

## Design Analysis of Permanent Magnet Synchronous Generator (Pmsg) 18 Slot 8 Pole to Seek Efficiency in Series and Parallel Circuits

Veronica Ernita Kristianti<sup>1\*</sup>, Priska Restu Utami<sup>2</sup>, Aris Susanto<sup>3</sup>  
Universitas Gunadarma

**Corresponding Author:** Veronica Ernita Kristianti [veronica@staff.gunadarma.ac.id](mailto:veronica@staff.gunadarma.ac.id)

### ARTICLE INFO

*Keywords:* Efficiency, Infolytica MagNet, Generator, PMSG

*Received :* 23, Mei  
*Revised :* 25, June  
*Accepted:* 27, July

©2023 Kristianti, Utami, Susanto:  
This is an open-access article  
distributed under the terms of the  
[Creative Commons Atribusi 4.0  
Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRACT

Generator is an important component for converting renewable energy into electrical energy. This study aims to analyze the efficiency of designing a Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) with a configuration of 18 slots 8 poles in series and parallel circuits. The research was conducted by simulating using Infolytica MagNet software and data analysis using Microsoft Excel. The test results show that the design efficiency of the PMSG generator is higher in a series circuit up to 84% at a speed of 2000 RPM and a load of 20  $\Omega$  compared to a parallel circuit which is only 13% at a speed of 3000 RPM and a load of 10  $\Omega$ . PMSG generator design, series configuration is more efficient than parallel configuration. The results of the study show that the performance and efficiency of the 18 slot 8 pole PMSG generator can be used for renewable energy based power generation systems.

## Analisis Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator (Pmsg) 18 Slot 8 Pole untuk Mencari Efisiensi pada Rangkaian Seri dan Paralel

Veronica Ernita Kristianti<sup>1\*</sup>, Priska Restu Utami<sup>2</sup>, Aris Susanto<sup>3</sup>

Universitas Gunadarma

**Corresponding Author:** Veronica Ernita Kristianti [veronica@staff.gunadarma.ac.id](mailto:veronica@staff.gunadarma.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

*Kata Kunci:* Efisiensi, *Infolytica MagNet*, Generator, PMSG

*Received :* 23, Mei

*Revised :* 25, June

*Accepted:* 27, July

©2023 Kristianti, Utami, Susanto:

This is an open-access article distributed under the terms of the

[Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRAK

Generator komponen penting untuk mengubah energi terbarukan menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi pada perancangan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) dengan konfigurasi 18 slot 8 pole dalam rangkaian seri dan paralel. Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan *software Infolytica MagNet* dan analisis data menggunakan Microsoft Excel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi rancangan generator PMSG lebih tinggi pada rangkaian seri hingga 84% di kecepatan 2000 RPM dan beban 20  $\Omega$  dibanding pada rangkaian paralel yang hanya 13% di kecepatan 3000 RPM dan beban 10  $\Omega$ . Perancangan generator PMSG, konfigurasi seri lebih efisien daripada konfigurasi paralel. Hasil penelitian menunjukkan kinerja dan efisiensi generator PMSG 18 slot 8 pole dapat digunakan untuk sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan.

## PENDAHULUAN

Sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan telah menjadi fokus penting dalam upaya mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu komponen yang digunakan untuk mengubah energi terbarukan menjadi energi listrik adalah generator. Contoh salah satu energi terbarukan yang memanfaatkan generator adalah energi angin yaitu penggunaan turbin angin, dimana turbin tersebut menggunakan generator sinkronus PMSG (Permanent Magnet Synchronous Generator) untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Teknologi PMSG (Permanent Magnet Synchronous Generator) mengalami perkembangan desain dan mempengaruhi kinerja dari generator. Penelitian simulasi PMSG menggunakan software Magnet dengan kecepatan putar 1000 rpm telah dilakukan. Penelitian tersebut menghasilkan desain PMSG dengan 12 slot dan 8 pole dengan daya yang dihasilkan sebesar 500 watt. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (Simanjuntak dalam Irfan et al., 2021). Selain itu, penelitian lain yang dilakukan menggunakan metode J.R. Handershot dalam perancangan PMSG dengan software Infolytica MagNet berhasil menghasilkan daya output antara 125,86 Watt hingga 231,59 Watt pada kecepatan putar antara 100 rpm hingga 150 rpm dengan efisiensi 58% hingga 79% (Irfan et al., 2021).

Software berbasis Finite Element Method (FEM) juga telah terbukti sangat berguna dalam mendukung perancangan generator secara efisien dan sesuai dengan kebutuhan. Penelitian oleh Sumantri (dalam Ramadhan et al., 2021) menyoroti pentingnya penggunaan software FEM dalam visualisasi dan pemodelan generator, serta memberikan informasi melalui kurva karakteristik yang dihasilkan. Dalam pengembangan generator, perangkat lunak aplikasi seperti Magnet Infolytica juga menjadi pilihan yang efektif dalam melakukan simulasi dan analisis hasil. Software ini memungkinkan desainer untuk merancang generator dengan berbagai parameter dan variabel yang dapat mempengaruhi kinerja generator, tanpa harus membuatnya secara fisik terlebih dahulu. Penelitian oleh Indrawan (dalam Ramadhan et al., 2021) menegaskan manfaat dari penggunaan software ini dalam memudahkan perancangan generator dengan memperhitungkan aspek-aspek kritis yang terlibat.

