

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

ANALISA PENGARUH MATERIAL ROTOR DAN STATOR TERHADAP NILAI BACK-EMF
DAN KE PADA PMSG12S8P MENGGUNAKAN SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD
(FEM)

Disusun Oleh :

Nama : DANIEL LUMBANTORUAN
Npm : 17 812 0053
Program Studi : Teknik Elektro

Dosen Pembimbing



(Moranain Mungkin, ST, M.Si)

NILAI

A

Pembimbing Lapangan



(Muhammad Afroshady Sait S.T)



LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN

KERJA PRAKTEK

DI SLO PT. JKI MEDAN



Diajukan oleh:

Hendrik Sianturi

148120024

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2020

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN
KERJA PRAKTEK
DI SLO PT. JKI MEDAN**

DISUSUN OLEH:

NAMA : HENDRIK SIANTURI
NPM : 148120024
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
UNIVERSITAS : UNIVERSITAS MEDAN AREA
JUDUL KP : PELAKSANAAN PEMERIKSAAN DAN
PENGUJIAN INSTALASI PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK TEGANGAN
RENDAH
PERIODE KERJA PRAKTEK : 21 JANUARI - 21 FEBRUARI

DOSEN PEMBIMBING

KERJA PRAKTEK



SYARIFAH MUTHIA P, S.T, M.T

NILAI
A

KETUA PRODI

TEKNIK ELEKTRO



SYARIFAH MUTHIA P,

S.T, M.T

ABSTRAK

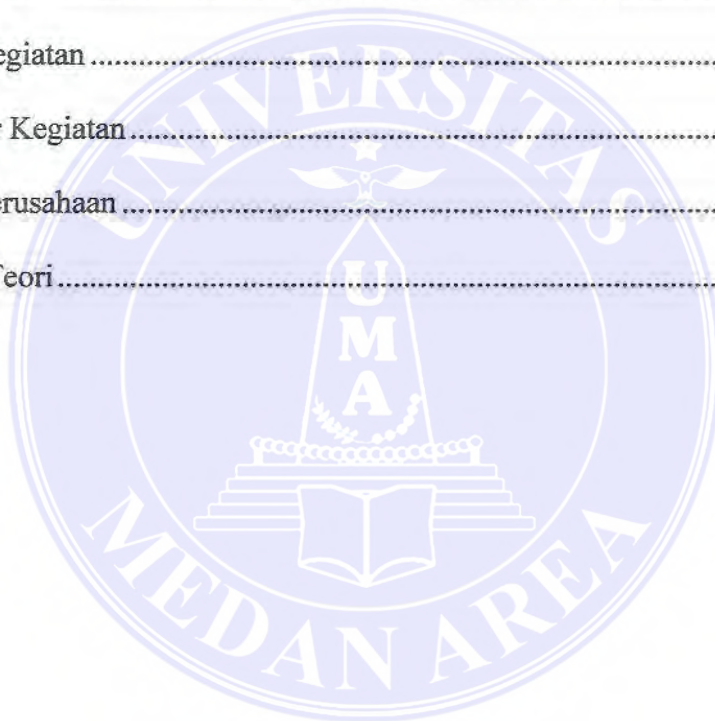
Abstrak— Generator adalah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator sinkron magnet permanen / permanent magnet synchronous generator (PMSG) salah satu komponen pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) . Salah satu hal yang perlu di perhatikan dalam disain generator permanent magnet synchronous generator (PMSG) adalah pemilihan material stator dan rotor. Material stator dan rotor yang benar akan menghasilkan nilai Back-EMF dan K_e yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi material stator dan rotor terhadap nilai Back-EMF dan K_e pada kecepatan 1.000 rpm di desain generator 12 slot 8 pole. Terdapat tiga material yang akan dianalisa nilai Back-EMF dan K_e yaitu Carpenter: Silicon Steel, M1000 -100A, dan TR52:USS Transformer. Hasilnya menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda terhadap nilai Back-EMF dan K_e pada tiga material tersebut. Dimana material Carpenter: Silicon Steel menghasilkan nilai Back-EMF = 45,292 V dan $K_e = 0,432727$ Vs/rad, material M1000-100A menghasilkan nilai Back-EMF =45.066 V dan $K_e = 0,430568$ Vs/rad, dan untuk material TR52:USS Transformer menghasilkan nilai Back-EMF=44,917 V dan $K_e=0,429146$. Dengan hasil yang di dapat material Carpenter: Silicon Steel merupakan material yang memiliki nilai tertinggi pada Back-EMF dan K_e dengan nilai Back EMF = 45,292 V dan $K_e = 0.432727$ Vs/rad.

