

## LEMBAR PENGESAHAN

### LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

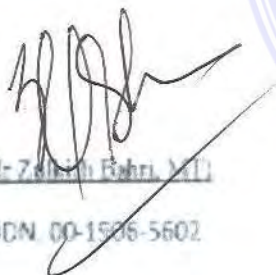
Analisa Fluks Magnetik Dan Nilai Tegangan Tanpa Beban Pada Permanen Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12S8P Dengan Variasi Geometri Menggunakan Software Elektromagnetik berbasis *FINITE ELEMENT METHOD (FEM)* Di Lantana Bumi Nusantara

DISUSUN OLEH :

NAMA Deni Arianto Barus  
NPM 17.812.0051  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK

Dosen Pembimbing Kerja Praktek

Pembimbing Lapangan

  
(Ir. Zakiyah Bahri, S.T.)  
NIDN. 00-1506-5602

NILAI  
B+

  
(Al Roshdy Samudra)  
LEADER

FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS  
MEDAN AREA  
PRODI TEKNIK ELEKTRO  
Deni Arianto Barus  
(Deni Arianto Barus, S.T., NPL)  
NIDN. 01-0408-9002

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/11/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/11/22

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktek (KP) serta dapat menyelesaikan laporannya dengan lancar dan tanpa adanya halangan yang berarti.

Laporan kerja praktek ini disusun berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada saat dilapangan yakni pada " PT. Lentera Bumi Nusantara yang beralamat di Jln. Raya Ciheras RT2/RW2,kp.Sindang Asih, Dusun Lembur Tengah, Deesa Ciheras,Kec.Cipatujah, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat. Dimulai tanggal 11 Maret 2021 s/d 24 April 2021.

Kerja praktek ini merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi dalam Program Studi Teknik Elektro, selain untuk memenuhi persyaratan program studi yang penulis tempuh, kerja praktik ini juga banyak memberikan manfaat kepada penulis baik dari segi akademis maupun untuk pelajaran yang tidak didapatkan penulis pada saat berada di bangku kuliah.

Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini, terutama kepada :

1. Orang tua yang telah memberi dukungan moril/spiritual kepada penulis.
2. Ibu Dr.Ir.Dina Maizana, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir Zulkifli Bahri, MT, selaku dosen pembimbing kerja praktek jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.

5. Bapak Ricky Elson, B.Emg.,M.Eng atasa motivasi dan pengalaman-pengalaman Hidup nya.
6. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
7. Teman-teman kelompok kerja praktek yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan kerja praktek di PT. Lentera Bumi Nusantara.

Penulis tidaklah sempurna, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan kerja praktik ini penulis mengharapkan kritik dan sarannya. Akhir kata semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan banyak manfaat untuk kita semua.



Medan, juni 2021

Deni Arianto Barus

## ABSTRAK

Generator adalah suatu alat atau mesin yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, dengan proses induksi elektromagnetik. Perancangan generator menggunakan software sangat berguna karena mampu menyimulasikan diameter, material, ketebalan, jumlah lilitan dan kecepatan putar generator, sehingga saat melakukan pembuatan generator bisa mencapai tingkat keberhasilan yang tinggi. Generator sinkron magnet permanen (PMSG) merupakan salah satu komponen utama dari PLTB. Sebelumnya desain PMSG dilakukan dengan cara trial and error dan menggunakan magnet permanen jenis Ceramic. Dengan berkembangnya teknologi, PMSG dapat didesain menggunakan perangkat lunak, begitu juga dengan penggunaan magnet permanen yang mulai menggunakan material Neodymium Iron Boron.

**Kata kunci : Permanen Magnet *Synchronous* Generator( PMSG) , 12 slot 8 pole**



## Daftar Isi

KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK.....	iii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Kerja Praktek .....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Metodologi .....	3
BAB II.....	4
PROFIL PERUSAHAAN.....	4
2.1 Latar Belakang Perusahaan.....	4
2.2.1 Logo Perusahaan .....	5
2.2.2 Filosofi Nama Perusahaan .....	5
2.2.3 Visi & Misi Perusahaan .....	5
2.2.4 Struktur Perusahaan .....	6
2.2.4 Kontak Perusahaan .....	7
2.2.5 Kutipan <i>Founder</i> .....	7
BAB III .....	8
3.1 Permanent Magnet Synchronous Generator .....	8
3.1.1 Stator.....	9
3.1.2 Rotor .....	10
3.2 Material Medan Magnet.....	11
3.3 Teori dasar Fluks Linkage dan Kurva B-H.....	12
3.3.1 Fluks Magnetik .....	12
3.3.2 Hukum Faraday .....	12
3.3.3 Fluks <i>Linkage</i> .....	12
3.3.4 Kurva B-H.....	13
3.4 <i>Electrical Steels</i> .....	14
3.5 <i>Determination of losses</i> .....	14
3.5.1 <i>Iron Losses</i> .....	14
3.5.2 <i>Histerysis Loss</i> .....	14

3.5.3	<i>Eddy Current Loss</i> .....	14
3.6	<i>Back-EMF</i> dan Konstanta <i>Back-EMF</i> pada <i>PMSG</i> .....	15
3.7	<i>Winding</i> .....	15
3.8	<i>Finite Element Method (FEM)</i> .....	16
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		17
4.1	Desain <i>PMSG 12S8P</i> .....	17
KESIMPULAN DAN SARAN .....		24
5.1	Kesimpulan .....	24
5.2	Saran .....	24
DAFTAR PUSTAKA .....		1



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Kerja praktek merupakan salah satu persyaratan akademik wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Indonesia untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S-1). Kegiatan ini secara global bertujuan untuk mengenali dan menambah wawasan mahasiswa mengenai lingkungan dunia kerja yang sebenarnya serta membandingkan ilmu yang telah dipelajari di bangku perkuliahan dengan pengimplementasinya di lapangan, khususnya *Engineering* di dunia ancare. Dengan adanya kerja praktek ini mahasiswa dituntut untuk mempersiapkan diri semaksimal mungkin dalam meghadapi profesi yang akan dijalankan dan menjadi bekal setelah menyelesaikan studi di perkuliahan.

