



**PENGARUH MATERIAL INTI BESI TERHADAP NILAI BACK-EMF DAN KE
PADA PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR 12S8P
MENGUNAKAN SOFTWARE BERBASIS FINITE ELEMENT METHOD**

Muhammad Iqbal Fadillah¹, Insani Abdi Bangsa²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang

muhammad.iqbal18072@student.unsika.ac.id¹, iabdi.bangsa@ft.unsika.ac.id²

ABSTRACT

The iron core is a major component in the generator, of course also in the Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). In this journal we will vary the iron core, there are two iron cores, namely the rotor and the stator. Varying this iron core by replacing the material on the stator and rotor with a rotor, stator and rotor-stator scheme. By varying the material in the iron core, we will analyze, then conclude the Back-EMF value and KE value. The essence of this journal is to vary the iron core material on the Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12S8P so as to obtain BACK-MF and KE values.

Keywords: *Generator, PMSG, Iron Core*

ABSTRAK

Inti besi adalah sebuah komponen utama pada generator, tentunya juga pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG). Pada jurnal ini kita akan memvariasikan inti besi, inti besi terdapat dua yaitu rotor dan stator. Memvariasikan Inti besi ini dengan mengganti material pada stator dan rotor dengan skema rotor, stator dan rotor-stator. Dengan memvarisikan material pada inti besi, kita akan menganalisa, lalu kemudian menyimpulkan nilai Back-EMF dan nilai KE. Inti dari jurnal ini adalah memvariasikan material inti besi pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12S8P sehingga memperoleh nilai BACK-MF dan KE.

Kata kunci: *Generator, PMSG, Inti Besi*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Generator sinkron magnet permanen adalah generator dengan tingkat efisiensi yang tinggi karena tidak ada rugi rugi eksitasinya [1]. Contohnya, seperti rugi pada tembaga, sehingga banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga angin. Pengembangan Generator biasanya di design dalam aplikasi berbasis FEM. Inti besi terdiri dari dua jenis, yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian dari generator yang bergerak atau berputar. Rotor generator magnet permanen terdiri dari sejumlah magnet permanen yang bertindak sebagai generator untuk medan magnet yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan generator [3]. Sedangkan, stator merupakan bagian generator yang diam yang tersusun dari badan generator yang terbuat dari baja yang fungsinya melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate dari generator. stator terbuat dari bahan baja atau besi yang berlapis – lapis dan terdapat alur tempat meletakkan lilitan stator [6]. Dalam design PMSG berbasis FEM bisa dilakukan analisis, pemodelan bahkan untuk memvariasikannya. Dalam jurnal ini kita akan melakukan variasi terhadap inti besi untuk melihat pengaruhnya pada nilai BACK-MF dan KE. Pada penelitian sebelumnya PMSG sangat familiar untuk di variasikan dalam pengembang generator, beberapa hal yang dapat di variasikan adalah material inti besi, bentuk inti besi, tebal magnet dan masih banyak lagi. Pada jurnal refensi design PMSG ini, melakukan variasi pada geometri pemodelan PMSG 12 slot 8 Pole $\frac{1}{4}$ Model mendapatkan salah satu hasil yaitu dimana semakin banyak lilitan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan, dan sebaliknya.

Rumusan Masalah

- Material apa yang digunakan dalam memvariasikan model generator PMSG
- Berapa nilai tegangan pada setiap variasi
- Pengaruh memvariasikan inti besi pada nilai BACK-MF dan KE.

