

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN JUMLAH SLOT DAN POLE
TERHADAP OUTPUT DESAIN PMSG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

FALDIINDRA SAPUTRA

D400170142

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2023

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN JUMLAH SLOT DAN POLE
TERHADAP OUTPUT DESAIN PMSG**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

FALDI INDRA SAPUTRA

D400170142

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Aris Budiman, ST. MT

0404127702

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN JUMLAH SLOT DAN POLE
TERHADAP OUTPUT DESAIN PMSG**




Oleh:

FALDI INDRA SAPUTRA

D400170142

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Fakultas **TEKNIK**
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 6 Februari 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Dewan Penguji:

- | | |
|--|---|
| 1. Aris Budiman, ST, MT
(Ketua Dewan Penguji) | () |
| 2. Agus Supardi, ST, MT
(Anggota I Dewan Penguji) | () |
| 3. Umar, ST, MT
(Anggota II Dewan Penguji) | () |

Dekan,


Rois Fatoni, ST., M.Sc., Ph.D.
NIK. 892


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Februari 2023

Penulis



FALDI INDRA SAPUTRA

D400170142

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN JUMLAH SLOT DAN POLE TERHADAP OUTPUT DESAIN PMSG

Abstrak

Generator sinkron magnet permanent / Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) merupakan salah satu komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Angin / Bayu (PLTB). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi akan minimnya sumber daya angin yang ada di pantai Indonesia di mana kecepatan angin cenderung tidak stabil bahkan lemah. Perancangan permodelan akan dibuat dengan menggunakan variasi jumlah slot dan pole yakni model 12 slot 10 pole (12S10P) dan 24 Slot 16 pole (24S16P) masing-masing berkapasitas daya 100 VA, rating tegangan 50 V dengan frekuensi 50 Hz lalu disimulasikan pada software MagNet Infolytica 7.5. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain yang mampu bekerja paling efektif ketika sumber tenaga atau kecepatan putarnya minimum dengan cara menganalisa hasil pengujian dengan skenario berupa simulasi variasi beban dan simulasi pengujian rpm paling minimum. Hasil yang didapatkan dari simulasi ini adalah tegangan tertinggi 10,23 V dengan kecepatan putar 350 dengan beban 15 Ω , lalu efisiensi dan daya output tertinggi dicapai kecepatan putar 350 dengan beban 5 Ω yakni 69% dengan daya output 1,98 watt.

Kata kunci : PMSG, MagNet Infolytica 7.5, generator, kecepatan putar

Abstract

Permanent magnet synchronous generator / Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) is one of the main components of Wind / Wind Power Plants (PLTB). The purpose of this study is to find a solution to the lack of wind resources on the Indonesian coast where wind speeds tend to be unstable or even weak. The modeling design will be made using variations in the number of slots and poles, namely the 12 slot 10 pole (12S10P) and 24 slot 16 pole (24S16P) models, each with a power capacity of 100 VA, a voltage rating of 50 V with a frequency of 50 Hz and then simulated on the MagNet Infolytica software. 7.5. The purpose of this study is to obtain a design that is able to work most effectively when the power source or rotational speed is minimum by analyzing the test results with scenarios in the form of load variation simulations and minimum rpm testing simulations. The results obtained from this simulation are the highest voltage of 10.23 V with a rotating speed of 350 with a load of 15 Ω , then the highest efficiency and output power is achieved at a rotational speed of 350 with a load of 5 Ω which is 69% with an output power of 1.98 watt.

Keywords: PMSG, MagNet Infolytica 7.5, generator, rotational speed

1. PENDAHULUAN

Elektronika Daya merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari dan membahas aplikasi elektronika yang berkaitan dengan peralatan listrik berdaya cukup besar. Konverter DC-AC dapat disebut juga inverter mampu menghasilkan gelombang sinusoidal yang banyak digunakan dan diaplikasikan dalam industri biasanya untuk mengontrol mesin AC atau UPS (Uninterruptible Power Supply) dan aplikasi – aplikasi lainnya. Elektronika daya mulai populer setelah berbagai pengaturan secara konvensional kurang dapat memenuhi kebutuhan

industri. Pengaturan berbagai aplikasi di industri secara konvensional tidak efektif dan menimbulkan rugi-rugi cukup besar sehingga diperlukan mekanisme pengaturan yang lebih baik. Efisiensi inverter sendiri mencapai 90% untuk high frekuensi sedangkan yang low frekuensi mencapai 80% (mahfudjiono). Salah satu pilihan adalah dengan menggunakan perangkat elektronika contohnya dengan mikrokontroler Arduino sebagai teknik konversi untuk pensaklaran on dan off komponen elektronika.