Kebutuhan energi yang tinggi membuat kita untuk mencari berbagai energi alternatif untuk memenuhinya. Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan energi. Oleh karena itu, riset terkait EBT perlu terus dikembangkan agar nanti saat cadangan energi fosil semakin berkurang tidak terjadi kelangkaan energi. Salah satu EBT yang dapat kita manfaatkan adalah energi angin. 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, dan lain-lain. 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 adalah sebuah alat pembangkit listrik yang terdiri atas dua bagian utama, yaitu bagian rotor dan stator. Rotor terdiri atas magnet permanen dan stator terdiri atas beberapa kumparan kawat konduktor. Indonesia merupakan daerah dengan kecepatan angin rendah, yaitu antara 3 hingga 9 m/s. Generator yang ideal untuk kecepatan angin rendah, yaitu generator dengan karakter kerja putaran rendah seperti generator yang menggunakan magnet permanen. Generator AC yang menggunakan magnet permanen menawarkan sejumlah karakteristik kinerja yang unggul dibandingkan dengan ekivalen generator AC dan DC. Keunggulan yang ditawarkan adalah termasuk mengurangi volume motor karena tidak adanya lilitan yang digunakan untuk bidang eksitasi rotor, efisiensi lebih tinggi karena mengurangi kerugian rotor tembaga, keandalan lebih baik karena tidak adanya sikat dan slip ring. Tipe generator magnet permanen memudahkan dalam mendesain generator dengan kapasitas daya, tegangan, dan kecepatan tertentu sesuai dengan 2 yang dibutuhkan. Hal tersebut dapat diwujudkan dengan mengubah atau menyesuaikan parameternya seperti jumlah lilitan kumparan, jumlah dan besar magnet, dan jenis material magnet yang digunakan. Jenis material magnet yang digunakan menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi karakteristik dari suatu generator. Hal ini dikarenakan setiap jenis material magnet memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengalirkan fluks magnet.

## 1.2 Tujuan Kerja Praktek

Tujuan penulis dalam melaksanakan praktik ini adalah untuk memenuhi kelengkapan dari matakuliah Kerja Praktik dan salah satu syarat untuk kelulusan strata (S1), adapun tujuan khusus dari kerja praktik ini adalah sebagai berikut:

- a) Merancang *PMSG* 12S8P dengan *software* desain elektromagnetik.
- b) Menganalisis pengaruh fluks magnet rotor dan stator dan Nilai *Back EMF* (Tegangan Tanpa Beban) pada generator dengan variasi Geometri dengan memperlebar dan memperkecil yoke pada *PMSG*.

## 1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup (Batasan Masalah) kerja praktek ini adalah sebagai berikut :

- a. Perancangan *PMSG* 12S8P dengan menggunakan *software* desain elektromagnetik.



- b. Analisis dilakukan pada *PMSG 12S8P* dengan variasi Geometri pada stator.  
Mengetahui perbedaan fluks magnet dan tegangan tanpa beban dengan variasi Geometri

#### 1.4 Metodologi

Dalam pelaksanaan kerja praktek ini digunakan beberapa metode untuk mendapatkan data - data yang dibutuhkan sebagai acuan atau pedoman dalam menulis Laporan Kerja Praktek ini, metode-metode tersebut adalah:

1. Studi Literatur

Metode pencarian dan pengumpulan data baik yang bersumber dari buku ataupun dari internet guna menunjang dalam penyusunan Laporan Kerja Praktek.

2. Studi Observasi

Metode yang dilakukan dengan mengamati dan mempelajari secara langsung mengenai objek Kerja Praktek guna mendapatkan gambaran serta data yang akurat.

3. Metode Wawancara

Metode mewawancarai narasumber, baik pembimbing lapangan, *supervisor*, ataupun staff lapangan yang berhubungan dengan bidang tersebut.

4. Diskusi

Melakukan tanya jawab dengan pembimbing lapangan mengenai topik bahasan yang tidak dijelaskan secara detail pada referensi yang dimiliki oleh penulis.

## BAB II

### PROFIL PERUSAHAAN

#### 2.1 Latar Belakang Perusahaan

Pada tahun 2011, Ricky Elson membuat gerakan Lentera Angin Nusantara (LAN) Bersama dengan Pemuda yang mencintai Negeri ini. Lentera Angin Nusantara (LAN) adalah cikal bakal terbentuknya Lentera Bumi Nusantara (LBN). Dengan dirinya sebagai inisiator dari gerakan ini, Ricky Elson turun langsung ke Desa Ciheras Tasikmalaya Jawa Barat. Hal ini bisa disebut gerakan teknopreneur yang fungsi awalnya adalah untuk menerangi setiap sudut Negeri ini melalui potensi energi terbarukan.

Lentera Angin Nusantara (LAN) resmi menjadi perusahaan pada tahun 2013 dan mulai menetapkan produk utama mereka, yaitu turbin angin *Sky Dancer* 500W di empat desa di Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur. Pada tahun yang sama, LAN yang telah menguasai mengenai pengetahuan generator dan motor listrik, mulai melakukan ekspansi dengan membangun penelitian kerja sama dan pengembangan turbin angin dengan Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan mobil listrik Indonesia dari berbagai pihak.

Pada tahun 2015, berdasarkan inisiatif dan tentunya aspirasi untuk memberikat manfaat ekonomi dan social yang berdampak sangat besar bagi masyarakat, dibentuklah Lentera Bumi Nusantara (LBN). Lentera Bumi Nusantara (LBN) adalah induk perusahaannya, dengan empat divisi anak perusahaan yaitu ; Lentera Agri Nusantara (LAgN), Lentera Nano Nusantara (LNN), Lentera EV Nusantara (LEVN), dan tentunya juga Lentera Angin Nusantara (LAN). Serta dua divisi pendukung yaitu Divisi Produk Kreatif dan Divisi Manajemen Teknologi.

2.2 Profil Perusahaan  
Berikut merupakan profil dari perusahaan Lentera Bumi Nusantara (LBN) :

Gambar 2.22. PMS Pantograph.....	35
Gambar 2.23. Wafe Trap atau Line Trap.....	37
Gambar 2.24. Busbar Gardu Induk Tanjung Morawa.....	39
Gambar 2.25. Isolator Piring.....	40
Gambar 2.26. Susunan Isolator Piring.....	41
Gambar 2.27. Isolator Tonggak.....	41
Gambar 2.28. Panel Kontrol Penhantar dan Panel Kontrol Bay Couple Bus.....	43



## 2.2.4 Struktur Perusahaan



Gambar 2 2 : Struktur Perusahaan LBN

(Sumber: e-book profil LBN 2017)

- a. **Lentera Angin Nusantara**, merupakan divisi yang bergerak di bidang penguasaan, penerapan, dan pengembangan teknologi pemanfaatan energi baru terbarukan untuk aplikasi di daerah tertinggal
- b. **Lentera Agri Nusantara**, merupakan divisi yang bergerak dalam pemanfaatan potensi dan pengembangan teknologi pertanian, peternakan, dan perikanan serta pemberdayaan masyarakat.
- c. **Lentera EV Nusantara**, merupakan divisi yang bergerak di bidang pengembangan teknologi kendaraan berpengerak motor listrik.
- d. **Lentera Nano Nusantara**, merupakan divisi yang bergerak di bidang penelitian dan pengembangan aplikasi nanoteknologi untuk pengolahan air dan pangan.
- e. **Ciheras University**, merupakan sebuah “kampus” universal di mana siapa saja khususnya anak muda dapat belajar dan berkarya dengan orientasi untuk mengenali permasalahan di masyarakat dan menemukan solusinya. Juga merupakan bentuk tanggung jawab korporat dari Lentera Bumi Nusantara untuk kemajuan negeri dan generasi penerus bangsa.