Tujuan Penelitian

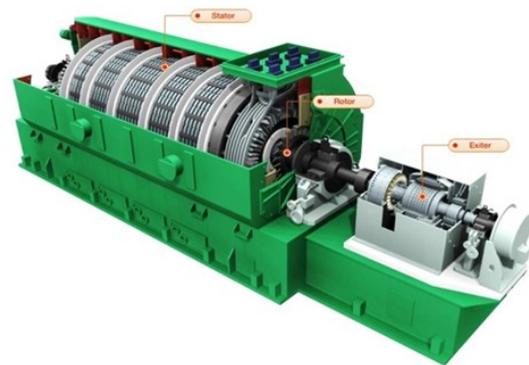
Tujuan dari pembuatan jurnal ini adalah menganalisa nilai BACK-EMF

pada PMSG dengan memvariasikan Inti besi dengan pola variasi rotor, stator dan rotor-stator menggunakan aplikasi berbasis FEM.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Generator

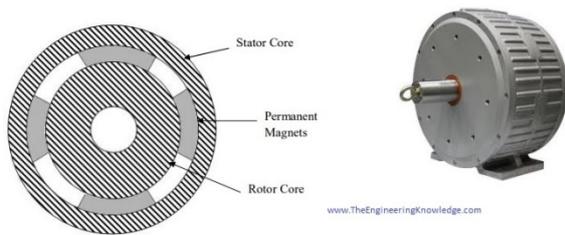
Generator adalah mesin listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Generator dapat menghasilkan gaya gerak listrik dengan cara induksi elektromagnetik yang diubah menjadi tenaga listrik. Pada umumnya generator memiliki tegangan keluaran tiga fasa, oleh karena itu generator merupakan komponen utama pada pembangkit listrik. Sedangkan komponen utama dari generator adalah, stator dan rotor.



Gambar 2.1 Generator

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) adalah generator yang medan eksitasinya dihasilkan oleh magnet permanen bukan kumparan, sehingga fluks magnetik dihasilkan oleh medan magnet permanen. Generator ini memiliki keunggulan yang signifikan, menarik minat para peneliti dan biasanya digunakan dalam aplikasi wind turbine. Magnet permanen bisa terpasang pada permukaan ataupun tertanam pada rotornya [6]. Dalam hal ini, PMSG hampir sama dengan motor induksi, dimana medan magnet celah udara yang dihasilkan oleh magnet permanen, sehingga medan magnet pada rotor konstan konstruksi generator sinkron.



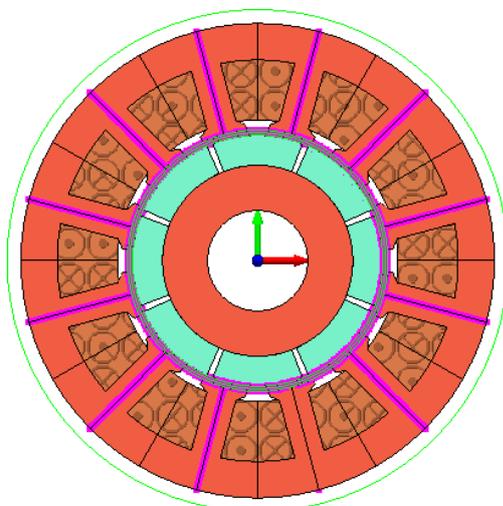
Gambar 2.2 PMSG

PMSG 12S8P

Pada simulasi ini menggunakan PMSG 12S8P atau 12 Slot 8 Pole, dengan parameter :

2.1 Tabel Parameter model

Parameter	Dimension
Outerstator diameter	95 mm
Inerstator diameter	50mm
Magnet thickness	6 mm
Outerstator diameter	48mm
Inerstator diameter	38mm
Material stator	M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage.
Material rotor	M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage.



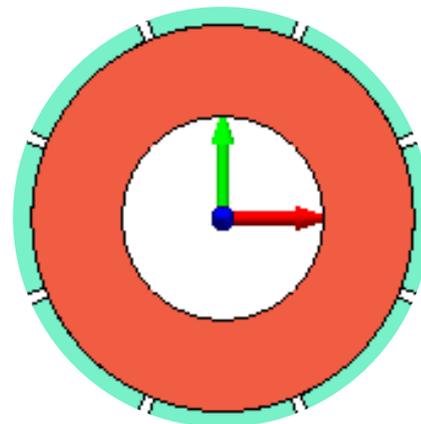
Gambar 2.3 Model dari jurnal referensi

Dengan menggunakan parameter pada design jurnal referensi yang di ranang kembali membuat PMSG seperti pada gambar 2.3, rotor dan stator PMSG tersebut menggunakan material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage yang disimulasikan dengan warna oren.