Beberapa perangkat pendukung mengalami perkembangan ditambah lagi alat – alat elektronika yang semakin beragam. Salah satu sistem elektronika yang dikenal adalah inverter berfungsi mengubah tegangan DC 12 Volt menjadi tegangan 220 AC 50 Hz. Inverter ini berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik dikendaraan maupun di rumah, sebagai emergency power saat aliran listrik rumah padam. Selain itu dimasa mendatang, inverter DC ke AC akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan sel surya menjadi energi listrik AC untuk gunakan sehari-hari. Dalam aplikasinya, inverter ini dapat digunakan pada perangkat rumah tangga, komputer, peralatan pertukangan, pompa air, kipas angin, sistem suplai energi pada rumah di daerah terpencil dan berbagai barang elektronik lainnya. Alat ini terutama pada perangkat rumah tangga sangat banyak digunakan terutama pada saat listrik padam. Masalahnya sel surya menghasilkan energi DC untuk itu membutuhkan konversi dari DC ke AC untuk digunakan pada lampu dan sistem elektronika lainnya oleh karena itu dituntut untuk membuat sistem konversi dalam hal ini inverter dengan output gelombang sinusoidal dengan distorsi kecil. Dirancangnya alat praktikum ini diharapkan dapat mengetahui dan membedakan masing-masing gelombang sinusoidal keluaran dari input sampai output. Pengerjaan penelitian ini dititik beratkan pada pembuktian gelombang hasil keluaran.

Sumber tegangan atau catu daya penggunaannya sangat luas sekali terutama di laboratorium teknik elektro dan praktikum elektronika analog, sebuah catu daya dapat diatur tegangannya menjadi sesuatu yang harus di penuhi. Catu daya model dulu atau sering di sebut dengan analog masih menggunakan putaran analog sehingga tidak mudah untuk mendapatkan keluaran atau output langsung dengan keinginan kebutuhan pemakai. Seiring dengan perkembangan teknologi digital sekarang maka di kembangkan sebuah catu daya digital dimana pengaturan tegangan outputnya dilakukan secara digital sehingga keluaran atau output menjadi lebih mudah.

Catu daya adalah sebuah piranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk piranti lain, terutama daya listrik. Pada dasarnya pencatu daya bukanlah sebuah alat yang

menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa pencatu daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang

lain. Catu daya merupakan sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik. Istilah ini paling sering di terapkan keperangkat yang mengubah satu bentuk energi yang lain, meskipun dapat merujuk ke perangkat yang mengkonversi bentuk energi lain (misalnya, mekanik, kimia, solar) menjadi energi listrik. Catu daya merupakan pemberi sumber bagi perangkat elektronika. Perangkat elektronika mestinya diberi catu daya arus searah DC agar dapat stabil dengan baik. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu dilakukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

Catu Daya 5 Ampere Digital adalah sebuah instrumen atau alat elektronika yang mampu untuk memberikan tegangan sesuai kebutuhan dengan sumber trafo 5 Ampere, pada catu daya seperti pada umumnya yaitu memberikan tegangan dengan mengukur terlebih dahulu output yang ada sesuai kebutuhan dan diukur menggunakan multimeter, namun pada pembuatan instrumen atau alat kali ini di olah dengan bentuk lain yaitu hanya menekan tombol setting dan akan menghasilkan output sesuai kebutuhan dan akan ditampilkan oleh LCD yang sebelumnya telah proses di dalam IC ATmega 16.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode perancangan generator PMSG 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole setelah desain selesai maka pengujian dilakukan dengan kecepatan rpm 150, 200, 250. 300, dan 350. Selanjutnya setelah pengujian selesai maka akan didapatkan hasil lalu setelah itu akan dianalisa.

Langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan Tugas akhir ini antara lain :

1. Studi literatur

Tahap ini penulis melakukan langkah awal dalam penelitian dengan cara mencari jurnal maupun referensi- referensi terkait dengan topik

2. Permodelan PSMG 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole

Tahap ini penulis melakukan permodelan atau mendesain PSMG 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole dengan metode finite element menggunakan software Magnet Infolytica 7.5

3. Simulasi Generator

Tahap ini penulis akan mensimulasi desain generator 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole

dengan kecepatan rpm 150, 200, 250, 300 dan 350 lalu data akan muncul sesuai yang diinginkan.

4. Pengolahan Data

Tahap ini peneliti akan memasukan data hasil simulasi ke dalam microsoft excel untuk dibandingkan kemudian dianalisa

5. Analisa hasil dan Pembahasan

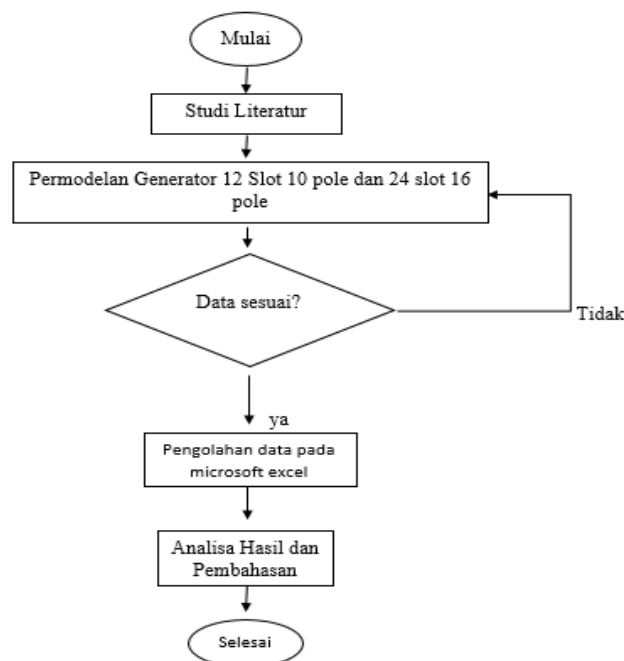
Tahap ini setelah hasil dari pengolahan data selesai maka peneliti akan menganalisa hasil dari pengolahan data desain mana yang memiliki kelebihan di rpm paling rendah.

