

Pengaruh Variasi Umbrella Terhadap Back EMF dan Konstanta EMF Pada Pemodelan PMSG 12S8P Menggunakan Software Design Electromagnetic

Siswo Wardoyo¹, Ahmad Sabari¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 01 Juni 2022

Direvisi : 14 Juni 2022

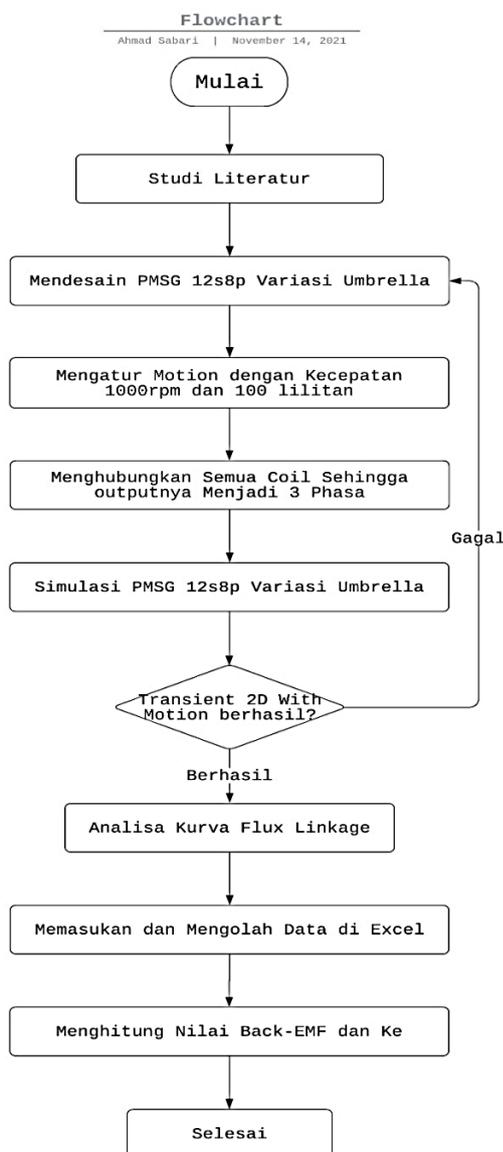
Disetujui : 24 Juni 2022

doi:10.36055/setrum.v11i1.15926

*Korespondensi Penulis :

siswo@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

In this paper, the researcher discusses the effect of umbrella variations on a 12 slot 8 pole permanent magnet generator. The analysis that the researchers carried out began by designing the PMSG 12S8P and determining the geometry of the umbrella to be varied in width. The analysis was conducted to determine the effect caused by changes in the width of the umbrella to the resulting back EMF and Ke values. Researchers analyzed with two long umbrella designs without changing the height and geometry of the umbrella. The first design uses a shorter umbrella width than the second variation, which is 10 mm, the second design by increasing the length of the umbrella is longer than the previous variation, which is 15 mm. From the two designs that have been analyzed, the best design is obtained, namely the first variation design of 10 mm with a back EMF value of 278,882V and a Ke value of 2.128 V/s/RPM.

Keywords: PMSG, Back EMF, Umbrella

Abstrak

Pada paper ini, peneliti membahas pengaruh variasi umbrella pada generator permanen magnet 12 slot 8 pole. Analisis yang peneliti lakukan dimulai dengan mendesain PMSG 12S8P dan menentukan geometri umbrella yang akan divariasikan lebarnya. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat perubahan lebar umbrella terhadap nilai back EMF dan Ke yang dihasilkan. Peneliti menganalisis dengan dua desain panjang umbrella tanpa mengubah tinggi dan geometri dari umbrella. Desain pertama menggunakan lebar umbrella lebih pendek dari variasi kedua yaitu 10 mm, desain kedua dengan menambah sedikit panjang dari umbrella lebih panjang dari variasi sebelumnya yaitu 15 mm. Dari kedua desain yang telah dianalisis, didapat desain paling baik yaitu pada desain variasi pertama 10 mm dengan nilai back EMF sebesar 278.882V dan nilai Ke sebesar 2.128.