Kontruksi

a. Rotor

Rotor adalah bagian generator yang berputar. Rotor generator magnet permanen terdiri dari beberapa magnet permanen untuk menciptakan medan magnet yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan generator. Magnet permanen disusun dalam media berpasangan yang berbentuk cakram dengan posisi berlawanan pada sisi stator. Sehingga, fluks yang mengelilingi belitan stator masing-masing magnet permanen menguat [3]. Untuk memutar dua buah piringan yang dihubungkan ke sebuah poros yang terhubung dengan poros utama motor. Pada stator ini menggunakan M19: USS Transformer 72 29 Gage.

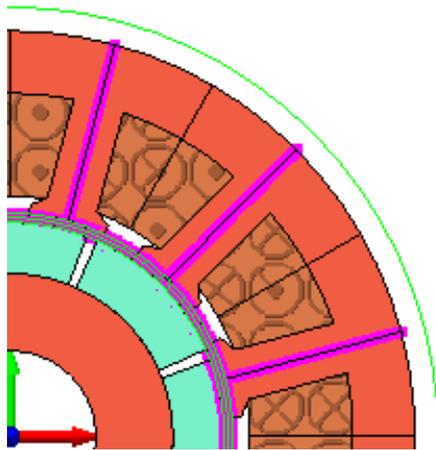


Gambar 2.4 Rotor dengan material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage

b. Stator

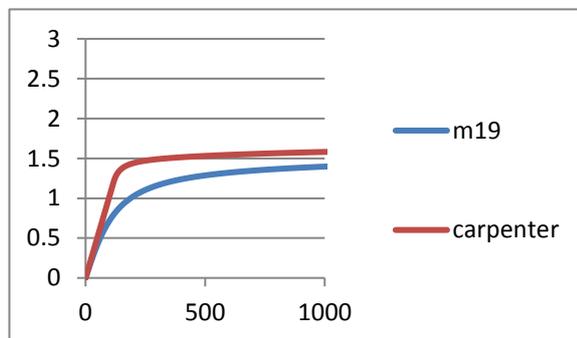
Stator pada generator magnet permanen merupakan belitan medan, tersusun dari beberapa belitan (kumparan) yang dilapisi bahan isolator [3]. Jumlah lilitan mempengaruhi besarnya tegangan keluaran generator. Sambungan seri dari beberapa belitan menentukan apakah keluaran tegangan generator adalah fase tunggal atau tiga fase. Stator ini menggunakan M19: USS

Transformer 72 29 Gage, dengan stator berbentuk payung atau umbrella.



Gambar 2.5 Stator dengan material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage

c. Material



Gambar 2.6 perbandingan material antara M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage dan Carpenter: Silicon steel.

Dilihat pada gambar 2.6 dimana material Carpenter: Silicon steel lebih baik berdasarkan kurva, pada kurva dibandingkan M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage. Dengan ini kami melakukan simulasi dengan mencari nilai BACK-EMF dan KE, untuk membuktikan kebenaran pada kurva tersebut.