Selain desain slot dan pole, jumlah slot pada generator juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja generator. Perubahan jumlah slot dapat mempengaruhi Back EMF (Electromotive Force) dan KE (Kinetic energy) dalam generator. Penelitian oleh Sumawang (2022) menunjukkan bahwa PMSG dengan 15 slot dan 10 lilitan pada setiap slot menghasilkan nilai Back EMF dan KE yang optimal. Nilai Back EMF dan KE yang optimal ini berkontribusi pada peningkatan tegangan output generator. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat keragaman metode dan pendekatan yang digunakan dalam perancangan PMSG dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem. Tingginya nilai efisiensi generator akan berpengaruh pada kerja generator tersebut yaitu semakin tinggi efisiensi generator maka daya keluaran yang dihasilkan semakin tinggi (Wijaya, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini

bertujuan untuk melakukan analisis perancangan PMSG dengan konfigurasi 18 slot 8 pole untuk mencari efisiensi pada rangkaian seri dan paralel.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Generator Sinkron

Generator sinkron (*alternator*) adalah mesin listrik yang menghasilkan tegangan bolak-balik dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak utama, sementara energi listrik dihasilkan melalui proses induksi elektromagnetik pada kumparan stator dan rotor (Andersin P.M dalam Salim et al., 2021). Generator sinkron memiliki frekuensi listrik yang sinkron dengan putaran mekanisnya. Rotor generator sinkron terdiri dari belitan medan yang dialiri arus searah untuk menciptakan medan magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan rotor (Simamora, 2020). Dalam penelitian (Assaffat, 2009), hubungan antara medan magnet pada mesin dengan frekuensi listrik pada stator ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$f = \frac{n_s \cdot p}{120} \quad (1)$$

Dimana:

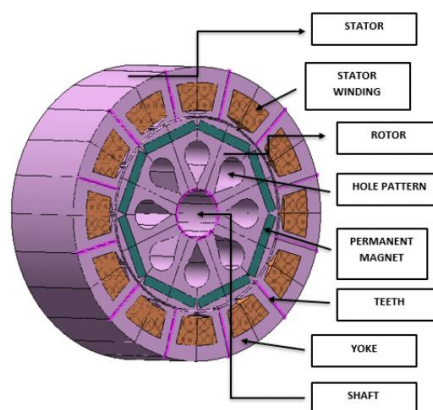
f = Frekuensi listrik (Hz)

$n_s$  = Kecepatan sinkron medan magnet atau kecepatan putar rotor (rpm)

p = Jumlah kutub

### Komponen Generator Sinkron

Generator sinkron magnet permanen merupakan mesin listrik berputar dengan 3-fase stator klasik yang seperti generator induksi pada umumnya (Handershot dalam Irfan et al., 2021). Rotornya mempunyai magnet permanen yang terpasang pada permukaan. Dalam hal ini, *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) hampir sama dengan motor induksi, di mana medan magnet celah udara yang dihasilkan oleh magnet permanen, sehingga medan magnet pada rotor konstan konstruksi generator sinkron secara garis besar terdiri dari beberapa bagian komponen dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen-komponen PGMS (Irfan et al., 2021)

### **Prinsip kerja generator sinkron**

Generator dapat menghasilkan energi listrik karena adanya pergerakan relatif antaran medan magnet homogen terhadap kumparan jangkar pada generator (magnet yang bergerak dan kumparan jangkar diam, atau sebaliknya magnet diam sedangkan kumparan jangkar bergerak). Jadi, jika sebuah kumparan diputar pada kecepatan konstan pada medan magnet homogen, maka akan terinduksi tegangan sinusoidal pada kumparan tersebut. Medan magnet homogen ini bisa dihasilkan oleh kumparan yang dialiri arus DC atau oleh magnet tetap (Anthony, 2018).

Generator sinkron (disebut juga alternator) merupakan mesin konversi energi terbesar. Lebih dari 90% energi listrik di dunia dihasilkan oleh alternator. Generator sinkron bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang terdiri dari stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak atau berputar). Energi mekanis diperoleh dari penggerak mula yang memutar rotor, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan-kumparan stator. (Irfan et al., 2021)

### **Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)**

Teitelbaum menyatakan (dalam Lumbantoruan, 2022) *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) adalah jenis generator sinkron di mana medan eksitasinya dihasilkan oleh magnet permanen bukan kumparan. Medan magnet permanen ini terpasang pada permukaan atau tertanam pada rotor, sehingga rotor dan medan magnet berputar dengan kecepatan yang sama. Istilah "sinkron" di sini merujuk pada fakta bahwa rotornya dan medan magnet berputar dengan kecepatan yang sama karena medan magnet dihasilkan melalui magnet permanen. Dalam penelitiannya, Fikri (2022) menyatakan Permanent Magnet Synchronius Generator (PMSG) merupakan generator magnet yang menghasilkan medan melalui celah udara. PMSG fluks radial tiga fase dirancang dengan menggunakan jenis inner rotor tunggal dan stator tunggal.