- f. *Management of Technology*, merupakan divisi khusus yang menangani manajemen teknologi, *startup*, *commerce*, produk kreatif, dan komunitas di bawah naungan Lentera Bumi Nusantara.

#### 2.2.4 Kontak Perusahaan



**Gambar 2 3 : Kontak Perusahaan**

(Sumber: e-book profil LBN 2017)

#### 2.2.5 Kutipan Founder

*Kami percaya bahwa kita mampu membuat air, angin, dan apa yang ada di bumi pertiwi mampu untuk menghidupi bangsa kita sendiri.*



**Ricky Elson**  
Founder & Chairman  
Lentera Bumi Nusantara

**Gambar 2 4 : Kutipan Founder LBN**

(Sumber: e-book profil LBN 2017)

## BAB III

### Landasan Teori

#### 3.1 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. Dalam penggunaannya, energy mekanik yang dimanfaatkan dapat bersumber dari angin, air, mesin diesel dan lain-lain. Pada generator sinkron, besarnya frekuensi elektrik akan berbanding lurus dengan kecepatan putar generator. Nilai frekuensi pada generator sinkron dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1.

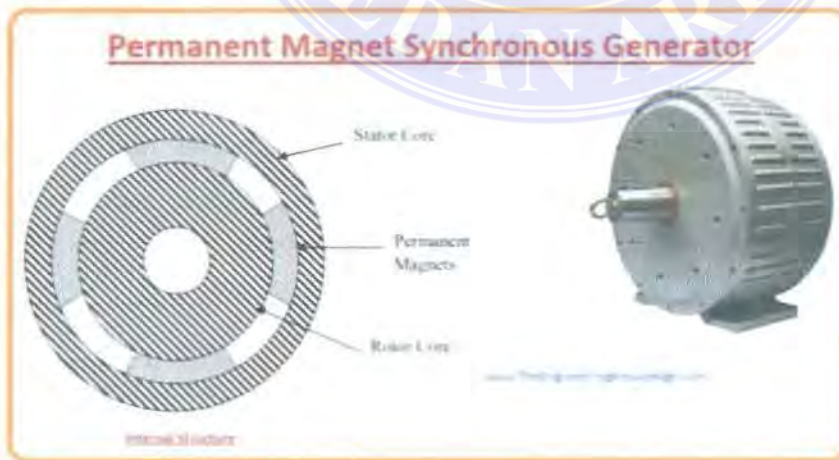
$$f = \frac{P \omega}{120} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

f = Frekuensi elektrik (Hz)

P = Jumlah kutub magnet

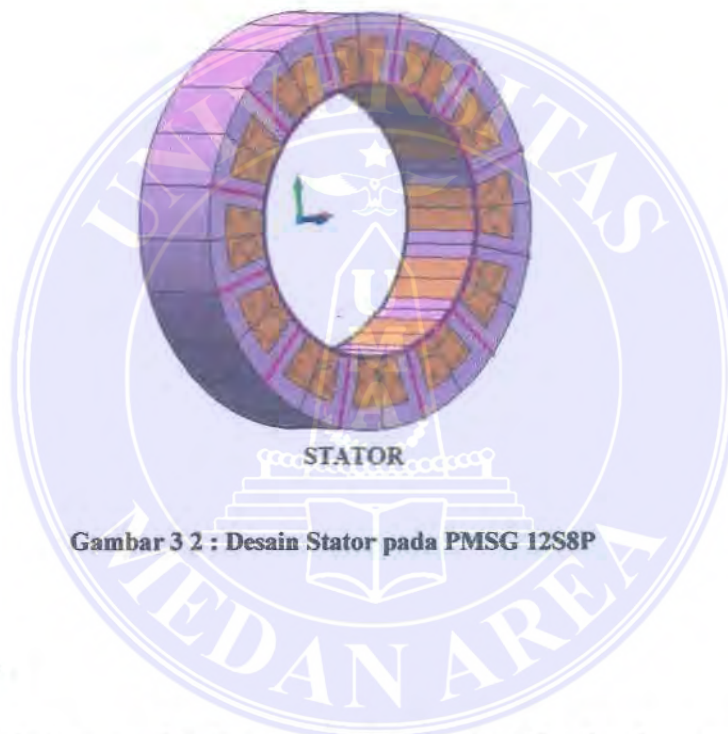
$\omega$  = Kecepatan putar rotor (RPM)



Gambar 3 1 : Permanent Magnet Synchronous Generator

### 3.1.1 Stator

Stator merupakan bagian diam dari generator yang mengeluarkan tegangan bolak-balik. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator. Inti stator yang terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Stator tersusun dari plat-plat yang mempunyai alur-alur sebagai tempat terjadinya GGL induksi. Bagian yang diam (Stator) terdiri dari beberapa bagian, yaitu:



#### 1. Inti Stator

Bentuk dari inti stator ini berupa cincin laminasi-laminasi yang diikat serapat mungkin untuk menghindari rugi-rugi arus eddy (eddy current losses). Pada inti ini terdapat slot-slot untuk menempatkan konduktor dan untuk mengatur arah medan magnetnya.

#### 2. Belitan Stator

Bagian stator yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat didalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan. Masing-masing slot dihubungkan untuk mendapatkan tegangan induksi.

### 3. Alur Stator

Merupakan bagian stator yang berperan sebagai tempat belitan stator ditempatkan

#### 3.1.2 Rotor

Rotor merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Rotor berbentuk kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Rotor terdiri dua bagian umum, yaitu:

1. Inti kutub
2. Kumbaran medan

Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumbaran medan. Pada kumbaran medan ini juga terdapat dua bagian, yaitu bagian penghantar sebagai jalur untuk arus pemacuan dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanisnya, ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar.