Back EMF

Back electromotive force (back emf) atau gaya gerak listrik adalah yang dihasilkan oleh kumparan setelah arus dalam kumparan terputus. Ketika arus mengalir melalui kumparan, kumparan secara otomatis memperoleh medan elektromagnetik dan menyebabkan inti "menjadi magnet". Dan ketika arus pada kumparan terputus, medan

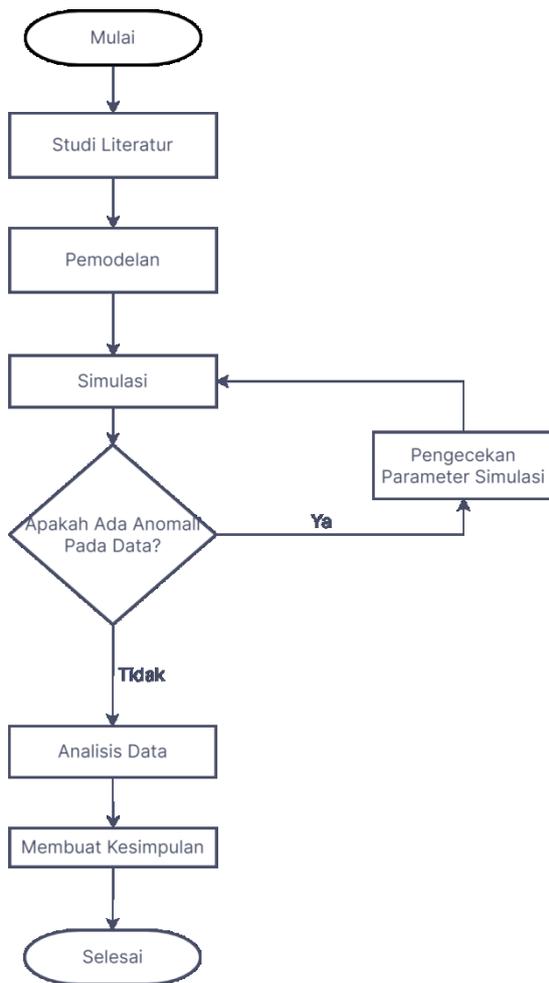
elektromagnetik akan kembali "diserap" oleh belitan sehingga penghantar membawa arus. Arus memiliki polaritas yang berlawanan dengan arus sebelumnya. Arus yang mengalir melaluinya disebut Back EMF.

Software Berbasis Finite Element Method (FEM)

Finite Metode elemen adalah salah satu metode numerik yang menggunakan operasi matriks untuk menyelesaikan masalah fisika. Metode lain adalah metode analitik, yang membutuhkan persamaan matematis sebagai model perilaku fisik untuk melakukannya. Semakin kompleks perilaku fisik (karena kompleksitas geometri geometris, jumlah interaksi muatan, tegangan, sifat material, dll.), semakin sulit, jika bukan tidak mungkin, untuk dikonstruksi model matematika dapat mewakili masalah. Metode alternatif adalah dengan membagi kasus menjadi sub-bagian sederhana, di mana kita dapat membangun model matematika yang lebih sederhana. Kemudian, kondisi batas dalam interaksi antara bagian-bagian kecil ditentukan sesuai dengan fenomena fisik yang akan dipecahkan. Metode ini disebut metode elemen hingga karena kita membagi masalah menjadi beberapa elemen untuk mewakili masalah yang jumlah elemen sebenarnya adalah kontinum (tak terhingga).

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada jurnal ini adalah Metodologi berupa flow chart.



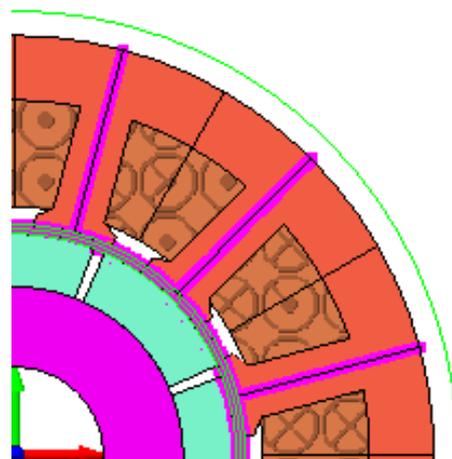
Gambar 3.1 Flow Chart Pengerjaan

Berdasarkan pada gambar 3.1 Yang dapat dilakukan pertama kali adalah dengan melakukan studi literatur untuk mengetahui dimensi dari generator yang dirancang dan mengetahui sifat mekanik dan elektrik dari bahan yang digunakan. Material yang digunakan pada PMSG jurnal referensi menggunakan material inti besi M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage. PMSG dirancang menggunakan software berbasis FEM. Setelah generator dirancang, kemudian pengujian dilakukan untuk melihat terjadinya kesalahan atau anomali pada rancangan generator. Apabila hasil pengujian masih terdapat anomali, maka akan diperbaiki atau dilakukan perancangan ulang kembali. Namun jika hasil