Kata Kunci : *permanent magnet synchronous generator* (PMSG), material stator dan rotor, kurva B-H, permeabilitas, saturasi, Back EMF dan K_e

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang Dan Obyektif	10
1.2 Ruang Lingkup.....	11
1.3 Metodologi	11
BAB II STUDI KASUS.....	13
2.1 Simulasi desain PMSG 12S8P	13
BAB III PENGUMPULAN DATA.....	18
3.1 Material Transformer:52-59.....	18
3.2 Material <i>carpenter silicon steel</i>	20
3.3 Material M1000-100A.....	22
BAB IV ANALISIS DAN HASIL	26
4.1.1 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material Carpenter: Silicon steel	28
4.1.2 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material M1000- 100A.....	29

4.1.3 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material TR52: USS Transformer 52 – 29	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	34
1. Foto Kegiatan	34
2. Lembar Kegiatan.....	35
3. Data Perusahaan	42
4. Dasar Teori.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva B-H.....	13
Gambar 2. 2 Desain PMSG 12S8P Dengan Material Carpenter: Silicon Steel	14
Gambar 2. 3 Desain PMSG 12S8P Dengan Material M1000-100A.....	14
Gambar 2. 4 Desain PMSG 12S8P Dengan Material TR52:Transformer 52-29...14	
Gambar 2. 11 Teeth Pada Generator	15
Gambar 2. 12 Rapat Fluks Pada PMSG 12S8P Material Carpenter: Silicon Steel	15
Gambar 2. 13 Rapat Fluks Pada PMSG 12S8P Material M1000-100A	16
Gambar 2. 14 rapat fluks pada PMSG 12S8P Material TR52: USS Transformer 52 – 29.....	16
Gambar 4. 5 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8P Material Carpenter: Silicon Steel.....	28
Gambar 4. 6 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan V_{dc} Pada Material Carpenter: Silicon Steel.....	28
Gambar 4. 7 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8P Material M1000-100A.....	29
Gambar 4. 8 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan V_{dc} Pada Material M1000-100A.....	29
Gambar 4. 9 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8	30
Gambar 4. 10 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan V_{dc} Pada Material TR52: USS Transformer 52 – 29	30
Lampiran	
Gambar 1 Struktur perusahaan PT LENTERA BUMI NUSANTARA.....	44
Gambar 2 Lokasi PT Lentera Bumi Nusantara	49
Gambar 3 Diagram Blok PLTB	53
Gambar 4 Permanent Magnet Synchronous Generator.....	54
Gambar 5 Karakteristik dari bahan permanen magnet pada suhu 20°C	56
Gambar 6 Fluks	57
Gambar 7 Faraday's Law	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi PMSG 12S8P.....	13
Tabel 2. 2 Nilai Rapat Fluks Dan Back-EMF	16
Tabel 3. 1 Tegangan dengan material Transformer:52-59.....	18
Tabel 3. 2 Tegangan dengan carpenter silicon steel	20
Tabel 3. 3 Tegangan M1000-100A	23



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Dan Obyektif

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, laju pertumbuhan penduduk, dan pesatnya perkembangan sektor industri. Sementara sampai saat ini di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagian besar masih memanfaatkan energi fosil. Energi fosil sendiri masuk kedalam kategori pencemaran lingkungan dan mengandung unsur gas rumah kaca (GRK) yang berdampak signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim[1]. Pemanasan global menjadi perhatian utama negara dan masyarakat dunia saat ini. Selain menghemat energi, banyak upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi pemanfaatan energi fosil. Salah satunya dengan memaksimalkan pemanfaatan energi baru terbarukan. Terlebih lagi di Indonesia memiliki banyak sekali jenis/bauran energi terbarukan dan tersebar hampir diseluruh wilayah kedaulatan Republik Indonesia.

Energi baru terbarukan merupakan salah satu energi yang bersifat berkelanjutan seperti contohnya adalah energi panas bumi, radiasi matahari, energi gelombang, dan energi angin. Permen ESDM no4 tahun 2020 dibuat untuk menunjang kemajuan EBT di Indonesia. Salah satu poinnya adalah penjelasan tambahan mengenai proses pembelian listrik melalui mekanisme penunjukan langsung oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PLN). Poin ini berada dipasal 4 yang kemudian ditambahkan beberapa ayat. Misalnya, pembelian tenaga listrik EBT oleh PLN dapat dilakukan lewat penunjukan langsung apabila sistem tenaga listrik setempat dalam kondisi krisis atau darurat atau hanya terdapat satu calon penyedia. Salah satu penunjang kemajuan energi baru terbarukan adalah generator. Generator merupakan salah satu jenis motor listrik yang dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan bantuan medan magnet. Terdapat beberapa bagian penting pada generator diantaranya adalah stator dan rotor. Pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG), kedua bagian ini terbuat dari susunan inti besi yang berbentuk laminasi, hal ini bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi Eddy current.