**ROTOR**

**Gambar 3 3 : Desain Rotor PMSG 12S8P**

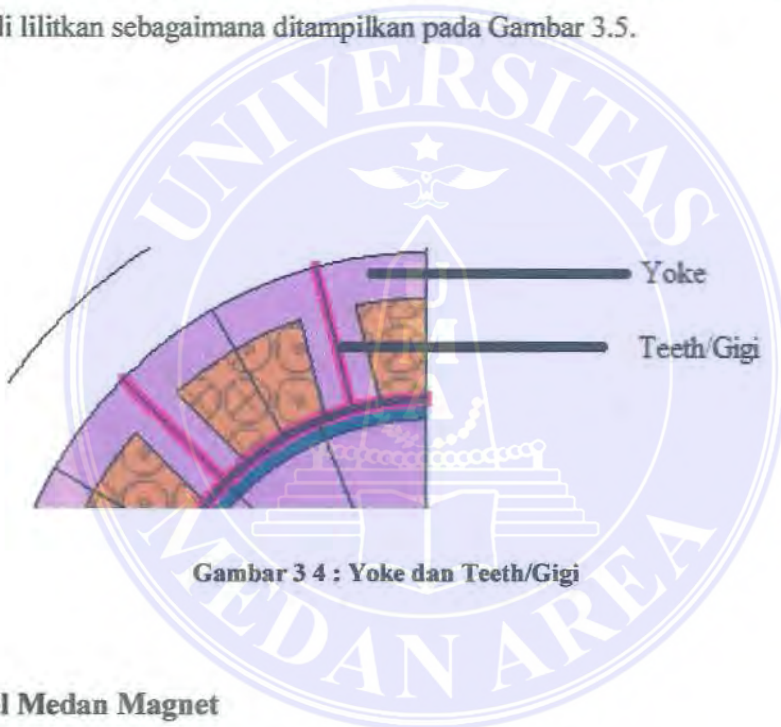


### 3.1.3 Air-gap

Celah diantara rotor dan stator disebut dengan *air-gap*. *Air-gap* diperlukan agar saat rotor berputar tidak bergesekan secara langsung dengan stator. Selain itu, *air-gap* merupakan tempat terjadinya perpindahan fluks magnet dari rotor menuju stator.

### 3.1.4 Yoke dan Teeth

*Yoke* adalah bagian dari stator yang terbentuk lingkaran atau roda yang tersusun dari lempengan-lempengan plat yang direkatkan dengan lem atau di pres menggunakan mesin, sedangkan *teeth* adalah bagian di stator yang berbentuk seperti gigi yang menempel pada yoke tempat dimana kawat tembaga di lilitkan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3 4 : Yoke dan Teeth/Gigi

## 3.2 Material Medan Magnet

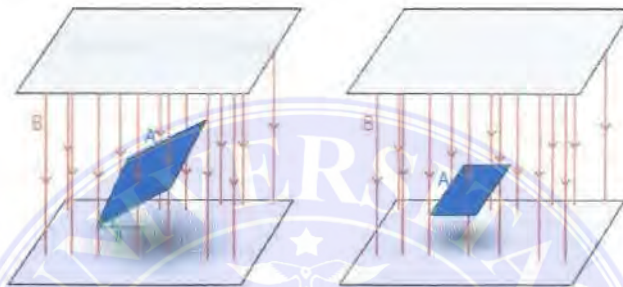
Merupakan suatu benda atau bahan yang mempunyai daya tarik terhadap benda yang mempunyai unsur logam atau besi di sekelilingnya. Dalam daya tarik tersebut membentuk medan magnet. Sifat-sifat ketebalan dan bahan permanen magnet akan mempengaruhi secara langsung kinerja dari generator dan pengetahuan yang tepat diperlukan untuk dapat memilih bahan yang tepat.

### 3.3 Teori dasar Fluks Linkage dan Kurva B-H

Sebelum memahami fluks linkage dan kurva B-H maka harus dipahami dahulu tentang fluks magnetik dan hukum Faraday.

#### 3.3.1 Fluks Magnetik

Fluks Magnetik adalah ukuran atau jumlah medan magnet ( $B$ ) yang melewati luas penampang ( $A$ ) tertentu. Satuan fluks magnetik dalam satuan internasional adalah weber.



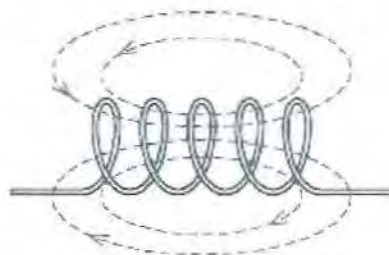
Gambar 3 5 : Aliran Fluks Magnet

#### 3.3.2 Hukum Faraday

Dengan gagasan fluks magnetik, hukum Faraday adalah memprediksi bagaimana suatu medan magnet berinteraksi yang menimbulkan gaya gerak listrik atau fenomena induksi elektromagnetik.

#### 3.3.3 Fluks Linkage

Merupakan flux yang melewati permukaan kumparan. Dimana setiap kumparan yang dilewati oleh fluks berperan dalam menghasilkan gaya gerak listrik

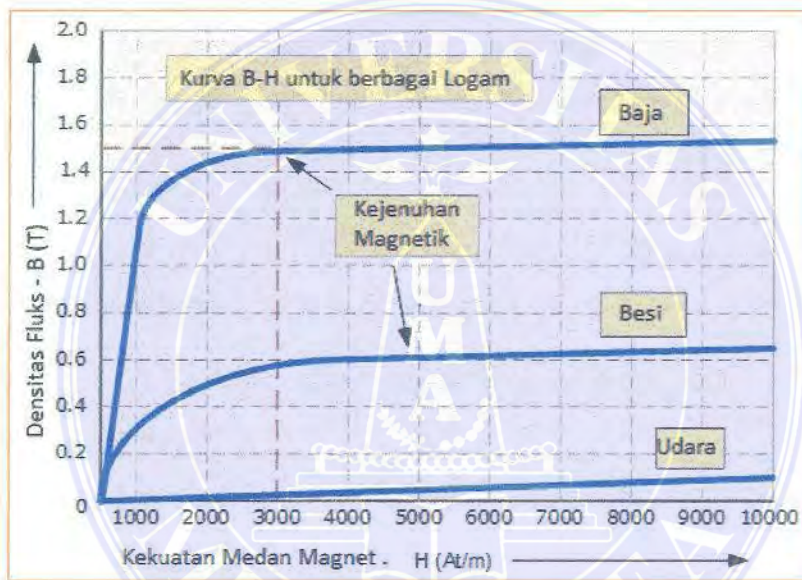


Gambar 3 6 : Fluks Linkage Ada 3 cara untuk menaikkan fluks linkage yang dapat meningkatkan GGL yang dihasilkan melalui induksi magnet

1. Meningkatkan medan magnet
2. Memperluas area
3. Memperbanyak lilitan coil

### 3.3.4 Kurva B-H

Merupakan grafik yang menggambarkan kemampuan suatu material logam dalam mengalirkan fluks magnet. B adalah rapat fluks dan H adalah intensitas fluks. Kurva B-H digunakan untuk menentukan material inti motor.



Gambar 3 7 : Kurva B-H

### 3.4 *Electrical Steels*

Baja yang digunakan dalam motor atau generator listrik biasanya disebut dengan *electrical steels*. *Electrical steels* dipilih karena memiliki nilai permeabilitas bahan yang tinggi, dimana hal ini dapat meningkatkan kerapatan fluks magnet selama proses *electro mechanical* berlangsung. Selain itu nilai permeabilitas bahan juga mencerminkan kemampuan dari suatu material untuk menghantarkan fluks magnet, dimana semakin tinggi nilainya maka bahan tersebut dapat menghantarkan fluks magnet dengan baik.