rancangan sudah sesuai dengan jurnal referensi, maka rancangan generator dapat langsung divariasikan menggunakan material Carpenter: Silicon steel, untuk mendapatkan data berupa nilai Back EMF. Setelah melakukan analisa masalah dan didapatkan keseluruhan data, maka data dapat diolah dan dianalisa.

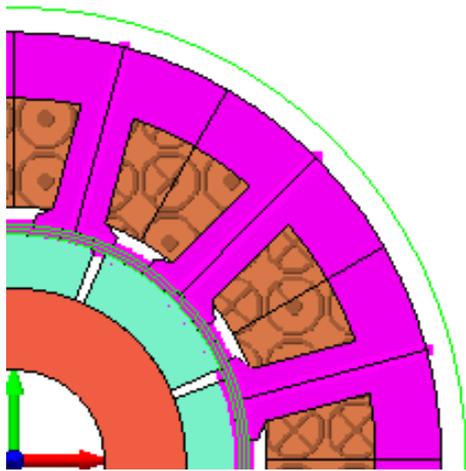
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan original PMSG dari jurnal referensi ini menggunakan PMSG 12S8P dengan material inti besinya M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage. Pada pemodelan PMSG ini kita mengubah pada material inti besi yaitu rotor dan stator. Lalu kita membuat tiga pola variasi yaitu rotor, stator dan rotor-stator. Dari jenis material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage menjadi dengan Carpenter: Silicon steel atau dalam bahasa Indonesia itu baja silikon. Pada gambar 4.1 memasuki pola variasi pertama yaitu rotor, bisa kita lihat dimana rotor yang di variasikan menggunakan material Carpenter: Silicon steel yang di simulasikan berwarna ungu.

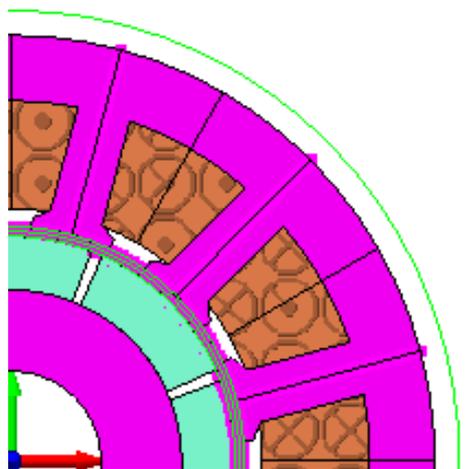


Gambar 4.1 variasi material rotor

Kemudian melakukan lagi variasi pada pola stator, dengan rotor tetap pada material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage yang di simulasikan berwarna oranye. bisa dilihat pada gambar 4.2, dimana stator saja yang divariasikan materialnya menjadi Carpenter: Silicon steel. Lalu, untuk memvariasikan material pada rotor-stator bisa dilihat pada gambar 4.3 dimana stator dan rotor disimulasikan dengan warna ungu.



Gambar 4.2 variasi material stator



Gambar 4.3 Variasi material rotor dan stator

Untuk nilai nilai dari Back-EMF dan KE, bisa dilihat pada Tabel 4.1, dimana memvariasikan material mempengaruhi nilai Back-EMF dan KE.