Sebuah inti besi pada generator sangatlah penting. Hal ini dikarenakan inti besi mengkonversi energi listrik menjadi energi magnet pada proses electromechanical dan power conversion [2] [3]. Pemilihan inti besi menjadi suatu hal penting untuk mendapat PMSG yang diinginkan. Setiap material inti besi memiliki nilai kerapatan fluks(B) dan intensitas medan magnet(H) yang berbeda-beda, sehingga akan mempengaruhi nilai permeabilitas dan saturasi atau titik jenuh dari setiap bahan. Dikarenakan pada PMSG inti besi sangat berperan dalam mengalirkan fluks dan akan menentukan nilai dari back-EMF, oleh karena itu untuk mendapatkan PMSG yang sesuai dengan spesifikasi. Perlu dipertimbangkan nilai output dari suatu PMSG, dimensi dari PMSG, dan nilai produksi dari PMSG. Maka dari itu tema kerja praktik yang diajukan sebagai materi kerja praktik di Lentera Bumi Nusantara yaitu “Analisa Pengaruh *Material Rotor Dan Stator Terhadap Nilai Back-Emf Dan Ke Pada Pmsg12s8p Menggunakan Software Finite Element Method (Fem)*”.

1.2 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam kerja praktek ini antara lain sebagai berikut

1. Memahami generator PMSG dari segi material dan nilai nilai yang berhubungan dengan generator supaya tingkat efisiensi dari generator tersebut tinggi.
2. Memahami bagaimana simulasi atau perancangan terhadap generator permanent magnet synchronous generator 12 slot 8 pole yang dilakukan di PT LENTERA BUMI NUSANTARA.
3. Objek yang dikaji adalah nilai back emf dan ke sebagai pengaruh flux untuk generator tersebut.
4. variabel yang diteliti adalah pengaruh material terhadap nilai back emf dan KE pada PMSG.

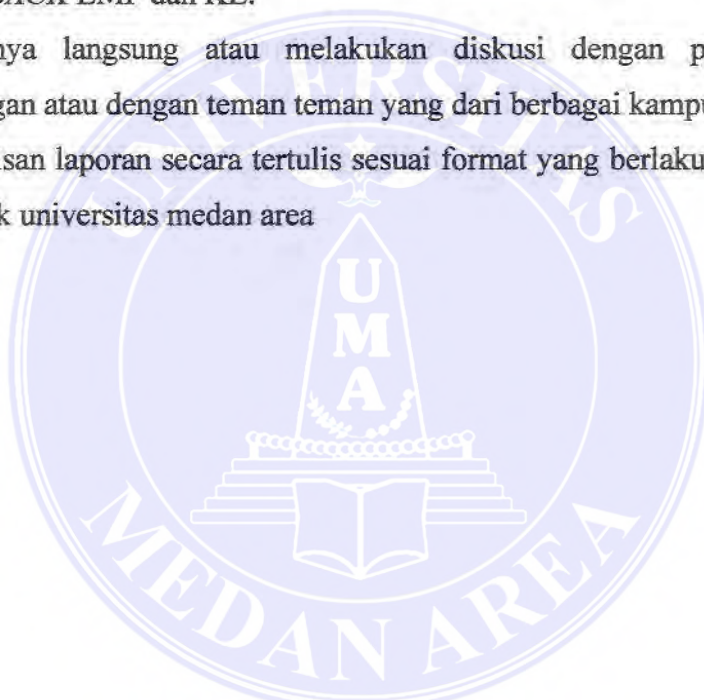
1.3 Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam penulisan laporan kerja praktek ini adalah sebagai berikut

1. Kerja praktek ini dilakukan secara observasi atau pengamatan langsung

yang didampingi oleh pembimbing lapangan di PT LENTERA BUMI NUSANTARA.