Secara umum *electrical steels* dibagi menjadi dua jenis yaitu *non-oriented* dan *grainoriented steel*. *Electical steels* jenis *non-oriented* pada dasarnya memiliki karakteristik isotropik yaitu memiliki kemampuan menghantarkan medan magnet ke segala arah. Sedangkan, untuk jenis *grainoriented* memiliki kemampuan untuk menghantarkan medan magnet ke suatu arah tertentu.

### 3.5 *Determination of losses*

Kerugian yang dapat terjadi dalam sebuah material diantaranya : iron loss, histerisis loss, dan eddy current loss .

#### 3.5.1 *Iron Losses*

Iron Loss atau rugi rugi besi terjadi karena perubahan fluks di inti yang terjadi karena histerisis loss dan eddy current loss.

#### 3.5.2 *Histerysis Loss*

Dikaitkan dengan fenomena saat magnetisasi dan demagnetisasi saat fluks magnet mengalir.

#### 3.5.3 *Eddy Current Loss*

Kehilangan daya dikarenakan arus yang bersikulasi maka dalam proses perancangan menggunakan banyak potongan besi tipis(laminasi) untuk meminimalkan arus edd

### 3.6 *Back-EMF dan Konstanta Back-EMF pada PMSG*

*Back-emf* adalah nilai tegangan yang terinduksi pada suatu kumparan stasioner. Nilai *back-emf* dapat diturunkan secara langsung dari gelombang flux *linkage* menggunakan hukum Faraday yang direpresentasikan pada persamaan 3.3 .

$$E = \omega m \frac{d\Psi}{dt} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

E = *Back - EMF* (V)

$\Psi$  = Fluks magnet (Wb)

T = Waktu (s)

$\omega m$  = Kecepatan angular rotor (rad/s)

Konstanta *back-EMF* atau KE merepresentasikan konstruksi dari PMSG. Nilai konstanta KE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.4

$$K_e = \frac{E}{\omega m} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

$K_e$  = Konstanta *back-EMF*

E = Nilai Puncak *Back-EMF*(V)

$\omega m$  = Kecepatan angular rotor (rad/s)

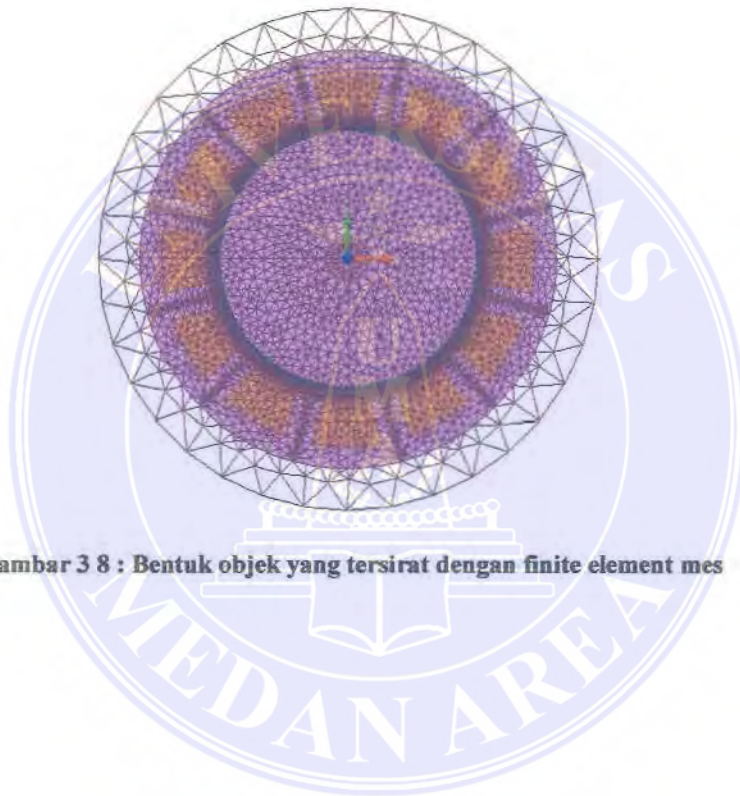
### 3.7 *Winding*

*Winding* adalah proses rancangan lilitan kawat tembaga dan sangat berguna dalam desain model *Permanent Magnet Synchronous Generator*. Ketika telah melakukan *winding* maka dalam perhitungan pada desain full model 12S8P dapat melewati langkah :

- a) Mendapatkan nilai fluks *linkage*
- b) Menghitung nilai tegangan coil
- c) Menghitung nilai tegangan coil setelah diserikan

### 3.8 *Finite Element Method (FEM)*

FEM adalah sebuah metode yang umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik. Dengan menggunakan FEM, desain elektromagnetik dari PMSG dapat dibuat dan dievaluasi performannya, serta pengamatan distribusi medan elektromagnetik pada inti besi PMSG dapat dilakukan. Pada sistem *Computer Aided Design (CAD)* berbasis FEM, salah satu pendekatannya adalah bentuk objek yang akan dianalisis tersirat dengan finite element mesh. Bentuk objek yang tersirat dengan finite element mesh di gambarkan pada gambar 3.5 .



Gambar 3 8 : Bentuk objek yang tersirat dengan finite element mes

## BAB IV

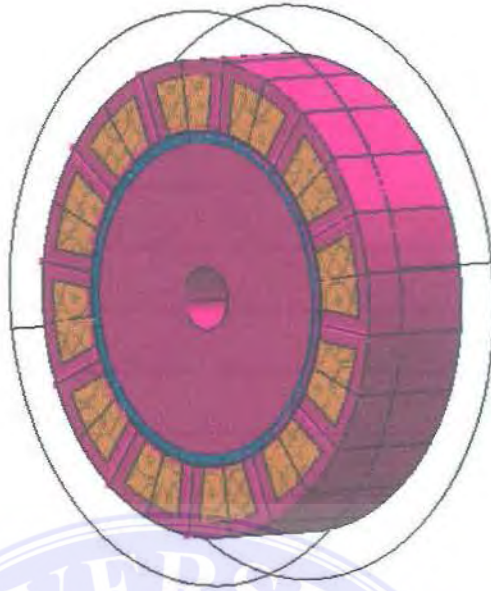
### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Desain PMSG 12S8P

