/s	711	21,44	0,72	0,207
17.00	5.6 m/s	583	19,42	0,3	0,954
17.30	5.7 m/s	600	19,99	0,33	0,105
18.00	5.6 m/s	588	19,6	0,3	0,0955

Selanjutnya terdapat perhitungan manual yang dimaksud di sini adalah perhitungan matematis berdasarkan persamaan-persamaan yang ada, di mana nilai yang dimasukkan dalam persamaan-persamaan tersebut diperoleh dari data pada hasil simulasi. Data yang dihitung secara manual meliputi:

1. Data daya masukan dari variasi ketebalan magnet 2 mm, 3 mm dan 4 mm pada kecepatan putar 1000 RPM, 1500 RPM dan 2000 RPM. Besarnya nilai torsi dan daya keluaran yang didapat dihitung dengan:

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad (1)$$

$$K_e = \frac{V_{dc}}{\omega} \quad (2)$$

Dimana $K_t = K_e$

$$T = K_t \cdot I \quad (3)$$

Keterangan:

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

n : Kecepatan (RPM)

K_e : Konstanta EMF

K_t : Konstanta Torsi

T : Torsi

I : Arus (ampere)

$$P_{in} = T \cdot \omega \quad (4)$$

Keterangan:

P_{in} : Daya Masukan (W)

T : Torsi (Nm)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

2. Data daya keluaran dari variasi ketebalan magnet 2 mm, 3 mm dan 4 mm pada kecepatan putar 1000 RPM, 1500 RPM dan 2000 RPM. Besarnya nilai torsi dan daya keluaran yang didapat dihitung dengan persamaan-persamaan :

$$P_{Out} = I \times V \quad (5)$$

Keterangan:

P_{out} : Daya keluar (W)

I : Arus (A)

V : Tegangan (V)

3. Data efisiensi dari variasi ketebalan magnet 2 mm, 3 mm dan 4 mm pada kecepatan putar 1000 RPM, 1500 RPM dan 2000 RPM. Besarnya nilai torsi dan daya keluaran yang didapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

η : Efisiensi (%)

P_{out} : Daya Keluaran (W)

P_{in} : Daya Masukan (W)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

1. Tegangan

Nilai rata-rata tegangan yang didapatkan pada simulasi generator 33 slot 10 pole sistem 24 V pada kecepatan putar 1000 RPM didapatkan tegangan sebesar 24,49 V. Nilai rata-rata tegangan pada simulasi generator sistem 48 V sebesar 46,26 V pada kecepatan putar 1300 RPM.

2. Arus

Nilai rata-rata arus yang didapatkan pada simulasi generator 33 slot 10 pole sistem 24 V pada kecepatan putar 1000 RPM didapatkan tegangan sebesar 3,06 A. Nilai rata-rata arus pada simulasi generator sistem 48 V sebesar 2,89 A pada kecepatan putar 1300 RPM.

3. Torsi

Nilai torsi yang didapatkan dari hasil simulasi generator 33 slot 10 pole sistem 24 V adalah 0,71 nm dan pada sistem 48 V mendapatkan nilai torsi sebesar 0,983 Nm.

4. Daya Masuk

Daya masukan yang dihasilkan dari simulasi generator sistem 24 V Sebesar 74,97 watt, sedangkan pada generator sistem 48 V mendapatkan daya masukan sebesar 133,74 watt.

5. Daya Keluar

Daya keluaran yang dihasilkan dari simulasi generator 33 slot 10 pole sistem 24 V sebesar 74,93 watt dan daya keluaran yang dihasilkan dari simulasi generator 33 slot 10 pole sebesar 133,69 watt.