6. Studi Bimbingan

Tahap studi bimbingan penulis melakukan riset dan mencari refrensi judul dari jurnal jurnal tenaga listrik, kemudian mendiskusikan dengan dosen pembimbing.

7. Pembuatan laporan

Penulis menyusun laporan tugas akhir hasil dari penelitian



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Gambar 1 menggambarkan tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian

2.2 Perancangan generator

Dalam perancangan generator dapat diperhatikan adanya beberapa aspek penting dalam perancangannya yakni : rotor, stator, magnet, coil dan masih banyak lagi. Perancangan akan dibuat menggunakan software *Magnet Infolyca 7.5* berbasis finite element method (FEM) dengan menggunakan ukuran dasar kapasitas daya 100 VA rating tegangan 50 V dan frekuensi

yang digunakan 50 Hz Setelah mengetahui dasar dalam perancangan generator, lalu langkah selanjutnya adalah menentukan parameter untuk melakukan simulasi generator ini terlihat ditabel 1 :

Tabel 1. Parameter simulasi generator

	12 slot 10 pole	24 slot 16 pole
variasi RPm	150	150
	200	200
	250	250
	300	300
	350	350
VariasiBeban		
	5 Ω	5 Ω
	15 Ω	15 Ω

Cara mengetahui desain mana yang memiliki efisiensi paling baik untuk menghasilkan tegangan dan daya output serta efisiensi dengan rpm paling rendah adalah dengan pengujian menggunakan kecepatan putar 150, 200, 250, 300, dan sehingga hasil yang didapatkan sesuai yang diinginkan ketika kecepatanputarnya rendah.

2.3 Persamaan Daya keluaran dan Torsi Generator Sinkron

a. Torsi generator

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

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

dimana $K_t = K_e$

$$T = K_t \cdot I$$

ω : kecepatan sudut

T : torsi (rad/sec)

keterangan : : kecepatan (rpm)

: konstanta EMF

: konstanta torsi

: torsi

: arus (ampere)

b. Daya generator

$$60 \quad (3)$$

Keterangan : P_{in} : daya masuk (W)
 τ : Torque (Nm)
 n : kecepatan (*rpm*)

$$P_{out} = I \times V \quad (4)$$

Keterangan : P_{out} : Daya Keluar (W)
 I : Arus (A)
 V : Tegangan (V)

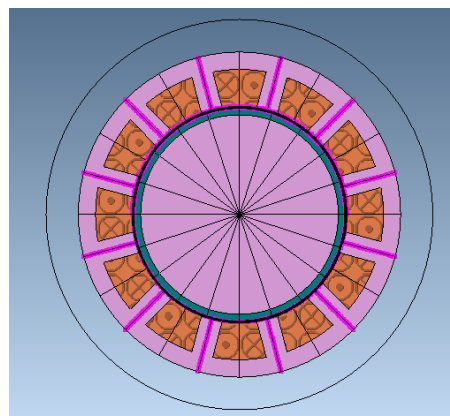
c. Efisiensi Generator

$$\eta = P_{out} \times 100 \% \quad (5)$$

Keterangan : η : Efisiensi
 P_{out} : Daya keluaran
 P_{in} : Daya Masuk

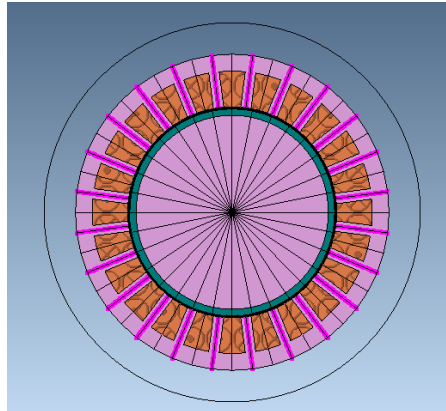
Setelah mengetahui parameter-parameter yang akan digunakan untuk melakukan penelitian, perancangan akan dilakukan dengan menggunakan *software Magnet Infolyca 7.5* sebagai sarana penelitian virtual dan berikut hasil desain yang akan dibandingkan :

- 12 Slot 10 pole :



Gambar 2. Desain full model 12 Slot 10 Pole

24 Slot 16 pole :



Gambar 3. Desain full model 24 Slot 16 Pole

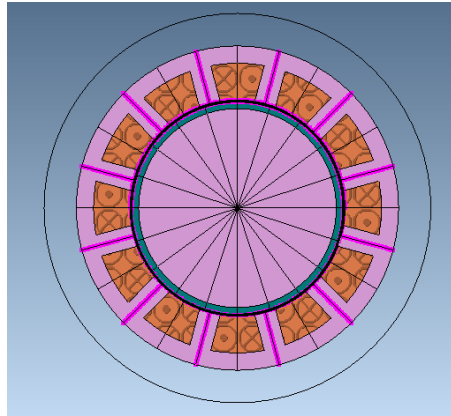
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Generator adalah suatu alat atau mesin untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Energi bisa bersumber dari angin, air, panas bumi dan lain- lain. Generator menghasilkan tenaga listrik dari GGL induksi elektro magnetik. Pembangkit listrik memiliki komponen utama yaitu generator, dan stator dan rotor merupakan komponen utama dari generator.