Kata kunci: PMSG, Back EMF, Umbrella

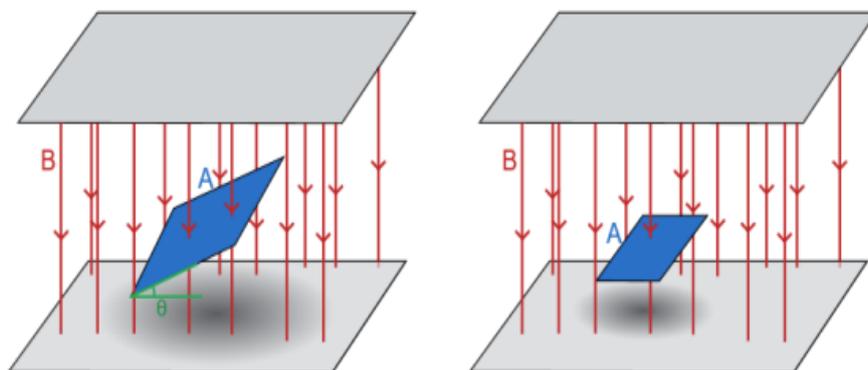
1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang tinggi membuat kita untuk mencari berbagai energi alternatif untuk memenuhinya. Energi angin merupakan salah satu jenis sumber EBT yang berpotensi untuk menghasilkan energi listrik maupun mekanik melalui proses konversi energi kinetik ke energi mekanik dan selanjutnya ke energi listrik. Energi kinetik yang terdapat pada angin dapat diubah menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk memutar peralatan, seperti pompa piston, generator, penggilingan. Salah satu pemanfaatan energi angin adalah turbin angin yang merupakan salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang tinggi. Turbin angin menggunakan energi angin yang dikonversi menjadi listrik. Faktor yang mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin adalah ketersediaan energi angin dan generator listrik yang digunakan pada turbin angin tersebut.

Generator sinkron adalah mesin pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik sebagai input menjadi energi listrik sebagai energi output. Tegangan output dari generator sinkron adalah tegangan bolak – balik, karena itu generator sinkron disebut juga generator AC[1]. Generator sinkron merupakan mesin pembangkit yang paling banyak digunakan, karena pertimbangan tertentu, seperti terdapat dipasaran dengan berbagai macam tingkat daya, harganya relatif lebih murah, pengoperasiannya dan pemeliharannya mudah dan murah generator kecepatan rendah, misalnya generator yang digerakkan mesin diesel atau turbin air mempunyai mempunyai rotor dengankutub medan menonjol (kutub sepatu). Generator dengan kecepatan tinggi mempunyai rotor silinder[2].

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) adalah salah satu jenis generator sinkron yang medan utamanya dihasilkan oleh magnet permanent bukan kumparan sehingga fluks magnetic dihasilkan oleh medan magnet permanent. Sama seperti generator pada umumnya, PMSG merupakan sebuah perangkat atau alat yang dapat mengubah atau mengkonversi energy mekanik menjadi energy listrik. Induksi elektromagnetik yang ada pada generator magnet permanen menggunakan hukum fareday yang berbunyi “adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan GGL pada kumparan tersebut.” Tidak hanya hukum faraday, pada generator magnet permanen juga digunakan hokum lenz yang berbunyi “GGL induksi yang muncul berlawanan arah dengan perubahan fluks menyebabkan arus mengalir[1]. Material Medan Magnet merupakan suatu benda atau bahan yang mempunyai daya tarik terhadap benda yang mempunyai unsur logam atau besi di sekelilingnya. Dalam daya tarik tersebut membentuk medan magnet. Sifat-sifat ketebalan dan bahan permanen magnet akan mempengaruhi secara langsung kinerja dari generator dan pengetahuan yang tepat diperlukan untuk dapat memilih bahan yang tepat.

Flux magnetik adalah ukuran atau jumlah medan magnet (B) yang melewati luas penampang tertentu, misalnya kumparan kawat atau bidang tertentu yang luasnya (A). Satuan flux magnetik dalam Satuan Internasional adalah weber. Sedang satuan menggunakan sistem CGS adalah maxwell[2].



Gambar 1 Aliran Flux Magnet

Persamaan flux magnet dirumuskan sebagai berikut:

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (1)$$

Keterangan:

Φ = flux magnetik (Wb)

B = medan magnet (T)

A = luas penampang (m^2)