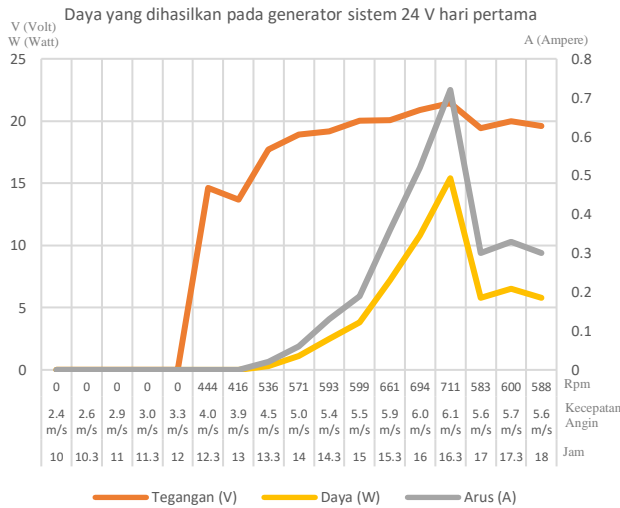
6. Efisiensi

Nilai efisiensi yang dihasilkan dari simulasi generator sistem 24 V sebesar 99,95 %, sedangkan pada generator sistem 48 V mendapatkan nilai efisiensi sebesar 99,96 %.

B. Hasil Pengujian Generator Sistem 24 V

1. Pengujian hari pertama

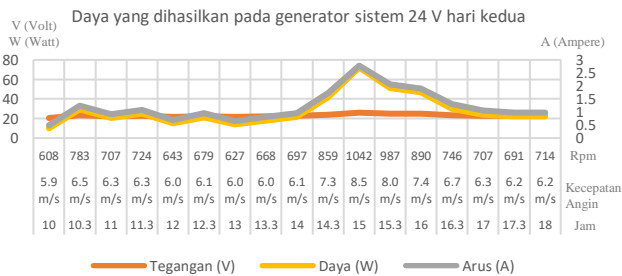
Grafik hasil pengujian pada hari pertama ditunjukkan pada [Gambar 9](#).



Gambar 9. Grafik hasil pengujian generator sistem 24 V hari pertama

2. Pengujian hari kedua

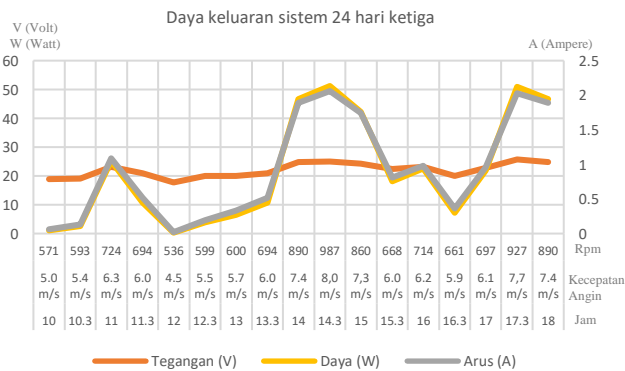
Grafik hasil pengujian pada hari kedua ditunjukkan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Grafik hasil pengujian generator sistem 24 V hari kedua

3. Pengujian hari ketiga

Grafik hasil pengujian pada hari ketiga ditunjukkan pada **Gambar 11**.