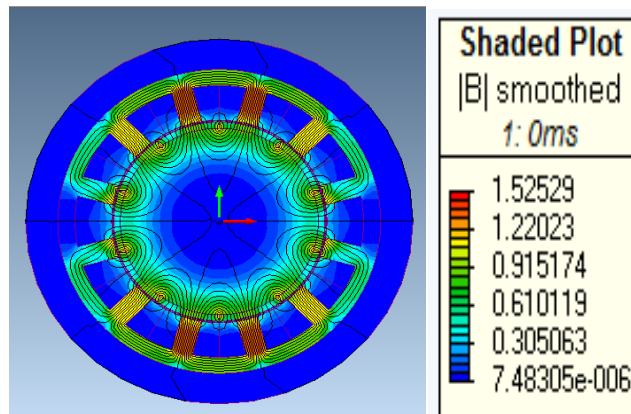
Modifikasi desain dengan variasi slot dan pole ini bertujuan untuk menemukan hasil output tertinggi ketika mendapatkan sumber energi yang sangat minimum. Alasan penelitian ini adalah menemukan solusi ketika sumber energi yang didapatkan oleh PLTB berupa kincir angin dengan kapasitas 1kVA sangat minim akan tetapi tetap harus mendapatkan hasil output yang tinggi, maka dari itu penelitian ini ditujukan untuk menemukan hasil output paling tinggi ketika sumber dari PLTB atau angin sedang sangat minim.

3.1 Permodelan Generator magnet 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole

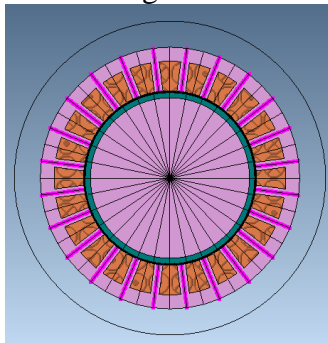
Perancangan kali ini menggunakan permodelan 12 slot 10 pole dan 24 slot 16 pole dengan perputaran 360° searah jarum jam dengan perputaran per 3° . untuk mengetahui hasil keluaran maka akan menggunakan kecepatan putar yakni 150, 200, 250. 300, 350 RPM dengan variasi beban 5Ω dan 15Ω .



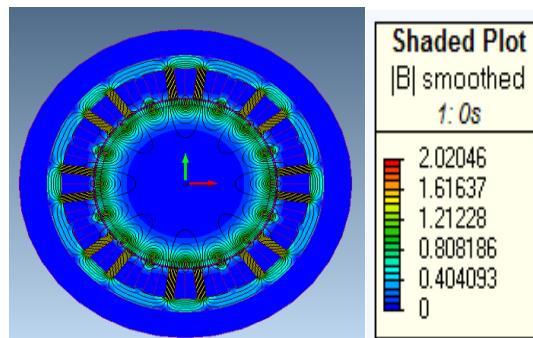
Gambar 4. Desain full model Permanen magnet 12 slot 10 pole



Gambar 5. Flux medan magnet full model 12 Slot 10 pole



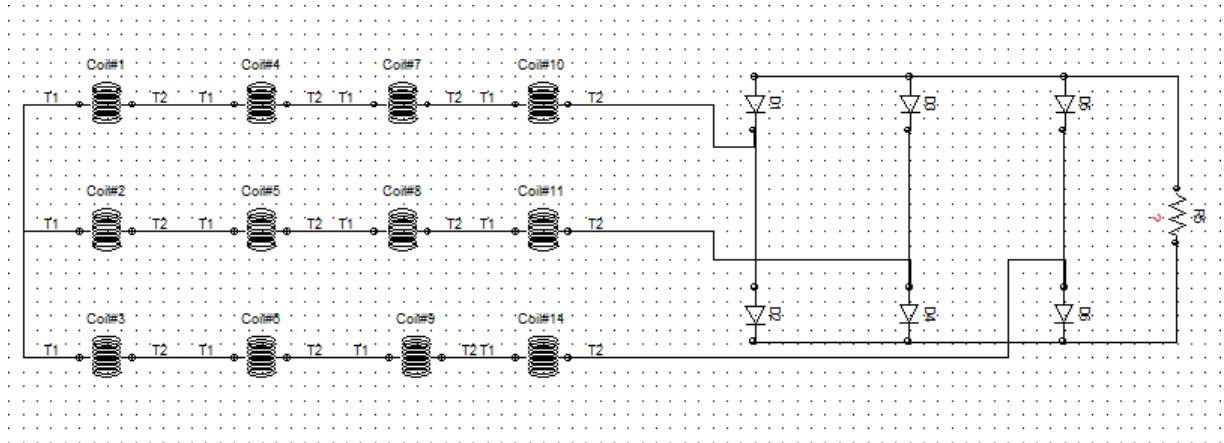
Gambar 6. Desain full model permanen magnet 24 slot 16 pole



Gambar 7. Flux medan magnet full model 24 Slot 16 pole

Gambar 3.1 dan gambar 3.2 merupakan hasil dari perancangan full permanent magnet 12 slot dan 10 pole (3.1) dan 24 slot 16 slot (3.2), lalu untuk gambar 3.1.1 dan 3.2.1 merupakan gambar kerapatan fluks medan magnet saat desain tersebut disimulasikan. Semakin warnanya merah semakin rapat pula kerapatan fluks medan magnet.