θ = sudut antara B dengan vektor area

Hukum Faraday menyatakan jika flux magnet yang memasuki suatu kumparan berubah, maka pada ujung-ujung kumparan akan timbul gaya gerak listrik induksi dan besarnya bergantung pada laju perubahan flux magnet yang dilingkupi oleh kumparan. Berdasarkan gagasan flux magnetik di atas, kita dapat menuliskan hukum Faraday sebagai berikut:

$$\varepsilon = -d\Phi/dt \quad (2)$$

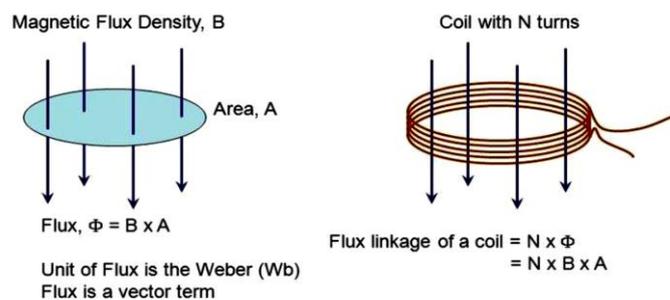
Keterangan:

$d\Phi$ = perubahan flux (Wb)

dt = perubahan waktu (s)

ε (ggl) = perubahan flux magnet per satuan waktu

Faraday's Law



Gambar 2 Hukum Faraday

Back EMF atau juga bisa dikenal dengan Counter EMF (CEMF) adalah gaya gerak listrik (tegangan) yang melawan perubahan arus yang menginduksinya. CEMF adalah EMF yang disebabkan oleh induksi magnetic[3]. Dan berdasarkan persamaan fluks linkage maka didapat persamaan:

$$e = d\lambda/dt \quad (3)$$

Dimana:

e = Gaya gerak listrik akibat induksi (V)

$d\lambda$ = Perubahan Fluks Linkage (Wb)

dt = Perubahan waktu (s)

Konstanta Back EMF secara sederhana konstanta back EMF (K_e) dapat mewakili kuat medan magnet B , Jumlah lilitan(l), dan jari-jari motor atau generator[3]. Dengan persamaan :

$$K_e = E/\omega e \quad (4)$$

Dimana :

K_e = Konstanta Back EMF (V.s/ rad)

ε = gaya gerak listrik akibat induksi (V)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

2. METODE PENELITIAN

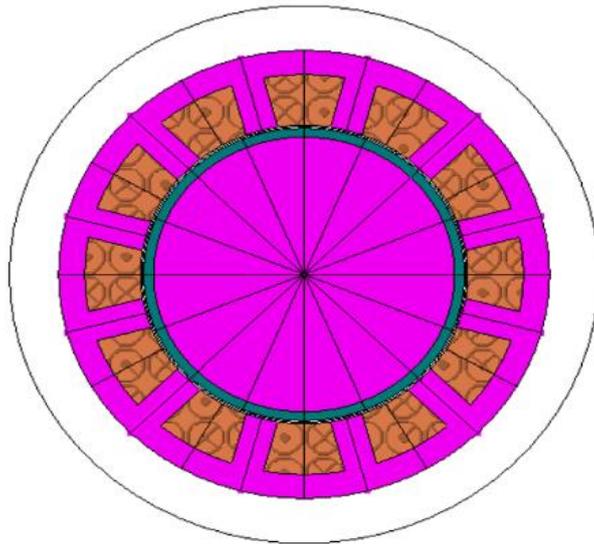
2.1 Desain PMSG 12S8P

Perancangan PMSG 12S8P dilakukan pada *software* berbasis *Finite Element Method* (FEM), spesifikasi *PMSG 12S8P* yang dirancang secara umum dijabarkan pada tabel 2 dan desain model simulasi ditampilkan pada gambar 8, 9, dan 10.

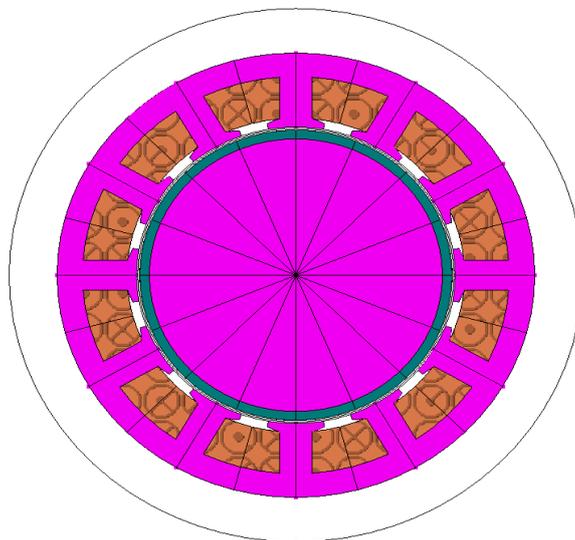
Tabel 1 Parameter desain model *PMSG 12S8P*