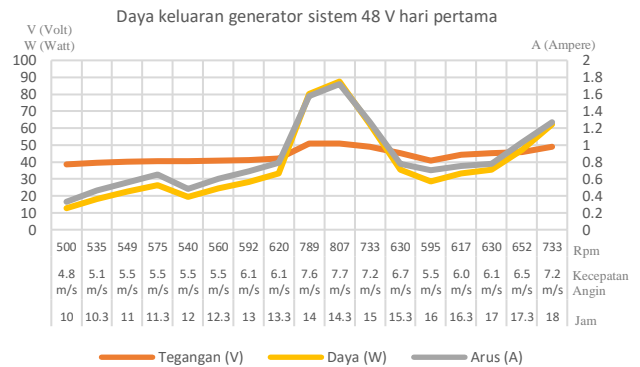


Gambar 11. Grafik hasil pengujian generator sistem 24 V hari ketiga

C. Hasil Pengujian Generator Sistem 48 V

1. Pengujian hari pertama

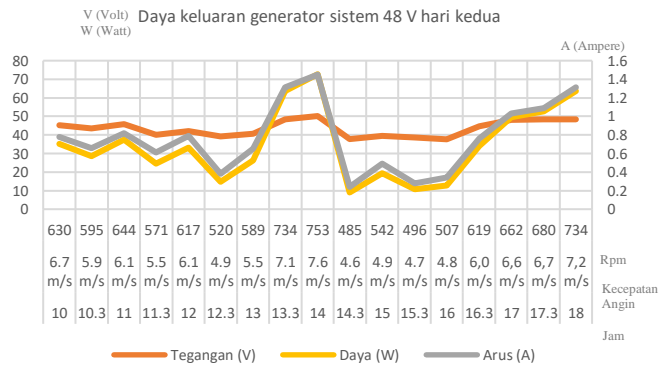
Grafik hasil pengujian pada hari pertama ditunjukkan pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Grafik hasil pengujian generator sistem 48 V hari pertama

2. Pengujian hari kedua

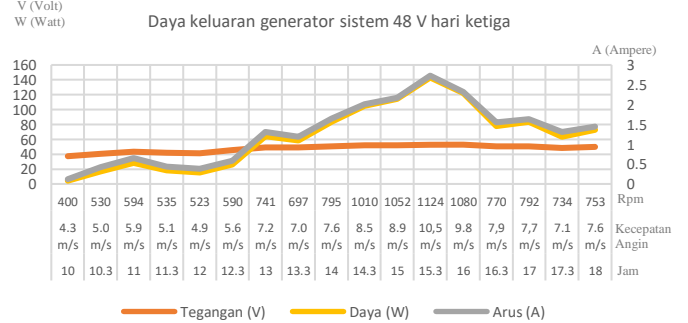
Grafik hasil pengujian pada hari pertama ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Grafik hasil pengujian generator sistem 48 V hari kedua

3. Pengujian hari ketiga

Grafik hasil pengujian pada hari pertama ditunjukkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Grafik hasil pengujian generator sistem 48 V hari ketiga

D. Pembahasan

Berdasarkan data dan grafik yang telah diperoleh selama pengujian, berikut pembahasan hasil dari data dan grafik

1. Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan, bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin tinggi juga kecepatan putar (RPM). Tingginya kecepatan putar maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar. Tegangan terbesar pada pengujian generator sistem 24 V hari pertama yaitu 21,44 V dengan kecepatan putar 711 yang didapatkan pada pukul 16.30 WIB. Kemudian tegangan terbesar pada pengujian sistem 24 V pada hari kedua 26 V dengan kecepatan putar 1042 dan kecepatan angin 8,5 m/s pada pukul 15.00 WIB. Tegangan yang didapatkan pada pengujian sistem 24 V pada hari ketiga yaitu 25,72 dengan kecepatan putar 987 dan kecepatan angin 7,7 m/s pada pukul 17.30 WIB. Pengujian yang dilakukan pada hari pertama sistem 48 V didapatkan tegangan sebesar 50,89 pada pukul 14.30 WIB dengan kecepatan putar 807 dan kecepatan angin 7.7 m/s. Tegangan yang dihasilkan dari generator sistem 48 V pada hari kedua yaitu 50,17 dengan kecepatan angin 7.6 m/s dan kecepatan putar 753 pada pukul 14.00 WIB. Pengujian hari ketiga generator sistem 48 V mendapatkan tegangan sebesar 52,84 dengan kecepatan putar 1080 dan kecepatan angin 9,8 m/s pada pukul 16.00 WIB.