3.2 Rangkaian pembebanan



Gambar 8. Rangkaian pembebanan untuk desain 12 slot 10 pole



Gambar 9. Rangkaian pembebanan untuk desain 24 slot 16 pole

Sebelum melakukan simulasi desain permanent magnet kita harus membuat atau merangkai dua buah rangkaian pembebanan yang sesuai dengan simulasi pembebanan yang kita inginkan. Tujuan dari pembuatan rangkaian pembebanan ialah untuk membuat jenis pembebanan yang akan digunakan dengan menggunakan *software magnet infolyca*.

3.3 Tabel Hasil Perhitungan

Setelah selesai merangkai rangkaian pembebanan maka langkah selanjutnya adalah mensimulasikan rangkaian agar mendapatkan data yang diinginkan. Untuk mendapatkan daya input, daya output dan efisiensi maka perhitungan harus dilakukan secara manual dan hasilnya sebagai berikut :

3.3.1 Pengujian dikecepatan 150 rpm

Tabel 2. Hasil Pin 12 dan 19

Desain	Beban	Pin	Pout	Efisiensi
12 slot 10 pole	5 Ω	0,10897	0,07186	0,37
		0,01643	0,00578	0,35
24 slot 16 pole	5 Ω	0,89675	0,59043	0,65
	15 Ω	0,27653	0,06376	0,23

Tabel 3. Pengujian dikecepatan 200 rpm

Desain	Beban	Pin	Pout	Efisiensi
12 slot 10 pole	5 Ω	0,22368	0,08985	0,37
		0,02869	0,08985	0,31
24 slot 16 pole	5 Ω	1,29879	0,08985	0,68
	15 Ω	0,45667	0,08985	0,19

Tabel 4. Pengujian dikecepatan 250 rpm

Desain	Beban	Pin	Pout	Efisiensi
12 slot 10 pole	5 Ω	0,35341	0,09409	0,26
	15 Ω	0,03956	0,00979	0,24
24 slot 16 pole	5 Ω	1,58769	1,23287	0,67
	15 Ω	0,67922	0,19876	0,29

Tabel 5. Pengujian dikecepatan 300 rpm

Desain	Beban	Pin	Pout	Efisiensi
12 slot 10 pole	5 Ω	0,48654	0,10274	0,21
	15 Ω	0,04926	0,01237	0,25
24 slot 16 pole	5 Ω	1,98527	1,49075	0,65
	15 Ω	0,86933	0,49837	0,57

3.3.2 Pengujian dikecepatan 350 rpm

Tabel 6. Desain slot 12 dan 14

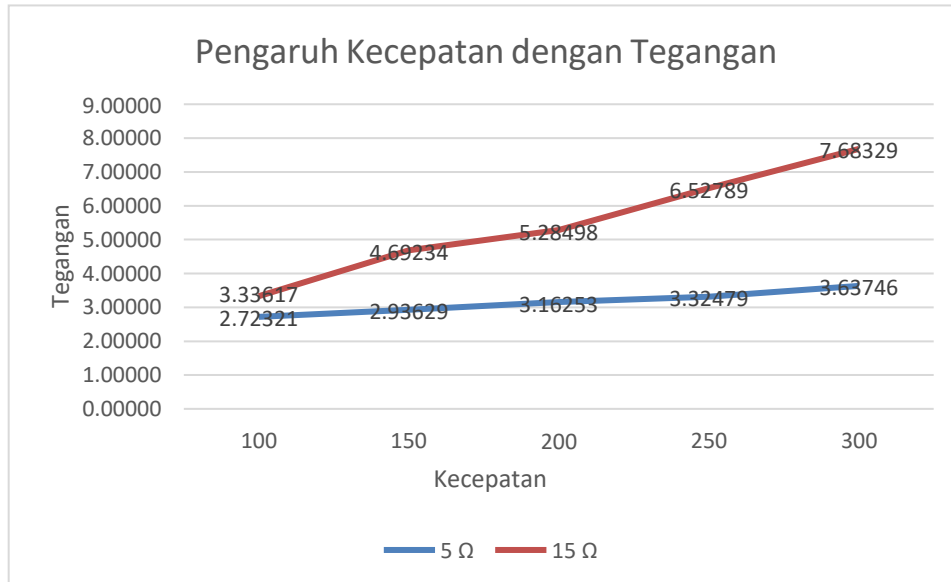
Desain	Beban	Pin	Pout	Efisiensi
12 slot 10 pole	5 Ω	0,56347	0,19647	0,34
	15 Ω	0,05798	0,01487	0,25
24 slot 16 pole	5 Ω	2,49867	1,98735	0,69
	15 Ω	1,04327	0,79842	0,66