### **Komponen pada generator PMSG**

Pada generator PMSG memiliki komponen-komponen yang terdiri dari beberapa bagian diantaranya yakni (Ayu dalam Lumbantoruan, 2020) :

1. Permanen Magnet
2. Rotor
3. Stator
4. Celah udara (Air Gap)

### **Prinsip kerja Generator PMSG**

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) memiliki kontruksi yang sama dengan generator sinkron konvensional, memiliki stator yang diam dan rotor yang bergerak. Perbedaan antara PMSG dengan generator sinkron konvensional terletak pada rotornya. Rotor pada generator sinkron memerlukan pencatuan arus DC untuk menghasilkan GGL sedangkan rotor pada PMSG tidak perlu pencatuan arus DC. Prinsip kerja PMSG hampir sama dengan generator sinkron. Penggunaan magnet permanen di rotor menghasilkan medan magnet yang menginduksi sehingga menimbulkan gerak gaya listrik. (Supriatna, 2021)

### Efisiensi Generator

Efisiensi adalah ukuran tingkat penggunaan sumber daya dalam suatu proses. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik. Dalam penelitiannya, (Kurniasari et al., 2017) menyimpulkan semakin besar efisiensi generator maka dapat dikatakan bahwa generator tersebut dalam kondisi yang baik. Dian Winny (dalam Kurniasari et al., 2017) menyatakan arus listrik mengalir saat generator terhubung ke beban. Besarnya arus listrik yang mengalir tergantung pada besarnya hambatan ke beban. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar dapat bekerja secara optimal. Perubahan beban menyebabkan ketidakstabilan generator yang dapat mempengaruhi efisiensi generator.

Secara umum efisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara output terhadap input dalam suatu proses. Dalam konteks generator, efisiensi digunakan untuk menilai seberapa baik konversi energi yang terjadi. Generator mengubah daya mekanik dari turbin menjadi daya listrik, dan efisiensi generator dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\eta_{gen} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

$\eta_{gen}$  = Efisiensi generator(%)

$P_{out}$  = Daya output (W)

$P_{in}$  = Daya input (W)

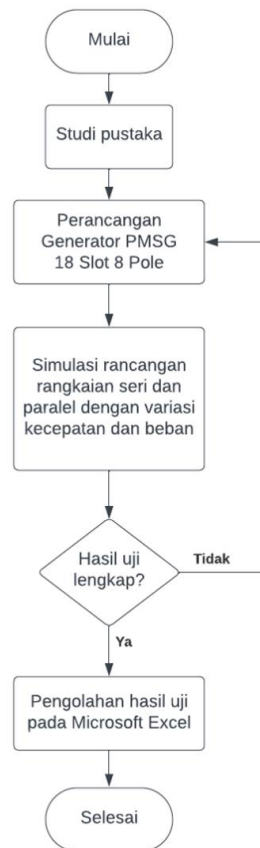
### Software Infolytica MagNet

MagNet, atau Software Infolytica MagNet, adalah perangkat lunak berbasis Finite Element Method (FEM) yang digunakan untuk melakukan simulasi fenomena-fenomena elektromagnetik pada berbagai perangkat. MagNet menyediakan "laboratorium virtual" yang memungkinkan pengguna untuk membuat model dari bahan magnetik dan kumparan (Nusantara, 2014). Software ini memiliki kemampuan untuk merancang magnet permanen pada generator dan motor listrik serta dapat memecahkan fenomena elektromagnetik seperti fluks linkage dan fluks density (Yusup et al., 2019).

MagNet juga digunakan dalam penelitian untuk proses desain, simulasi, dan analisis (Didin et al., 2023). Didesain sebagai alat pemodelan bentuk 3D, MagNet dapat menyelesaikan masalah elektromagnetik yang meliputi medan magnet statis, medan magnet yang berubah seiring waktu, dan kondisi transient pada perangkat yang bergerak. Software ini juga dapat melakukan simulasi 2D untuk mempercepat penyelesaian masalah dan menggunakan metode terbaru dalam menghitung nilai seperti gaya dan torsi (Nusantara, 2014).