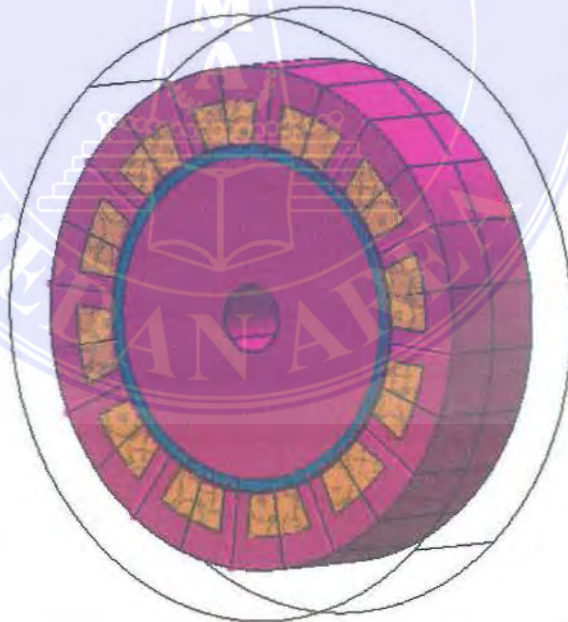
Perancangan PMSG 12S8P dilakukan pada software berbasis *Finite Element Method* (FEM). Di sini saya membuat Dua pemodelan PMSG, yaitu PMSG 1 (ketebalan plat Besi pada stator adalah 5mm) dan PMSG 2 (Ketebalan Plat besi pada Stator adalah 10mm. Spesifikasi PMSG 12S8P yang dirancang secara umum dijabarkan pada tabel 4.1 selanjutnya desain model simulasi ditampilkan pada Gambar 4.2 dan gambar 4.3.

	PMSG 1(yoke 5mm)	PMSG 2(yoke 10mm)
Slot/Poles	12S8P	12S8P
Dimensi Stator (mm)	22	27
Dimensi Rotor (mm)	49	44
Dimensi Airgap(mm)	1	1
Dimensi Magnet (mm)	3	3
Ketebalan stator, rotor, airgap, magnet (mm)	40	40
Material Stator dan Rotor	35PN440	
Material Magnet	PM12 : Br 1.2 mur 1.0	PM12 : Br 1.2 mur 1.0
Material Kumparan	Copper: 5.77e7 Siemens/meter	Copper: 5.77e7 Siemens/meter
Jumlah Lilitan	10	10
Winding/Koneksi Lilitan	Clock-Wise	Clock-Wise
RPM	1000	1000