3.4 Hasil Simulasi variasi beban R dengan kecepatan

Setelah melakukan perancangan lalu didapatkanlah hasil sebagai berikut :

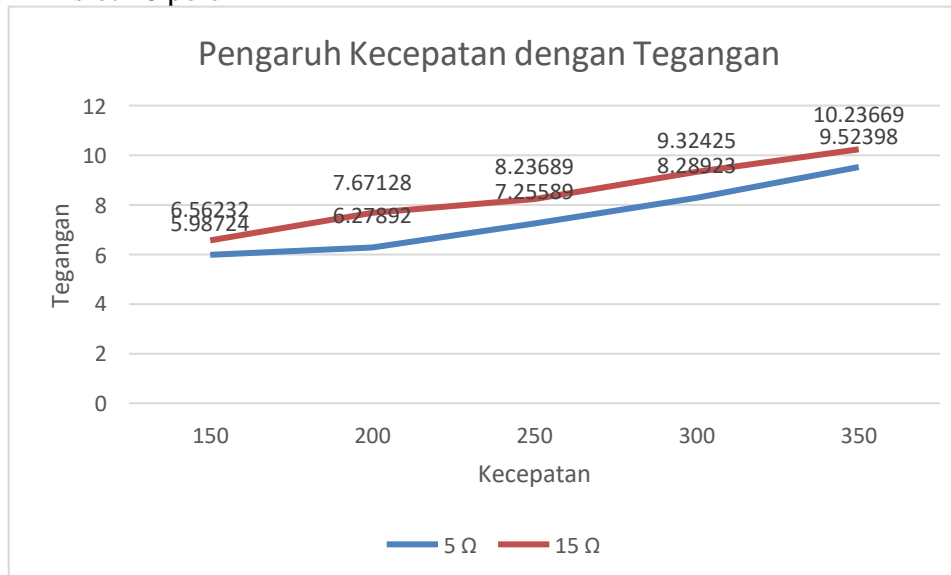
3.4.1 Tegangan

* Desain 12 slot 10 pole



Gambar 10. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan dengan tegangandesain 12 slot 10 pole

Desain 24 slot 16 pole



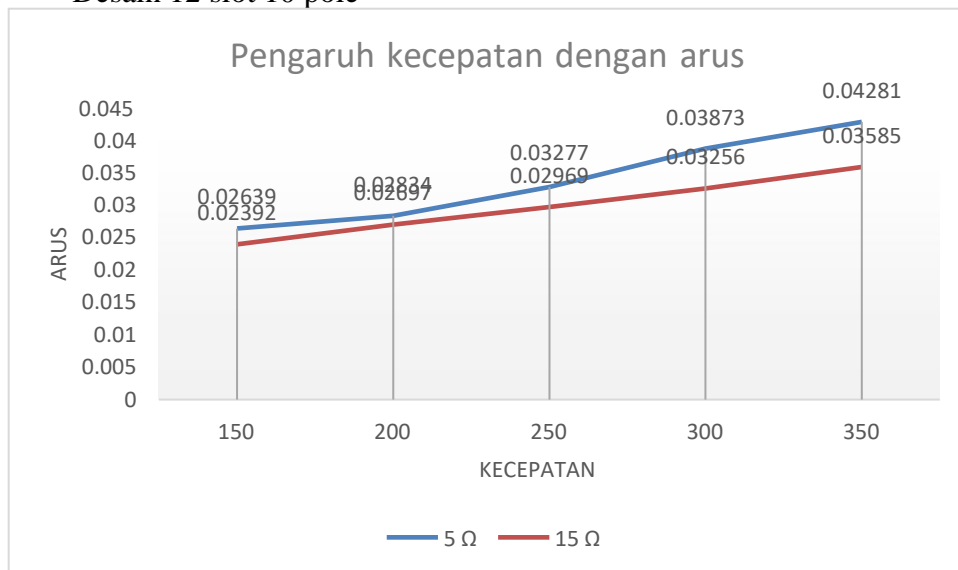
Gambar 11. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan putar dengan tegangandesain 24 slot 16 pole.

Berdasarkan perbandingan gambar 5 dan 6 diatas maka didapatkan hasil sedemikian rupa di mana kecepatan putar berpengaruh dengan arus dan di antara 2 desain yang dibandingkan maka desain 24 slot 16 pole memiliki hasil arus yang lebih tinggi daripada 12 slot 10 pole

dimana dikecepatan putar 350 menghasilkan 10,23369 V.