Parameter	Keterangan	
Jumlah slot	12 slot	
Jumlah kutup	8 pole	
Material magnet	PM12: Br 1.2 mur 1.0	
Material kumparan	Copper: 5.77e7 Siemens/meter	
Material inti besi	Carpenter: Silicon steel dan M1000-100A	
Jumlah lilitan	100 turn	
Koneksi lilitan	Y connection	
RPM	1000 mm	
Air Box	90 mm	
Stator	70 mm	
Rotor	46 mm	
Coil	67 mm	
Air Gap Stator	50 mm	
Air Gap Rotor	49.5 mm	
Magnet	49 mm	
Lebar Teeth	5 mm	
Tinggi Umbrella	3 mm	3 mm
Lebar Umbrella	10 mm	15 mm

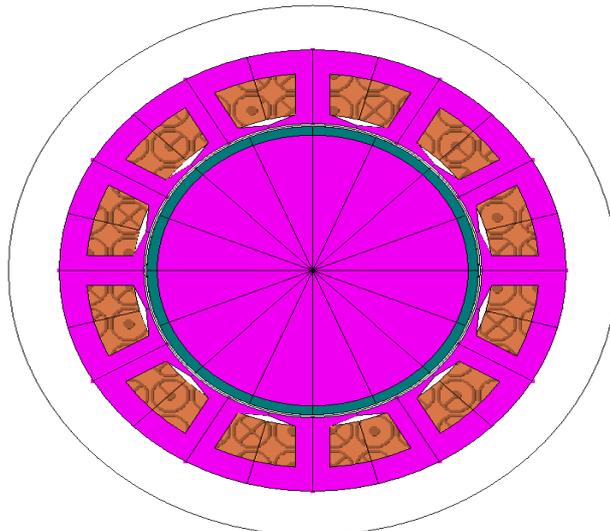
Ketika generator diputar pada kecepatan rpm 1000, maka akan ada perubahan besar fluks-fluks magnetik yang muncul dari magnet permanen terhadap perpindahan sudut generator. Hal inilah yang menghasilkan tegangan induksi pada stator. Nilai tegangan (back emf) pada tiap stator dapat ditentukan dengan mengetahui flux linkage dari tiap kumparan stator. Peristiwa ditangkanya garis-garis medan magnet oleh bidang stator dapat disebut dengan flux linkage, yang dapat dihitung dari penjumlahan superposisi dari seluruh nilai fluks magnet pada celah udara.