Tabel 4.1 :Spesifikasi desain model PMSG 12S8P



**Gambar 4 1 : Gambar Desain model Simulasi PMSG 1(5mm)**

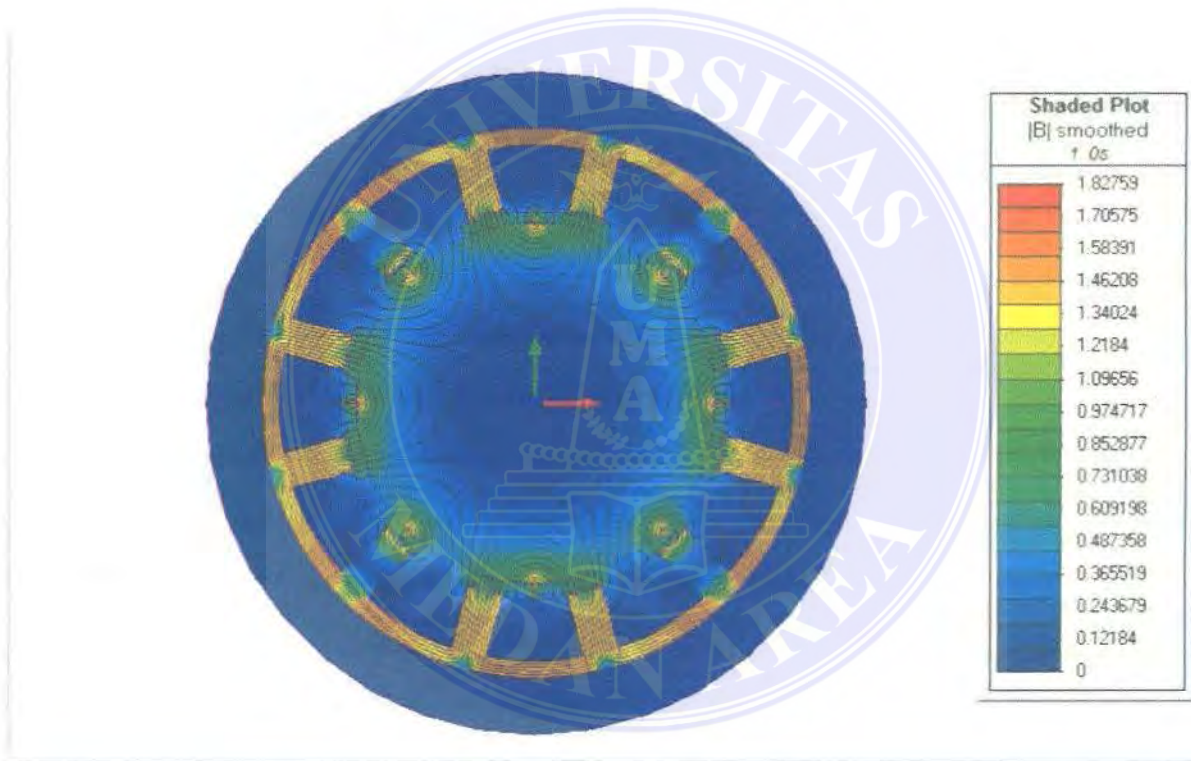


**Gambar 4 2: Gambar desain model simulasi PMSG 2(10mm)**

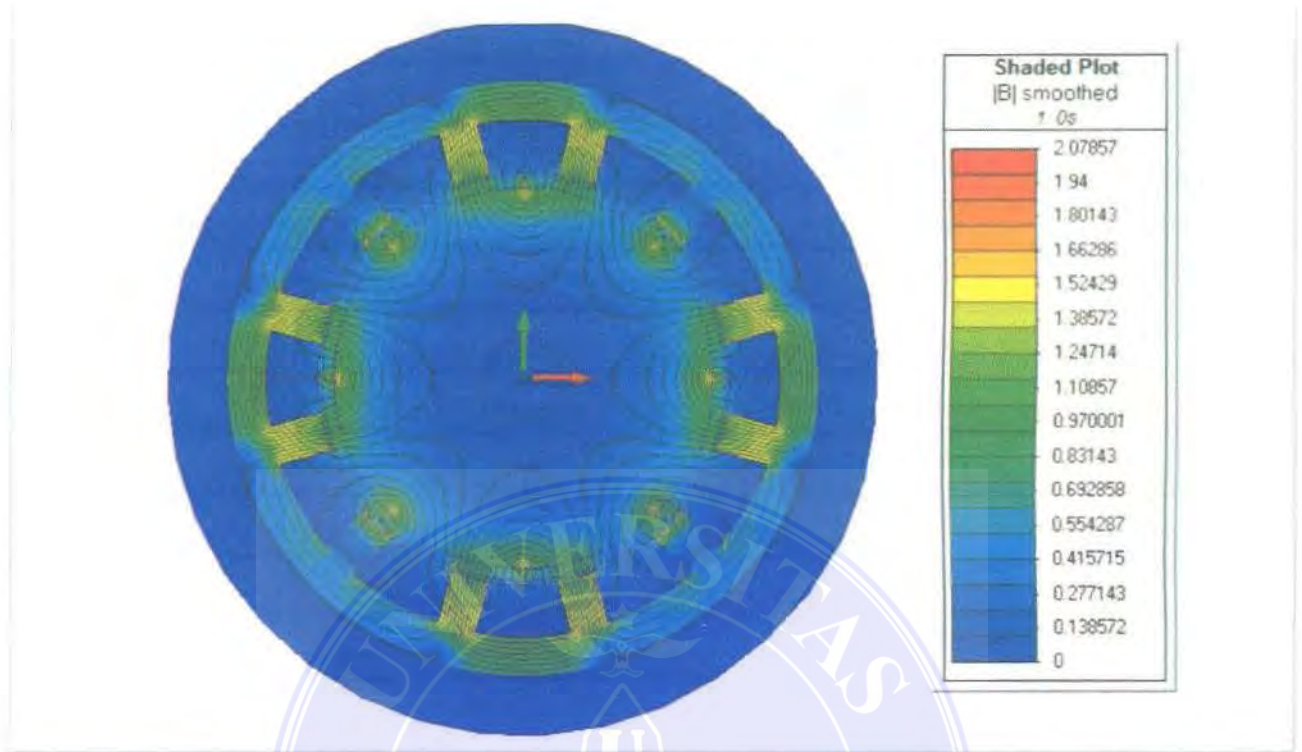


## 4.2 Analisa Fluks Magnet

Fluks magnet pada suatu Generator PMSG terbagi menjadi dua bagian yaitu Fluks magnet Linkage dan fluks magnet Leakage. Fluks linkage adalah fluks magnet yang melewati suatu koil atau kumparan. Sedangkan fluks magnet leakage adalah suatu fluks magnet yang tidak melewati kumparan atau koil. Ada pun penyebaran fluks linkage dapat di lihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.



Gambar 4 3 : Fluks linkage dan fluks leakage pada desain PMSG 1 (5mm)



Gambar 4 4 : Fluks linkage dan fluks leakage pada desain PMSG 2 (10mm)

Dari hasil simulasi yang dapat kita lihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5, ada perbedaan kerapatan fluks magnet di stator PMSG12S8P. Hal ini di karenakan lebar yoke stator di gambar 4.4 lebih kecil daripada gambar 4.5, sehingga fluks magnet di stator PMSG 12S8P di gambar 4.4 lebih rapat daripada fluks magnet pada PMSG 12S8P di gambar 4.5. Semakin rapat fluks magnet di suatu yoke stator maka semakin Besar juga Tegangan Keluaran yang dihasilkan oleh generator tersebut Sesuai dengan bunyi hukum Faraday. Namun jika kerapatan fluks magnet menjadi Saturasi(melebihi dari kapasitas materialnya).

### 4.3 Nilai Tegangan BACK EMF Dan Nilai Ke

Time(s)	Fluks Linkage		
	U	V	W
0	0.005572	2.32E-05	-0.00555
0.0005	0.004884	0.001585	-0.00606
0.001	0.004054	0.002942	-0.00637
0.0015	0.002994	0.004012	-0.00638
0.002	0.001558	0.004902	-0.00607
0.0025	1.77E-05	0.005602	-0.00557
0.003	-0.00153	0.006108	-0.00488
0.0035	-0.00297	0.00641	-0.00398
0.004	-0.00401	0.006391	-0.00292
0.0045	-0.00484	0.00609	-0.00157
0.005	-0.00554	0.005571	5.80E-06
0.0055	-0.00606	0.004926	0.001541
0.006	-0.00636	0.004082	0.002919
0.0065	-0.00637	0.002977	0.004028
0.007	-0.00606	0.001533	0.004923
0.0075	-0.00554	4.80E-06	0.005596
0.008	-0.00488	-0.00152	0.006108
0.0085	-0.004	-0.00298	0.006442
0.009	-0.00291	-0.00403	0.006407
0.0095	-0.00156	-0.00484	0.006079
0.01	-6.40E-06	-0.00554	0.005579
0.0105	0.001543	-0.00605	0.004894
0.011	0.002895	-0.00636	0.004073
0.0115	0.003994	-0.0064	0.003008
0.012	0.00487	-0.00607	0.001567
0.0125	0.005531	-0.00555	2.56E-05
0.013	0.006047	-0.00488	-0.00148
0.0135	0.006361	-0.004	-0.00294
0.014	0.006351	-0.00291	-0.00404
0.0145	0.00605	-0.00154	-0.00489
0.015	0.005527	7.51E-07	-0.00555
0.0155	0.004836	0.00156	-0.00606
0.016	0.00401	0.002909	-0.00637
0.0165	0.00297	0.003975	-0.00638
0.017	0.001532	0.00486	-0.00607
0.0175	-3.85E-06	0.005555	-0.00557
0.018	-0.00154	0.006061	-0.00489
0.0185	-0.00298	0.006365	-0.00398
0.019	-0.00402	0.00635	-0.00293
0.0195	-0.00485	0.006046	-0.00158
0.02	-0.00554	0.005525	-1.87E-05
0.0205	-0.00606	0.004877	0.001514
0.021	-0.00636	0.00404	0.002885
0.0215	-0.00637	0.002952	0.003991
0.022	-0.00606	0.001508	0.004881
0.0225	-0.00554	-1.51E-05	0.005549
0.023	-0.00488	-0.00153	0.006061
0.0235	-0.004	-0.00299	0.006395
0.024	-0.00291	-0.00404	0.006363
0.0245	-0.00156	-0.00485	0.006036
0.025	-6.41E-06	-0.00554	0.005534
0.0255	0.001543	-0.00605	0.004846
0.026	0.002895	-0.00636	0.00403
0.0265	0.003994	-0.0064	0.002985
0.027	0.00487	-0.00607	0.001541
0.0275	0.005531	-0.00555	4.97E-06
0.028	0.006047	-0.00488	-0.0015
0.0285	0.006361	-0.004	-0.00295
0.029	0.006351	-0.00291	-0.00405
0.0295	0.00605	-0.00154	-0.0049
0.03	0.005527	6.93E-07	-0.00556