## METODOLOGI

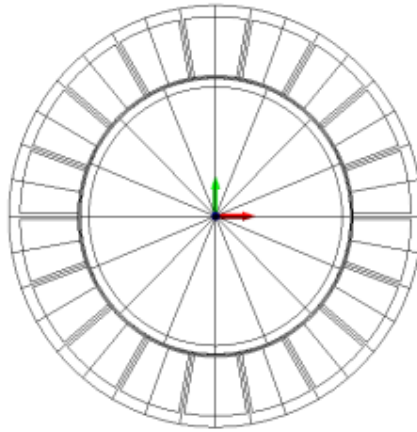
Proses perancangan sampai dengan pengujian hasil rancangan yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan diagram alur pada gambar 2.



**Gambar 2. Diagram Alur Perancangan Generator PMSG 18 Slot 8 Pole**

Penelitian dimulai dengan melakukan studi Pustaka dari beberapa penelitian – penelitian serupa yang telah dilakukan. Berdasarkan informasi yang di dapatkan dari studi Pustaka tersebut kemudian dilakukan perancangan generator PMSG (*Permanent Magnet Synchronous Generator*) 18 slot 8 pole. Hasil rancangan disimulasikan pada rangkaian seri dan paralel dengan memberikan variasi kecepatan dan beban. Variasi kecepatan yang diberikan dalam penelitian ini yaitu mulai 500 RPM sampai dengan 3000 RPM dengan rentang variabel sebesar 500. Data hasil uji coba kemudian diolah dengan bantuan Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai efisiensi rancangan generator.

Rancangan generator PMSG 18 slot 8 pole disimulasikan dengan bantuan perangkat lunak *Infolytica MagNet* berbasis *Finite Element Method* (FEM). Gambar 3 menunjukkan rancangan keseluruhan model generator PMSG 18 slot 8 pole, dan parameter ukuran generator yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Rancangan Keseluruhan Model Generator PMSG 18 Slot 8 Pole

Tabel.1 Parameter Ukuran Rancangan Generator PMSG 18 Slot 8 Pole

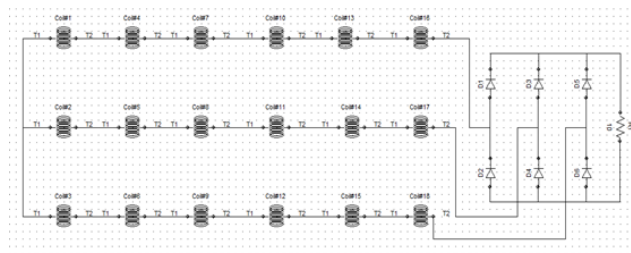
No	Variabel	Unit (mm)
1	Diameter Luar Stator	150
2	Diameter Dalam Stator	100
3	Diameter Lubang Slot	142
4	Diameter Rotor	92
5	Diameter Luar Magnet	98
6	Diameter Dalam Magnet	92
7	Tebal Magnet	3
8	Tebal Generator	40
9	Lebar Airgap	1

Bahan - bahan yang digunakan dalam perancangan pembuatan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) ditunjukkan juga pada Tabel 2.

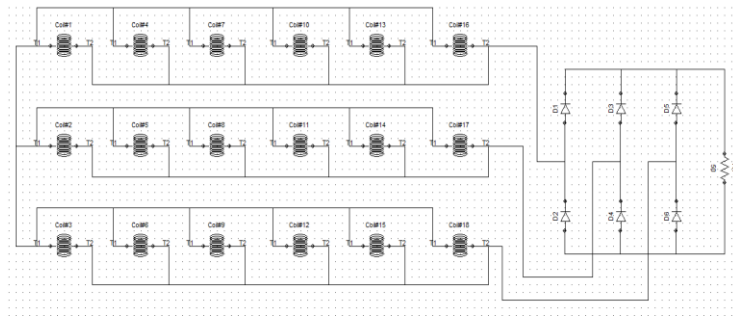
Tabel.2 Material Pembuatan Bagian PMSG

No	Bagian Generator	Jenis Material
1	Air Box (ruang udara)	AIR (udara)
2	Stator Air (celah stator dan rotor)	Virtual Air (udara)
3	Coil (kumparan)	Copper : 5.77e7 Siemens/meter
4	Permanent Magnet	PM : 12: Br 1.2 mur 1.0
5	Inti Besi Stator	Carpenter : Silicon steel
6	Inti Besi Rotor	Carpenter : Silicon steel
7	Rotor Air (celah pada stator dan rotor)	Virtual Air (udara)

Rancangan PMSG ini akan di ujicoba pada rangkaian seri dan paralel yang ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5.