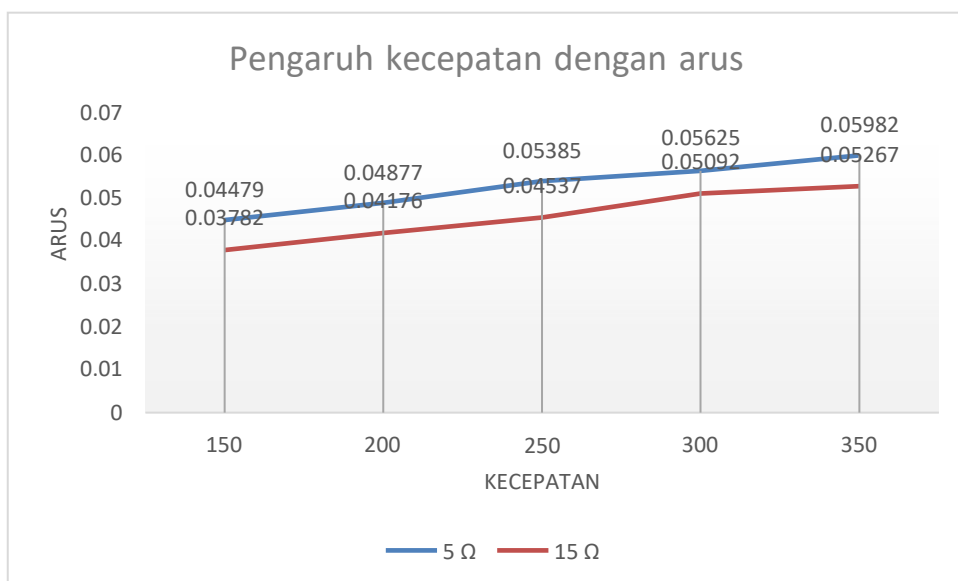
3.4.2 Arus

* Desain 12 slot 10 pole



Gambar 12. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan putar dengan arus desain 12 slot 10 pole

* Desain 24 slot 16 pole

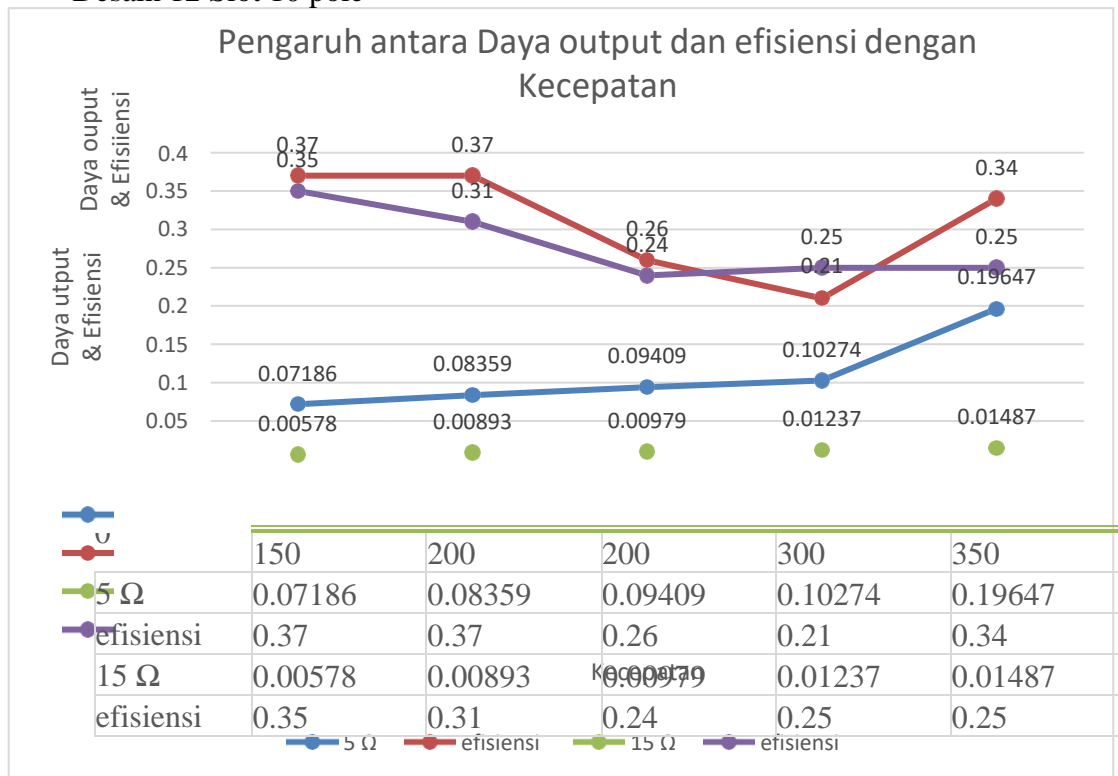


Gambar 13. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan putar dengan arus desain 24 slot 16 pole

Berdasarkan perbandingan gambar 7 dan 8 diatas maka didapatkan hasil sedemikian rupa di mana kecepatan putar berpengaruh dengan arus dan di antara 2 desain yang dibandingkan maka desain 24 slot 16 pole memiliki hasil arus yang lebih tinggi daripada 12 slot 10 pole dimana dikecepatan putar 350 menghasilkan 0,05982 A.

3.4.3 Daya ouput dan efisiensi

* Desain 12 Slot 10 pole



Gambar 14. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan putar dengan daya output dan efisiensi desain 12 slot 10 pole.