Tabel 4.2 : Perubahan fluks linakge pada Stator yoke 10mm

Time(s)	Fluks Linkage (WB)		
	U	V	W
0	0.005727	-2.55E-06	-0.00574
0.0005	0.00496	0.001488	-0.00619
0.001	0.003969	0.002866	-0.00639
0.0015	0.002855	0.00398	-0.00639
0.002	0.001464	0.00498	-0.00618
0.0025	-3.19E-05	0.005743	-0.00573
0.003	-0.00152	0.00619	-0.00496
0.0035	-0.0029	0.006388	-0.00397
0.004	-0.00399	0.006385	-0.00286
0.0045	-0.00498	0.006185	-0.00149
0.005	-0.00575	0.005732	5.10E-06
0.0055	-0.0062	0.004961	0.0015
0.006	-0.00639	0.003969	0.002872
0.0065	-0.00639	0.002878	0.003972
0.007	-0.00618	0.001495	0.004972
0.0075	-0.00572	4.81E-06	0.005742
0.008	-0.00496	-0.00149	0.006188
0.0085	-0.00396	-0.00287	0.006386
0.009	-0.00285	-0.00398	0.006379
0.0095	-0.00146	-0.00497	0.006177
0.01	3.17E-05	-0.00573	0.005726
0.0105	0.001521	-0.00618	0.004957
0.011	0.002889	-0.00638	0.003967
0.0115	0.003984	-0.00638	0.002875
0.012	0.004982	-0.00618	0.00149
0.0125	0.005752	-0.00572	-3.17E-06
0.013	0.006198	-0.00496	-0.0015
0.0135	0.006397	-0.00396	-0.00288
0.014	0.006389	-0.00287	-0.00397
0.0145	0.00618	-0.0015	-0.00496
0.015	0.005724	-3.90E-06	-0.00573
0.0155	0.004958	0.001485	-0.00618
0.016	0.003969	0.002861	-0.00638
0.0165	0.002857	0.00397	-0.00638
0.017	0.001466	0.004966	-0.00617
0.0175	-3.14E-05	0.005726	-0.00572
0.018	-0.00152	0.006179	-0.00495
0.0185	-0.0029	0.006382	-0.00396
0.019	-0.00399	0.006379	-0.00286
0.0195	-0.00498	0.006178	-0.00149
0.02	-0.00575	0.005728	3.72E-06
0.0205	-0.0062	0.004959	0.001496
0.021	-0.00639	0.003969	0.002867
0.0215	-0.00639	0.00288	0.003962
0.022	-0.00618	0.001497	0.004959
0.0225	-0.00572	5.30E-06	0.005725
0.023	-0.00496	-0.00149	0.006177
0.0235	-0.00396	-0.00287	0.006379
0.024	-0.00285	-0.00398	0.006373
0.0245	-0.00146	-0.00497	0.00617
0.025	3.16E-05	-0.00573	0.005722
0.0255	0.001521	-0.00618	0.004955
0.026	0.002889	-0.00638	0.003967
0.0265	0.003985	-0.00638	0.002877
0.027	0.004982	-0.00618	0.001492
0.0275	0.005753	-0.00572	-2.60E-06
0.028	0.006198	-0.00496	-0.0015
0.0285	0.006397	-0.00396	-0.00288
0.029	0.006389	-0.00287	-0.00397
0.0295	0.00618	-0.0015	-0.00496
0.03	0.005724	-4.05E-06	-0.00573

Tabel 4.3 : Perubahan fluks linakge pada Stator yoke 5 mm

Pada tabel 4.2 dan tabel 4.3 dapat dilihat perubahan fluks linkage dengan putaran rotor per 3° dalm waktu 0.0005 sekon sebanyak 61 kali, sehingga perubahan fluks berubah setiap 0.0005 sekon. Berdasarkan rumus hukum faraday :

$\varepsilon = -N (\Delta\phi/\Delta t)$  maka di dapatkan tegangan pada lilitan yang dapat di lihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3. Sehingga di dapatkan tegangan rata rata nya adalah :

<b>BACK EMF</b>	<b>BACK EMF</b>
18.04366219	17.47767

Tabbe 4.4 : Nilai Back EMF pada yoke stator 5mm dan 10mm

Nilai Ke Adalah :

Nilai w

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi \cdot f \\ &= 2 (3,14) \left(\frac{1}{0,06}\right) \\ &= 104.6667 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$Ke = \frac{BACK EMF}{\omega}$$

<b>Ke</b>	<b>Ke</b>
0.172392	0.166984

Tabel 4.5 : Nilai Ke pada stator yoke 5mm dan 10m

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan Perancangan dan simulasi pada software magnet dapat disimpulkan:

1. Kerapatan fluks magnet sangat berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan generator PMSG. Semakin rapat fluks magnetnya maka semakin besar tegangan yang di hasilkan.
2. Berdasarkan hasil simulasi fluks magnet lebih rapat pada stator yoke 5mm daripada stator yoke 10m. Kuat medan magnet pada yoke 5mm adalah 1.58391 T dan kuat medan magnet pada yoke 10mm adalah 1.38572 T.

#### 5.2 Saran

Dengan berakhirnya kegiatan kerja praktik, terdapat beberapa saran agar kegiatan kerja praktik dapat terlaksana dengan lancar serta lebih baik lagi kedepannya, Adapun saran yang diberikan adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai maksimal back-emf pada model desain PMSG 12S8P
2. Kepada pihak P.T. Lentera Bumi Nusantara untuk melakukan perbaikan di beberapa modul pelatihan agar mahasiswa dapat memahami isi modul dengan jelas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Permen ESDM Nomor 4 Tahun 2020.
- [2] Tim Lentera Angin Nusantara. 2014. Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- [3] J. R. Hendershot Jr and T. J. E. Miller, Design of Brushless Permanent-Magnet Motors, Oxford: MAGNA PHYSICS PUBLISHING AND CLARENDON PRESS, 1994.
- [4] Danielle Collins. 2018. "Hysteresis Loss and Eddy Current Loss: Whats the difference?", <https://www.motioncontroltips.com/hysteresis-loss/>.
- [5] Azzahra Rahmah. 2020." Hukum Faraday", <https://rumus.co.id/hukum-faraday>
- [6] POSCO Maharashtra Steel Pvt. 2020."Cold Rolled Non Grain Oriented Steel". <http://www.poscomaharashtra.com/in/product/product3.jsp>
- [7] D. Jiles, Introduction to Magnetism and Magnetic Materials, London: Chapman and Hall, 1991.
- [8] Azka,M.,2013. Analisa Perancangan dan Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen Dengan Rotor Berlubang.
- [9] Liliana. 2020. "Effect of Thickness and Type of Magnet against EMF Back PMSG 12S8P with FEM.
- [10] Rifqi Luthfi Naufal. 2020. "Analisis Performa Brushless DC (BLDC) Motor 24 Slot 8 Pole Dalam Aplikasi Sebagai Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Mikro Menggunakan Finite Element Method (FEM)".