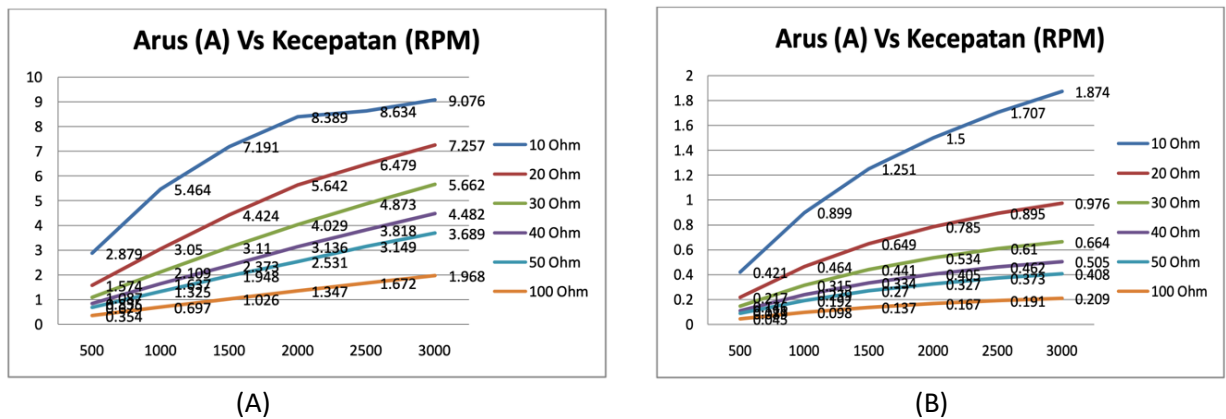
Gambar 4. Rangkaian Seri dengan Penyearah dan Beban



Gambar 5. Rangkaian Paralel dengan Penyearah dan Beban

### HASIL PENELITIAN

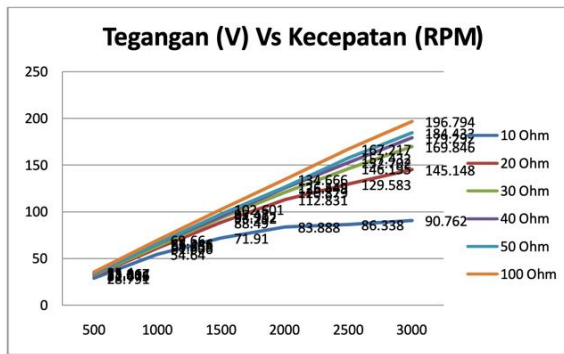
Hasil pengujian rancangan PMSG 18 slot 8 pole yang telah dilakukan dengan simulasi menggunakan perangkat lunak *software Infolytica MagNet* dan *Microsoft Excel*, diperoleh nilai arus (A), tegangan (V), torsi (Nm), daya input (W), daya output (W) dan efisiensi (%). Ujicoba dilakukan pada rangkaian seri dan paralel dengan variasi beban dan kecepatan yang sama. Hasil pengujian nilai arus ditunjukkan pada grafik gambar 6.



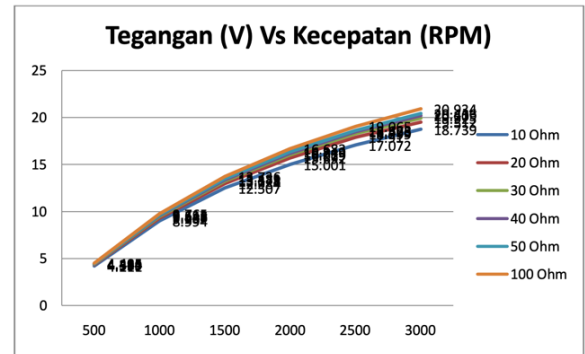
Gambar 6. Grafik Pengaruh Arus Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel

Berdasarkan grafik perbandingan nilai arus pada rangkaian seri dan paralel menunjukkan bahwa nilai arus yang dihasilkan pada rangkaian seri lebih besar dibandingkan nilai arus pada rangkaian paralel. Hasil ini karena fluks magnet pada stator rangkaian seri mengalir lebih besar dibanding rangkaian paralel. Ujicoba dilakukan dengan menambah nilai kecepatan putar (RPM) pada masing – masing beban.

Grafik berikut menunjukkan hasil ujicoba nilai tegangan (V) pada rangkaian seri dan paralel dengan variasi kecepatan dan beban yang sama.



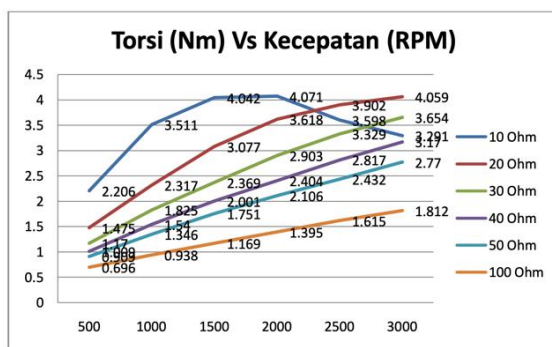
(A)



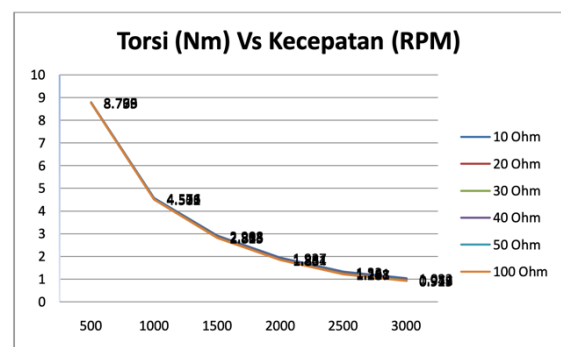
(B)

Gambar 7. Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel

Hasil ujicoba pada grafik gambar 7 menunjukkan bahwa nilai tegangan rangkaian seri lebih besar dibanding nilai tegangan rangkaian paralel, karena nilai arus rangkaian seri yang dihasilkan generator lebih besar dibanding rangkaian paralel.