2. Arus

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin tinggi juga kecepatan putar (RPM). Tingginya kecepatan putar maka arus yang dihasilkan juga semakin besar. Arus terbesar pada pengujian generator sistem 24 V hari pertama yaitu 0,72 A dengan kecepatan putar 711 yang didapatkan pada pukul 16.30 WIB Kemudian arus terbesar pada pengujian sistem 24 V pada hari kedua yaitu 2,78 A dengan kecepatan putar 1042 dan kecepatan angin 8,5 m/s. Arus yang didapatkan pada pengujian sistem 24 V pada hari ketiga yaitu 2,06 dengan kecepatan putar 987 dan kecepatan angin 7,7 m/s. Pengujian yang dilakukan pada hari pertama sistem 48 V didapatkan Arus sebesar 1,72 A dengan kecepatan putar 807 dan kecepatan angin 7.7 m/s. Arus yang dihasilkan dari generator sistem 48 V pada hari kedua yaitu 1,45 A dengan kecepatan angin 7.6 m/s dan kecepatan putar 753. Pengujian hari ketiga generator sistem 48 V mendapatkan arus sebesar 2,73 dengan kecepatan putar 1124 dan kecepatan angin 10,5 m/s.

4. Torsi

Berdasarkan Hasil pengujian, menunjukkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai torsi. Setiap kecepatan putar yang sama, nilai torsi akan semakin besar. Nilai torsi terbesar pada sistem 24 v pada hari pertama yaitu 0,401 dengan kecepatan putar 593. Nilai torsi terbesar pada generator sistem 24 v hari kedua yang didapatkan pada 496 pada kecepatan putar 0,496. Nilai torsi terbesar pada hari ketiga yaitu 0,538 pada kecepatan putar 927. Selanjutnya nilai torsi terbesar pada generator sistem 48 v pada hari pertama yaitu 1,036 pada kecepatan putar 807. Nilai torsi terbesar pada sistem 48 v hari kedua yaitu 0,923 pada kecepatan putar 753. Nilai torsi terbesar pada sistem 48 v hari ketiga yaitu 1,21 pada kecepatan putar 1124.

5. Daya Masukan

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan pengaruh perubahan putar terhadap daya *input*. Semakin besar kecepatan putar maka daya *input* yang dibutuhkan juga membesar. Nilai daya masukan rata-rata pada pengujian generator sistem 24 v hari pertama yaitu 3,50 Watt. Nilai rata-rata daya masukan pada hari kedua yaitu 28,62. Kemudian pengujian pada hari ketiga mendapatkan rata-rata daya masukan sebesar 21,77. Nilai daya masukan rata-rata pada pengujian generator sistem 48 v pada hari pertama yaitu 38,65. Pengujian pada hari kedua yaitu 35,21. Pengujian pada hari ketiga sistem 48 v mendapatkan rata-rata daya masukan sebesar 64,63.

6. Daya Keluaran

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan pengaruh perubahan putar terhadap daya *input*. Semakin besar kecepatan putar maka daya *input* yang dibutuhkan juga membesar. Nilai daya masukan rata-rata pada pengujian generator sistem 24 v hari pertama yaitu 3,50 Watt. Nilai rata-rata daya masukan pada hari kedua yaitu 28,62. Kemudian pengujian pada hari ketiga mendapatkan rata-rata daya masukan sebesar 21,77. Nilai daya masukan rata-rata pada pengujian generator sistem 48 v pada hari pertama yaitu 38,65. Pengujian pada hari kedua yaitu 35,21. Pengujian pada hari ketiga sistem 48 v mendapatkan rata-rata daya masukan sebesar 64,63.

7. Efisiensi

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggambarkan pengaruh perubahan nilai efisiensi terhadap kecepatan putar. Perubahan tersebut selisih daya *input* terhadap kecepatan putar. Nilai efisiensi pada

generator sistem 24 v yaitu 99,6% sedangkan nilai efisiensi pada generator sistem 24 V sebesar 99,4%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian generator sistem 24 dan 48 V dapat disimpulkan bahwa:

Rancangan generator menggunakan perangkat lunak *MagNet Infolytica* dengan model 33 slot 10 pole dengan parameter diameter stator 13 cm, diameter rotor 8,5 cm, dan material magnet *neodymium iron boron* (NdFeB) mendapatkan hasil simulasi rata-rata daya keluaran sebesar 74,93 W pada kecepatan putar 1000 RPM dan rata-rata daya keluaran 133, 69 W pada kecepatan putar 1300 RPM