Gambar 3 Desain *PMSG 12S8P* Variasi 1 Lebar umbrella 10 mm

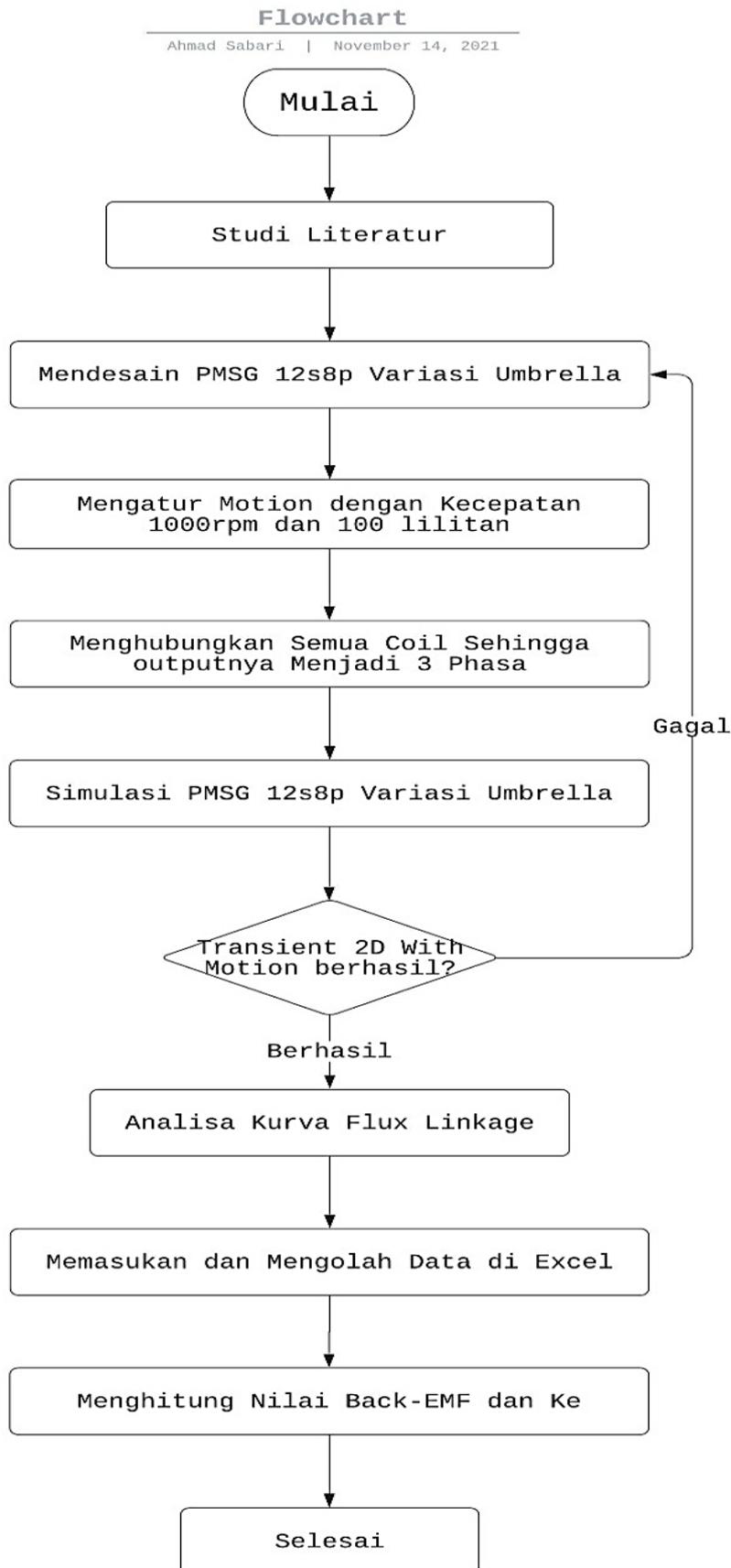


Gambar 4 Desain *PMSG 12S8P* Variasi 1 Lebar umbrella 10 mm



Gambar 5 Desain *PMSG 12S8P* Variasi 1 Lebar umbrella 15 mm

2.2 Diagram Alir

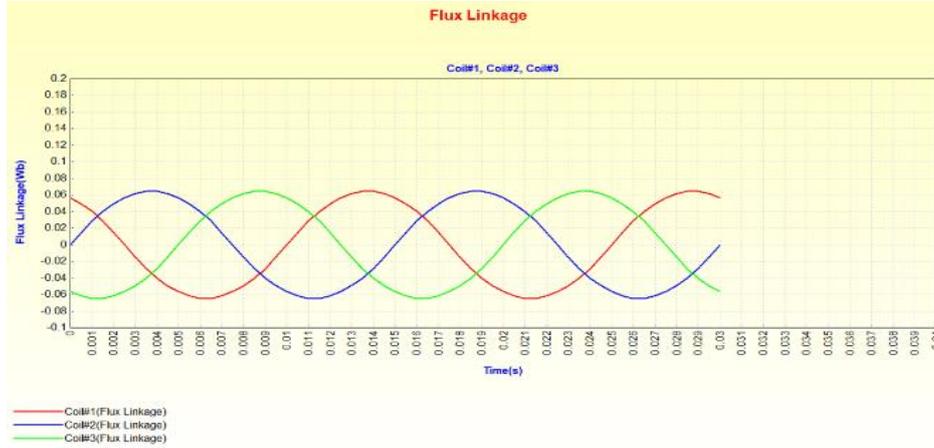


Gambar 6 Flow Chart Pengerjaan

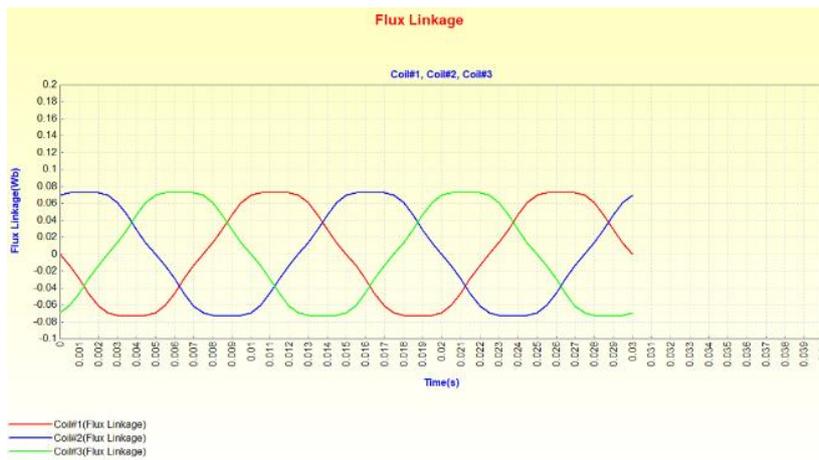
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari simulasi yang telah dilakukan, dapat diuraikan setiap tahapnya sebagai berikut:

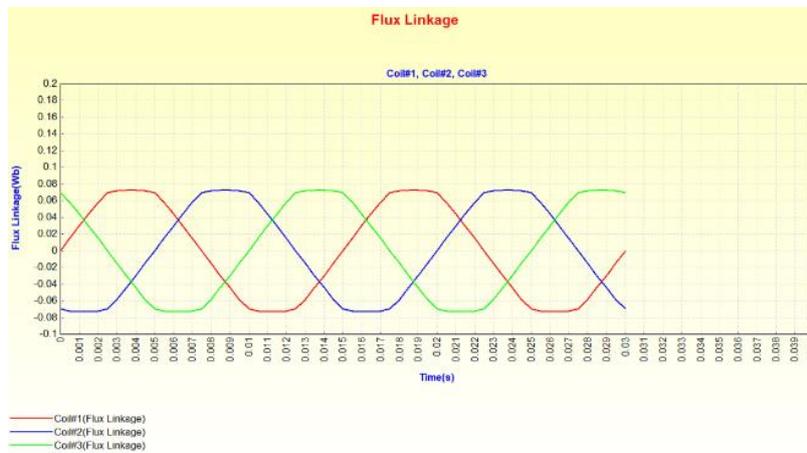
3.1 Hasil Fluks Linkage dari setiap Design PMSG