(A)

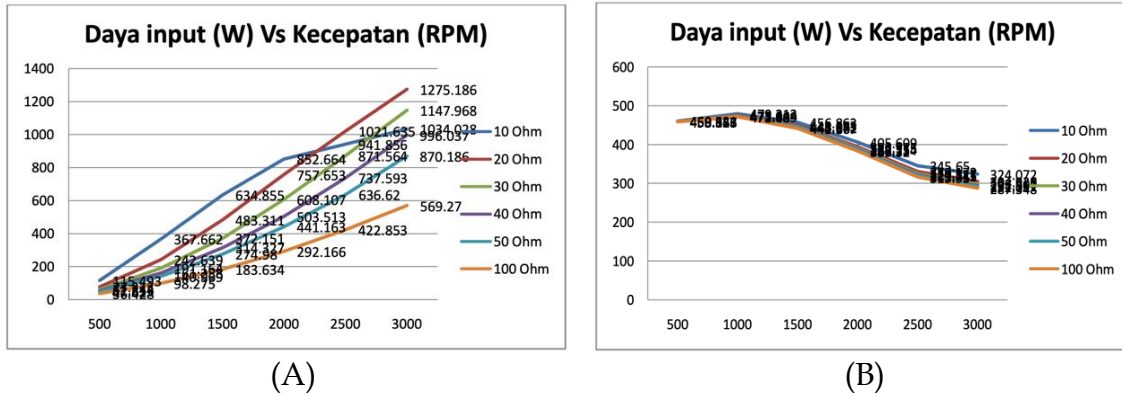


(B)

Gambar 8. Grafik Pengaruh Torsi Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel

Karakteristik Torsi adalah berbanding terbalik dengan kecepatan putar (RPM), maka hasil ujicoba nilai Torsi (Nm) pada rangkaian seri cenderung mengalami kenaikan sedangkan nilai Torsi (Nm) pada rangkaian paralel mengalami penurunan.

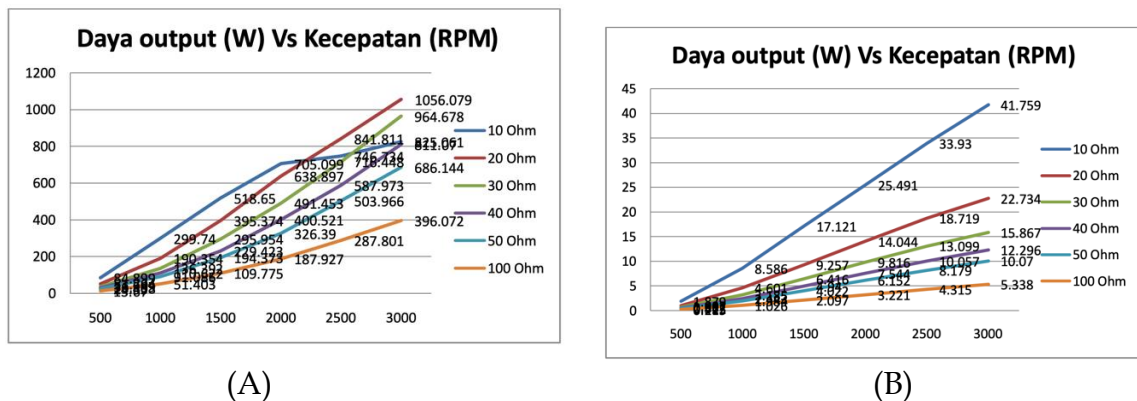
Pengujian dilakukan juga untuk melihat nilai Daya Input (W) pada rangkaian seri dan paralel.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Daya Input Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel

Hasil data ujicoba yang ditunjukkan pada gambar 9 yaitu nilai Daya Input (W) rangkaian seri cenderung mengalami kenaikan dibanding pada rangkaian paralel yang mengalami penurunan. Faktor Torsi (Nm) dan kecepatan putar pada generator mempengaruhi nilai Daya Input (W) yaitu jika nilai Torsi tinggi maka daya yang dihasilkan juga tinggi.

Jika Daya Input (W) generator dipengaruhi oleh Torsi (Nm) dan kecepatan putar (RPM), untuk Daya Output (W) dipengaruhi oleh nilai arus (A) dan nilai tegangan (V) yang dihasilkan generator.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Daya Output Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel

Hasil Daya Output (W) pada gambar 10 yang dihasilkan generator pada rangkaian seri lebih besar dibandingkan Daya Output (W) pada rangkaian paralel.