* Desain 24 Slot 16 pole

Tabel 7. Hasil perbandingan desain hubungan kecepatan putar dengan daya output dan efisiensi desain 24 slot 16 pole

	150	200	250	300	350
5 Ω	0.59043	0.88688	1.23287	1.49075	1.98735
efisiensi	0.65	0.68	0.67	0.65	0.69
15 Ω	0.06376	0.08985	0.19876	0.49837	0.79842
efisiensi	0.23	0.19	0.29	0.57	0.66

Berdasarkan perbandingan gambar 9 dan 10 diatas maka didapatkan hasil sedemikian rupa di mana kecepatan putar berpengaruh dengan arus dan di antara 2 desain yang dibandingkan maka desain 24 slot 16 pole memiliki hasil arus yang lebih tinggi daripada 12 slot 10 pole dimana dikecepatan putar 350 menghasilkan 1,98735 watt dengan efisiensi 69 %.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan 2 (dua) desain diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil keluaran generator sangat dipengaruhi oleh kecepatan putar dan beban, ketika kecepatan putar semakin besar maka hasilnya semakin tinggi sebaliknya juga beban juga berpengaruh besar terhadap hasil keluaran.
2. Dari 2 (dua) desain yang dibandingkan dapat disimpulkan bahwa desain 24 slot 16 pole memiliki keunggulan hasil outputan tegangan dibandingkan 12 slot 10 pole yakni 1,98 watt
3. Kecepatan putar sangat mempengaruhi hasil outputan.

Hasilnya sangat berbedajauh antara kedua desain dimana kecepatan putar 350 desain 24 slot 16 pole menghasilkan arus tertinggi 0,05982 A, tegangan 10,23 V, dan dengan efisiensi 69 %. Desain 12 slot 10 pole dengan 350 rpm menghasilkan arus tertinggi 0,04A, tegangan 7,68 V dan efisiensinya tertinggi pada kecepatan 150 dan 200 yakni 37 %.

PERSANTUNAN

Penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang kita tunggu syafaat nya di hari akhir nanti. Ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu dan bapak yang saya sayangi dan banggakan. Karena telah memberikan banyak hal untuk mendukung penulis.
2. Bapak Aris Budiman, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dalam penulisan tugas akhir ini, yang telah memberikan ilmu, saran, dan pembelajaran yang diberikan. Terimakasih untuk kesabaran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini sampai akhir.
3. Ricky Elson dan tim LBN yang telah memberikan ilmunya serta pengalaman selama disana.
4. Bapak dan ibu dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mengajarkan ilmunya selama perkuliahan. Ksjdjdj
5. Andre Setyawan, S.T, M. Irfan Assani, Ilham Setyoko, S.T yang telah menyemangati dan membantu dalam proses penyusunan tugas akhir.

6. Tsabita Fiiki K.Z. yang sudah membantu dan menyemangati penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
7. Mas Bayu, S.S dan Zaki yang telah memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Avishek Bhandari, Sourabh Paitandi, Tutan Debnath, Mainak Sengupta. “ Comparative Study of Two Different PMSG with Different Slot Pole Combination Having Non-Overlapping Winding Configuration ”, 2019 National Power Electronics Conference (NPEC), 2019.
- Chapman Stephen, M. G. (2010). Electric Machinery Fundamental 5th.
- Cheng Ming, Zhang Yunqian and Zhang Jianzhong, "Development and research progress of wind power generators", Journal of Electric Power Science And Technology, no. 3, pp. 2-9, 2009.
- H. Dogan, F. Wurtz, A. Foggia, L. Garbuio, 2011. Analysis of slot-pole combination of fractional-slots PMSM for embedded applications. IEEE, 10.1109/ACEMP.2011.6490669.
- Ilya Petrov, Pavel Ponomarev and Juha Pyrhönen, "Torque ripple reduction in 12- slot 10-pole fractional slot permanent magnet synchronous motors with non- overlapping windings by implementation of unequal stator teeth widths", 2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM), 2014.
- Lentera Bumi Nusantara (LBN). (2014). Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Lentera Bumi Nusantara (LBN). (2015). Perancangan Motor Dengan Software Magnet. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Mario Sumantri, Satyo Nuryadi. 2017. Analisa pengaruh variasi slot dan pole terhadap tegangan dan efisiensi daya pada perancangan Generator magnet permanen menggunakan Software Magnet. Universitas Teknologi Yogyakarta.
- M. Razzaq, 2019 Analisa Pengaruh Kombinasi Slot dan Pole pada surface permanent magnet generator untuk aplikasi turbin angin. Universitas Muhammadiyah Malang.
- M. Ilham, 2018 Analisa Optimasi Performa Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- M.V. Cistelean; Mircea Popescu; Mihail Popescu. “ Study of the Number of Slots/Pole Combinations for Low Speed Permanent Magnet Synchronous Generators “ 2007 IEEE International Electric Machines & Drives Conference. 2007
- S.S Wibowo, M. Saputra, A H Santoso, N Rosidah, A Arinda, 2021 Finite element modeling and analytic algorithm for electromagnetic performance of Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 24 Slot 16 poles from modification of induction motor 0, 75kw 3 Phase. IOP Conference, Ser.: Mater.Sci. Eng. 1073 012031.
- Ting Liu; Shoudao Huang; Qiuling Deng; Qingyun Pu; Keyuan Huang. “ Effect of the number of slots per pole on performance of permanent magnet generator direct-driven by wind turbine “. 2011 International Conference on Electrical Machines and Systems. 2011