Gambar 4.2 Grafik Flux Linkage Desain PMSG 12S8P

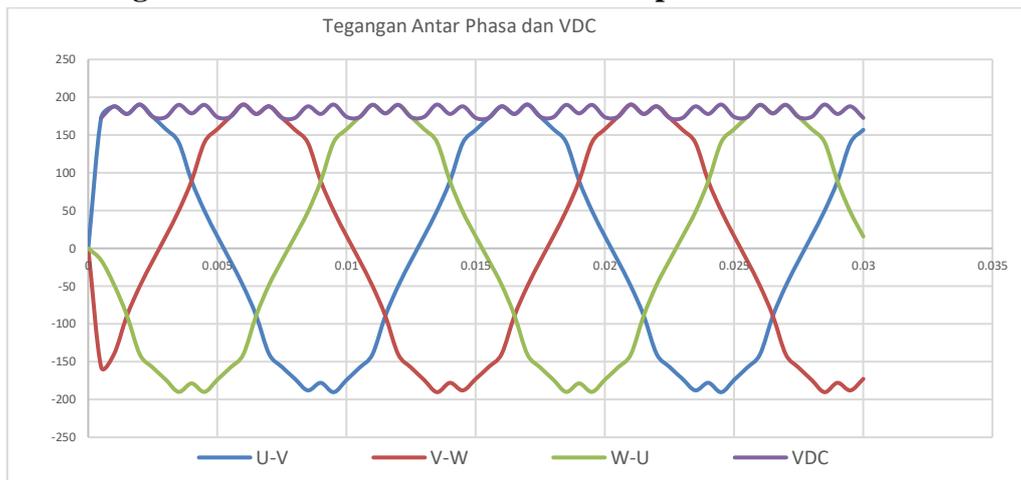


Gambar 7 Grafik Flux Linkage Desain PMSG 12S8P Variasi 1 Umbrella 10 mm

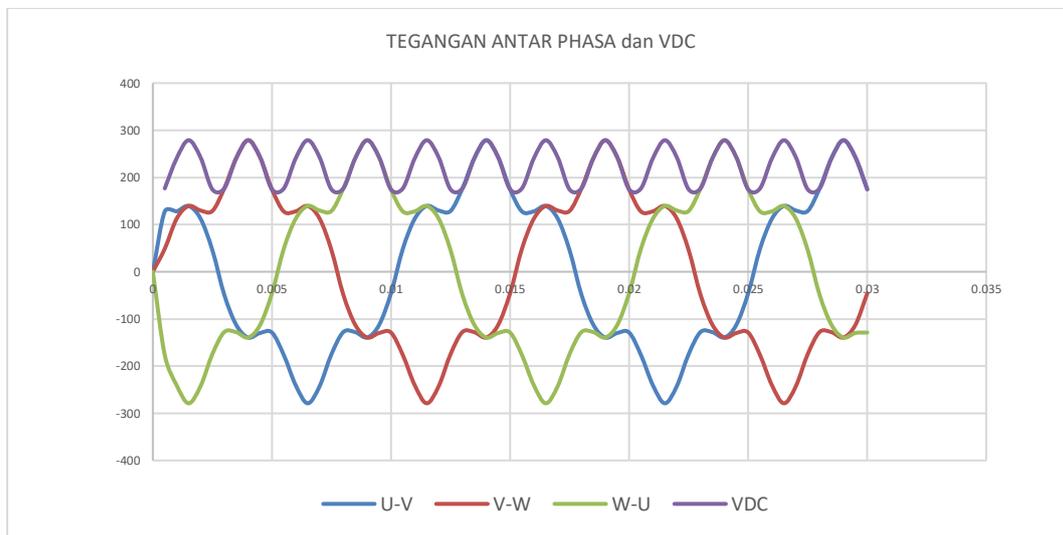


Gambar 8 Grafik Flux Linkage Desain PMSG 12S8P Variasi 2 Umbrella 15 mm

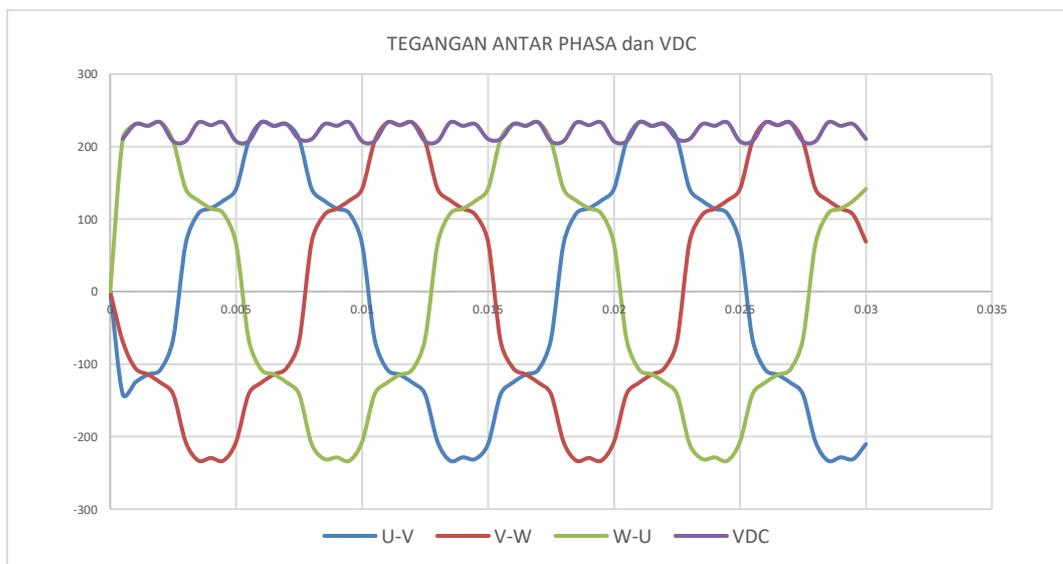
3.2 Perhitungan Nilai Back-EMF dan Ke dari setiap Desain PMSG



Gambar 9 Grafik Tegangan Antar Fasa dan VDC Simulasi Generator12S8P



Gambar 10 Grafik Tegangan Antar Fasa dan VDC Variasi 1 Lebar Umbrella 10 mm



Gambar 11 Grafik Tegangan Antar Fasa dan VDC Variasi 1 Lebar Umbrella 15 mm

Perhitungan nilai back-EMF dan Ke dari Variasi Umbrella dilakukan dengan persamaan 3 dan 4 didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan nilai *back-EMF* dan nilai Ke pada Variasi Umbrella

Variasi Umbrella	<i>Back-EMF</i> (V)	<i>Ke</i> (V/s/RPM)
Tanpa Umbrella	190.302	1.727
1	278.882	2.128
2	233.397	2.121