Berdasarkan hasil ujicoba yang telah ditunjukkan pada grafik - grafik, kemudian data ujicoba digunakan untuk menunjukkan tingkat efisiensi rancangan terhadap kecepatan (RPM). Nilai efisiensi (%) ditunjukkan pada Tabel 3 untuk rangkaian seri dan Tabel 4 untuk rangkaian paralel.

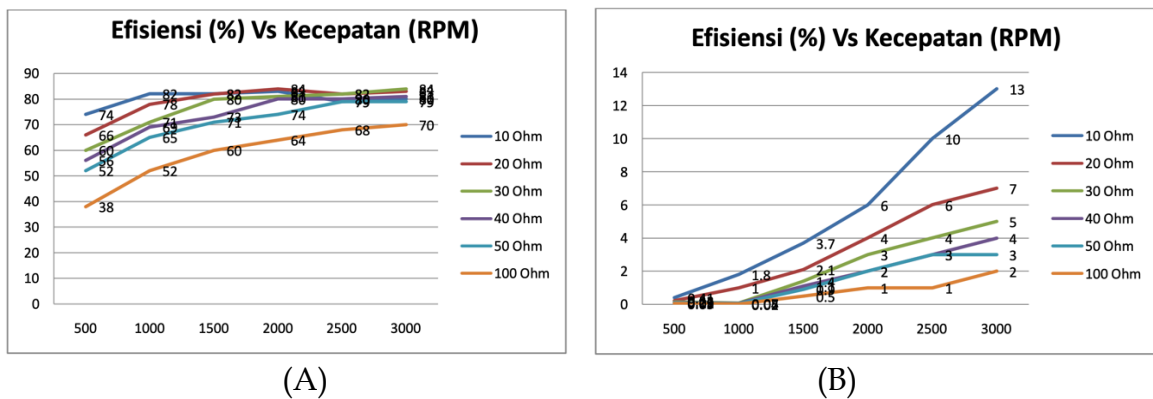
**Tabel 3. Nilai Efisiensi (%) Rangkaian Seri**

	10 Ω	20 Ω	30 Ω	40 Ω	50 Ω	100 Ω
500 Rpm	74	66	60	56	52	38
1000 Rpm	82	78	71	69	65	52
1500 Rpm	82	82	80	73	71	60
2000 Rpm	83	84	81	80	74	64
2500 Rpm	79	82	82	80	79	68
3000 Rpm	80	83	84	81	79	70

**Tabel 4. Nilai Efisiensi (%) Rangkaian Paralel**

	10 Ω	20 Ω	30 Ω	40 Ω	50 Ω	100 Ω
500 Rpm	0.41	0.22	0.15	0.11	0.09	0.05
1000 Rpm	1.8	1	0.07	0.05	0.04	0.02
1500 Rpm	3.7	2.1	1.4	1.1	0.9	0.5
2000 Rpm	6	4	3	2	2	1
2500 Rpm	10	6	4	3	3	1
3000 Rpm	13	7	5	4	3	2

Kedua hasil tersebut juga ditampilkan dalam bentuk grafik.



**Gambar 11. Grafik Pengaruh Efisiensi Terhadap Kecepatan pada (A) Rangkaian Seri; (B) Rangkaian Paralel**

Hasil perbandingan efisiensi terhadap kecepatan pada gambar 11, menunjukkan nilai efisiensi tertinggi pada rangkaian seri diperoleh pada kecepatan 2000 RPM dengan beban 20 Ω yaitu 84%. Rangkaian paralel dengan kecepatan 3000 RPM dan beban 10 Ω, diperoleh nilai efisiensi tertinggi sebesar 13%.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perbandingan data nilai keluaran dan perbandingan nilai Efisiensi (%) pada rangkaian seri dan paralel *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 18 slot 8 pole, maka hasil analisa perancangan ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengamatan**

Variabel	RPM	Beban ( $\Omega$ )	Arus (A)	Tegangan (V)	Torsi (Nm)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
SERI	1500	10	7.19	71.91	4.04	634.85	518.65	82
	2000	10	8.39	83.89	4.07	852.66	705.10	83
	2000	20	5.64	112.83	3.62	757.65	638.90	84
	2500	10	8.63	86.34	3.60	941.86	746.73	79
	2500	20	6.48	129.58	3.90	1021.64	841.81	82
	2500	30	4.87	146.20	3.33	871.56	716.45	82
	2500	40	3.82	152.70	2.82	737.59	587.97	80
	2500	50	3.15	157.43	2.43	636.62	503.97	79
	3000	10	9.08	90.76	3.29	1034.03	825.06	80
	3000	20	7.26	145.15	4.06	1275.19	1056.1	83
	3000	30	5.66	169.85	3.65	1147.97	964.68	84
	3000	40	4.48	179.29	3.17	996.04	811.07	81
3000	50	3.69	184.43	2.77	870.19	686.14	79	