Berdasarkan pengujian generator sistem 24 V dan 48 V, daya yang dihasilkan dari kedua sistem memiliki perbedaan dimana pada sistem 24 V menghasilkan daya keluaran rata-rata sebesar 17,96 watt, sedangkan pada sistem 48 v mendapatkan daya keluaran rata-rata sebesar 45,92 watt

Nilai efisiensi rata-rata yang terbaik yaitu pada sistem 24 V dengan nilai efisiensi sebesar 99,6%, sedangkan pada sistem 48 V mendapatkan nilai efisiensi rata-rata sebesar 99,4%. Selisih nilai efisiensi dari sistem 24 v dan 48 v sebesar 0,2%

Generator akan dapat berputar di kecepatan angin 4.0 m/s dengan kecepatan putar 444 RPM dan menghasilkan tegangan sebesar 14,64.

Saran

Dalam penyempurnaan dan pengembangan berdasarkan penelitian ini, langkah selanjutnya yang sebaiknya dilakukan adalah:

Melakukan analisis lebih lanjut terkait nilai keluaran generator dengan tempat yang memiliki kecepatan angin lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Dimas Priyambodo and A. I. Agung, "PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN GENERATOR DC DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA Achmad Imam Agung," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 285–292, 2019, [Online]. Available: file:///D:/FILE VEBO/Teknik Penerbangan 2018/SKRIPSI/Vebo/KOMPOSIT/Jurnal Kincir Angin/document.pdf
- [2] 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.
- [3] L. Mustika, "Pengembangan Media Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik," *J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 3, no. 2, p. 20, 2020, [Online]. Available: <https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS>
- [4] B. Prasetyo and T. H. Mulud, "Rancang Bangun Motor – Generator Magnet Permanen Jenis NdFeB," *Eksergi*, vol. 15, no. 2, p. 60, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v15i2.1507.
- [5] Y. Nakhoda and C. Saleh, "Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 5, no. 2, p. 71, 2016, doi: 10.36055/setrum.v5i2.967.
- [6] D. Susanto, M. Mulyadi, N. 'Atifah, and P. Sebayang, "Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Generator Fluks Aksial Magnet Permanen Putaran Rendah untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius," *Pist. J. Tech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–17, 2019, doi: 10.32493/pjte.v2i1.3222.
- [7] N. Priyaningsih, "Analisis Efisiensi Generator Pada Wind Turbine," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 157–168, 2017, doi: 10.21831/jee.v1i2.17420.
- [8] F. Muliawati and T. Ramadhan, "Rancang Bangun Generator Portable Fluks Aksial Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB)," *Bogor*, no. V, pp. 38–46, 2017.
- [9] J. Irfan *et al.*, "Disain Dan Simulasi Generator Magnet Permanen 3 Fasa Menggunakan Softwawre Magnet Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Kecepatan Rendah," *Jom FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: <https://www.bmkg.co.id>
- [10] S. Grabic, N. Celanovic, and V. A. Katic, "Permanent magnet synchronous generator cascade for wind turbine application," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 23, no. 3, pp. 1136–1142, 2008, doi: 10.1109/TPEL.2008.921181.
- [11] A. A. Wijaya, Syahrial, and Waluyo, "Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik," *Reks Elkomika*, vol. 4, no.

2, pp. 93–108, 2016.

- [12] H. Prasetijo, Ropiudin, and B. Dharmawan, “Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah Permanent,” *Din. Rekayasa*, vol. 8, no. 2, pp. 70–77, 2012.
- [13] M. N. KHOLIS, “Rancangan permanent magnet synchronous generator (pmsg) 12 slot 8 pole dengan menggunakan software *MagNet Infolytica 7.5*,” pp. 5–19, 2020.
- [14] M. O. Suhada and I. Yasri, “Aspek Rancangan Generator Magnet Permanen Fluks Radial Kecepatan Rendah,” *J. FTEKNIK*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2018.