Berdasarkan tabel 2 dimana terdapat dua variasi lebar Umbrella yaitu pada lebar umbrella 10 mm dan 15 mm dan tanpa umbrella. Dimana didapatkan nilai Back-EMF dan Ke tertinggi pada variasi yang pertama di lebar umbrella 10 mm, dengan nilai Back-EMF sebesar 278,198 V dan nilai Ke sebesar 2.128 V/rpm. Dan yang tanpa umbrella menghasilkan nilai Back-EMF dan Ke terkecil dengan nilai Back-EMF, 190.302 V dan Ke 1.727 V/rpm. Dari hasil yang di dapat variasi lebar umbrella dapat mempengaruhi banyak atau sedikitnya flux yang ditangkap yang mana juga akan berpengaruh terhadap nilai tegangan output yang dihasilkan. Semakin lebar umbrella maka akan semakin banyak flux yang di tangkap dan akan menghasilkan tegangan output yang besar.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan tentang analisa pengaruh variasi geometri stator dan arah lilitan terhadap *Back-EMF* dan Ke PMSG 12S8P di P.T. Lentera Bumi Nusantara, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisa variasi umbrella pada PMSG 12S8P menghasilkan nilai *Back-EMF* dan Ke lebih besar dari pada tanpa umbrella dimana umbrella pada stator dapat mempengaruhi banyak sedikitnya *flux* yang mengalir dan kerapatannya. Semakin banyak *flux* yang mengalir maka akan menghasilkan tegangan keluaran yang besar.
2. Hasil simulasi yang dilakukan, pada desain variasi pertama 10 mm dengan nilai *Back EMF* dan Ke paling besar yaitu 278.882V dan nilai Ke sebesar 2.128 V/s/rad dan tanpa umbrella menghasilkan nilai *Back-EMF* dan Ke terkecil dengan nilai *Back-EMF*, 190.302 V dan Ke 1.727 V/s/rad.
3. Pengaruh umbrella dapat menambah nilai tegangan pada generator. Semakin dekat jarak antar umbrella penyerapan fluks malah kurang maksimal. Bentuk umbrella juga berpengaruh terhadap penyerapan fluks. Sudut umbrella memiliki pengaruh dalam penumpukan fluks pada ujung ujung umbrella

4.2 Saran

Dengan berakhirnya kegiatan kerja praktik, terdapat bebera saran kepada pihak Prodi Teknik Elektro dan P.T. Lentera Bumi Nusantara agar kegiatan kerja praktik terlaksana lebih baik lagi kedepannya, berikut saran-saran yang diberikan:

1. Kepada pihak Prodi Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa untuk menambah waktu kerja praktik dikerenakan minimnya waktu pelaksanaan kerja praktik

ini membuat kurangnya pemahaman lebih dalam tentang topik kerja praktik yang di ambil.

2. Kepada pihak P.T. Lentera Bumi Nusantara untuk pembuatan modul dan video pembelajaran simulasi generator menggunakan *software* FEM dapat di perbaharui karena ada beberapa kesalahan sehingga mengakibatkan eror saat melakukan simulasi.

REFERENSI

- [1] Haselman, Duane Dr.2006. Brushless Permanent Magnet Motor Design 2rd Edition. Barrows Hall
- [2] Tim Lentera Bumi Nusantara. 2014, Dasar Teori Flux Linkage dan Analisa Dimensi dan Geometri PMSG. Tasikmalaya, Jawa Barat. Division For Electricity
- [3] Tim Lentera Bumi Nusantara. 2018, Tutorial analisa Back EMF dan ke PMSG 12s8p. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- [4] Santiago J dan Bernhoff H. 2010. Comparison Between Axial And Radial Flux PM Coreless Machines For Flywheel Energy Storage . Sweden : Division For Electricity
- [5] Kenjo, T and Nagamori, T, "Permanent-Magnet and Brushless DC Motors", Oxford University Press, New York, 1985.
- [6] Anonim. 2014. Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin, Lentera Angin Nusantara, Ciheras, Jawa Barat
- [7] P. Studi, T. Elektro, F. T. Industri, and U. Pertamina, "Variasi geometri stator dan arah lilitan terhadap kurva karakteristik generator 12s8p laporan kerja praktik," 2019.
- [8] Perawati.2017. Karakteristik Generator Sinkron Yang Berbeban Berat Dan Tidak Konstan
- [9] Azka, Mukhdil, "Analisis Perancangan Dan Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen Dengan Rotor Berlubang", Skripsi, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2013.
- [10] Eko Parjono. 2018. "Pengujian Rotor Dan Stator Generator Sinkron 50 MW di PLTU Unit 1 PT Indonesia Power Semarang", Makalah Seminar Kerja Praktek,Program Studi Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang, 2007
- [11] Chatra Hagusta Prisandi, "Studi Desain Kumparan Stator Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Inti Stator", Skripsi, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2011.