Hasil ujicoba menunjukkan nilai efisiensi pada rangkaian seri berkisar antara 79% - 84%, maka dapat disimpulkan rancangan lebih efisien digunakan untuk rangkaian seri dibanding untuk rangkaian paralel.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil Simulasi dan Analisis Efisiensi pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 18 slot 8 pole dengan variasi beban dan kecepatan pada rangkaian seri dan paralel, dapat diambil kesimpulan yaitu generator Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 18 slot 8 pole dengan variasi beban dan kecepatan pada rangkaian seri mampu menghasilkan daya lebih dari 500 W. Efisiensi rancangan generator PMSG lebih tinggi pada rangkaian seri hingga 84% di kecepatan 2000 RPM dan beban 20  $\Omega$  dibanding pada rangkaian paralel yang hanya 13% di kecepatan 3000 RPM dan beban 10  $\Omega$ .

## PENELITIAN LANJUTAN

Diharapkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai terdapatnya rugi-rugi pada generator, diantaranya rugi-rugi panas pada kumparan (winding), rugi-rugi pada inti generator (core) dan rugi-rugi mekanik akibat gesekan terhadap udara pada saat berputar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, Z. (2018). *Mesin listrik dasar*. ITP Press. Sumatera Barat. ISBN :978-602-70570-8-1. Retrieved from <https://kepangkatan.itp.ac.id/Zuriman/2018%20tambahan%20BUKU%20MLD.ppd>
- Assaffat, L. (2009). *Korelasi Antara Medan Magnet Dengan Tingkat Distrosi Harmonisa Pada Motor Induksi Tiga Fasa*. <https://doi.org/10.26714/me.v2i2.488>
- Didin, Musaruddin, M., & Wa Ode Siti Nur Alam. (2023). Analisis Desain Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot 8 Pole dengan Membandingkan 3 Material Stator dan Rotor Menggunakan Software Magnet Infolytica. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 8(2), 116–121. Retrieved from <https://elektroda.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/96>
- Fikri, M. N., Buana, U. C., & Santoso, D. B. (2022). Desain Permanent Magnet Synchronous Generator Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Daya 500 Watt Dengan Kecepatan Angin Rendah. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 8(2), 200-212. <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.116750>
- Irfan, M., Erwin, E., & Wiyono, S. (2021). Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Sultan Wind Turbine V-5. *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 131-142. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v3i2.2055>

- Kurniasari, B., Handajadi, W., & Hani, S. (2019). ANALISA EFISIENSI TURBIN GENERATOR BERDASARKAN KUALITAS DAYA PADA PLTU PABRIK GULA MADUKISMO. *Jurnal Elektrikal*, 4(2), 20–27. Retrieved from <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2545>
- Lumbantoruan, D. (2022). *Analisa Dan Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot 8 Pole Dengan Menggunakan Fem* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area). Retrieved from <https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/18827>
- Nusantara, L. A. (2014). *Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin. Tasikmalaya, Jawa Barat.*
- 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>
- SALIM F, Q. O. L. B. I. (2021). *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Set 50kva Di Stasiun Cinde Lrt Sumatera Selatan* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya). Retrieved from <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/11556>
- Simamora, A. S. (2019). *Studi Analisis Pengendalian Tegangan Terminal Generator Sinkron Terhadap Perubahan Arus Beban Pada PLTA Wampu Electric Power.* Retrieved from <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/3245>

- Sumawang, S. A. E. (2022). Pengaruh Jumlah Slot pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) Terhadap Nilai Back EMF dan KE yang Berbasis Finite Element Method (FEM). *TEKNIK*, 43(2), 140-146. <https://doi.org/10.14710/teknik.v43i2.44519>
- Supriatna, Dede (2021). *Analisis pengaruh rangkaian Coil Delta-Star dalam pemodelan desain Permanent Magnet Synchrhounous Generator 12 Slote 8 Pole*. Sarjana thesis, UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Retrieved from <http://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/42601>
- Wijaya, A. K., Nugroho, D., & Nugroho, A. A. (2022). Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. *TRANSISTOR Elektro dan Informatika*, 4(1), 43-48. <http://dx.doi.org/10.30659/ei.4.1.43-48>
- Yusup, M., & Nuryadi, S. (2019). *Analisa Kinerja Generator Magnet Permanen Ditinjau Dari Tegangan Output Dan Torsi Cogging Berdasarkan Variasi Geometri Stator Dan Jumlah Kutub Menggunakan Software Magnet Infolytica* (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta). Retrieved from [http://eprints.uty.ac.id/3351/1/Naskah%20Publikasi\\_Mardani%20Yusup\\_5150711114.pdf](http://eprints.uty.ac.id/3351/1/Naskah%20Publikasi_Mardani%20Yusup_5150711114.pdf)