Tabel 4.1 Nilai variasi pada inti besi

	BACK-EMF	Hasil
Data original	Volt Dc	28,81364739
	KE	0,248159557
Rotor	Volt Dc	28,81671825
	KE	0,24818196
Stator	Volt Dc	28.94159866
	KE	0,25272146
Rotor dan stator	Volt Dc	28,94477678
	KE	0,25274652

Pada tabel 4.1, Memvariasikan inti besi menggunakan material Carpenter: Silicon steel dapat meningkatkan nilai *Back-EMF* dan KE. Dalam hasil simulasi perbandingan nilai DC-Voltage dari ketiga variasi inti besi yang terbesar adalah 28,944 (rotor-stator) lalu 28,941 (stator) dan 28, 816. (rotor) Dalam hasil simulasi data perbandingan nilai KE ketiga variasi yang terbesar adalah variasi inti besi yang bernilai 0,25274 yaitu (rotor- stator) dan di ikuti 0,25272 (stator) dan 0,248 (rotor). Dapat, dilihat juga nilai *Back-EMF* dan KE variasi material inti besi pada stator dan rotor-stator tidak berubah secara signifikan dikarenakan pada topologi surface permanen magnet, flux dari magnet memancar langsung ke stator tanpa melalui rotor, sehingga nilainya tidak jauh berbeda. Tapi, jika dibandingkan dengan nilai *Back-EMF* dan KE pada desain original dan variasi material inti besi stator-rotor nilai *Back-EMF* dan KE berubah sangat signifikan.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Dari model Permanen Synchronous Magnet Generator 12 slot dan 8 pole kita memvariasikan inti besi, inti besi terdiri dari rotor dan stator. Generator PMSG 12 slot dan 8 pole disimulasikan dengan 150 lilitan dan ketebalan 6mm. dimana nilai Volt Dc dan KE terbesar adalah variasi material pada rotor-stator. Nilai Back-EMF dan KE pada variasi Stator dan Rotor – stator tidak signifikan. Menggunakan material Carpenter: Silicon steel atau baja silikon pada inti besi merubah nilai Back-EMF dan KE, bisa disimpulkan bahwasanya menggunakan material Carpenter: Silicon steel nilai Back-EMF dan KE lebih besar dari pada menggunakan material M19: USS Transformer 72 -- 29 Gage seperti pada design jurnal yang di buat referensi.

Saran

Dalam penelitian ini dilakukan variasi material terhadap Inti besi yaitu rotor dan stator, diharapkan pada peneliatian selanjutnya tidak hanya memvariasika material Intibesi, dikarenakan hampir semua bagian dalam PMSG itu bisa di variasikan dengan mengubah bentuk atau materialnya, guna mengetahui bentuk atau mterial apa saja yng baik untuk PMSG atau generator jenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadisiswoyo,R.M.,Arifianto,I.,Rahmatia,S.,Elson,R.(2018).Variasi Geometri Pemodelan PM Generator Sinkron 12 Slot 8 Pole $\frac{1}{4}$ Model. Seminar Nasional Microwave, Antena dan Propagasi (SMAP) 2018 Unpak.
- [2] Herlina, dkk. 2016. Minimization of Cogging Torque Based on Different Shape of Anti-Notch Method. Sriwijaya international Conference on Science, Engineering, and Technology.
- [3] Prasetijo, Hari, dkk. 2012. Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. Dinamika Rekayasa Vol. 8 No. 2 Agustus 2012 ISSN 1858-3075.
- [4] Prayogo, Jodie. 2015. PEMODELAN KONSTRUKSI PORTAL RANGKA BAJA BERBASIS FINITE ELEMENT METHOD (FEM). Makassar : Universitas Hasanudin.
- [5] Irfan, Muhammad, dkk. 2021. Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Sultan Wind Turbine V-5. Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi.
- [6] Firmansyah, Muhammad Alfian,. 2014.RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR GENERATOR AC 1 FASA 2 KUTUB DENGAN METODE KUMPARAN JERAT DAN ANALISIS PENGUJIAN DENGAN BEBAN.