2. Pengenalan secara langsung oleh pembimbing lapangan terhadap *wind* turbin skala *micro* yang ada di PT LENTERA BUMI NUSANTARA.
3. Melakukan pengamatan tentang *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) sebagai komponen utama untuk *wind* turbin skala *micro*.
4. Melakukan simulasi PMSG di FEM dan melakukan perhitungan terkait nilai *BACK EMF* dan *KE*.
5. Bertanya langsung atau melakukan diskusi dengan pembimbing lapangan atau dengan teman teman yang dari berbagai kampus.
6. Penulisan laporan secara tertulis sesuai format yang berlaku di fakultas Teknik universitas medan area



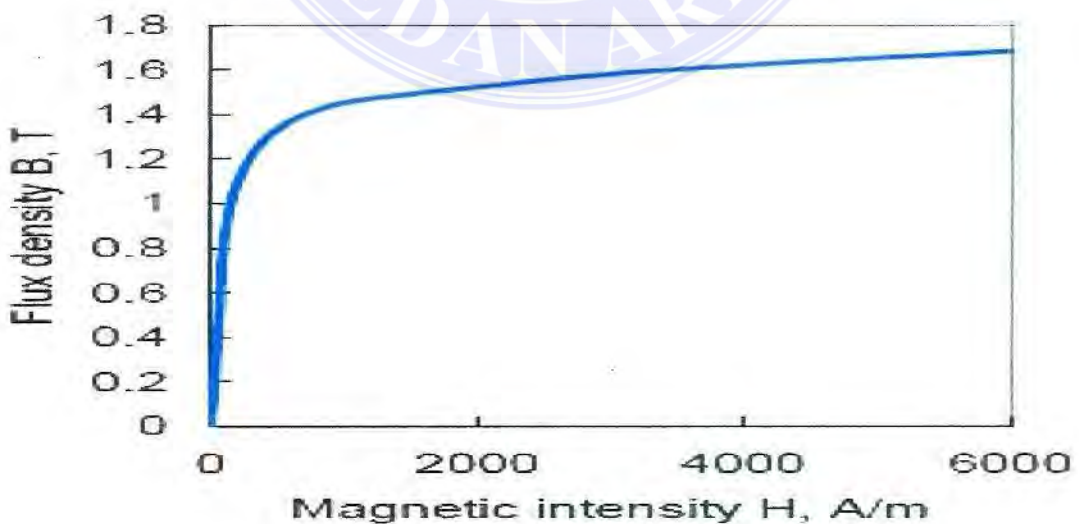
BAB II STUDI KASUS

2.1 Simulasi desain PMSG 12S8P

Simulasi PMSG 12S8P dilakukan pada software berbasis Finite Element Method (FEM), spesifikasi PMSG 12S8P yang dirancang secara umum dijabarkan pada tabel 2.1 dan desain model simulasi ditampilkan pada gambar 2.1,2.2 dan 2.3.

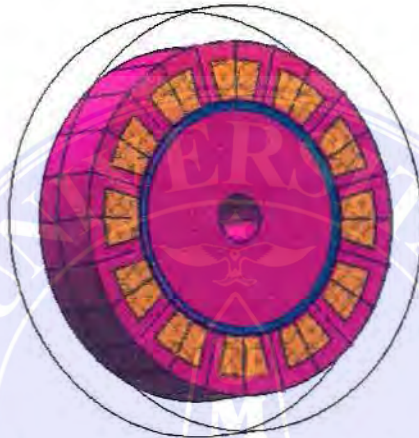
Tabel 2. 1 Spesifikasi PMSG 12S8P

Jumlah Slot	12
Dimensi (mm)	180 x 180 x 40
Jumlah Kutub	8
Material Inti Besi	<i>Carpenter: Silicon Steel M1000-100A TR52: USS Transformer 52-29</i>
Material Magnet	PM12: Br 1.2 mur 1.0
Material Kumputaran	Copper:5.77e7 Siemens/meter
Jumlah Lilitan	100
Koneksi Lilitan	Y Connerction

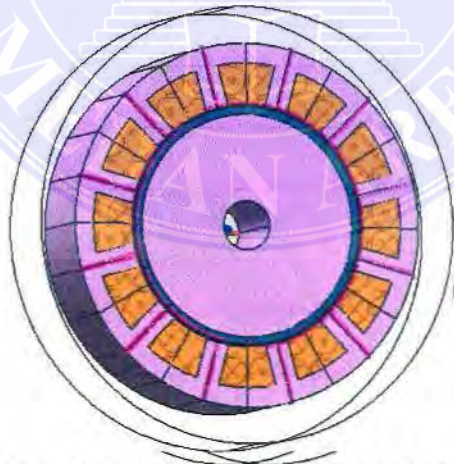


Gambar 2. 1 Kurva B-H

Dibayangkan sebagai rapat sebuah medan magnet yang melewati area sebuah Dua kuantitas vector, B dan H , menjelaskan sebuah medan magnet. . Kurva $B-H$ dapat menjelaskan kemampuan sebuah material dalam mengalirkan flux magnet. Semakin tinggi nilainya sebelum memasuki daerah saturasi material tersebut semakin baik dalam mengalirkan fluks magnet.



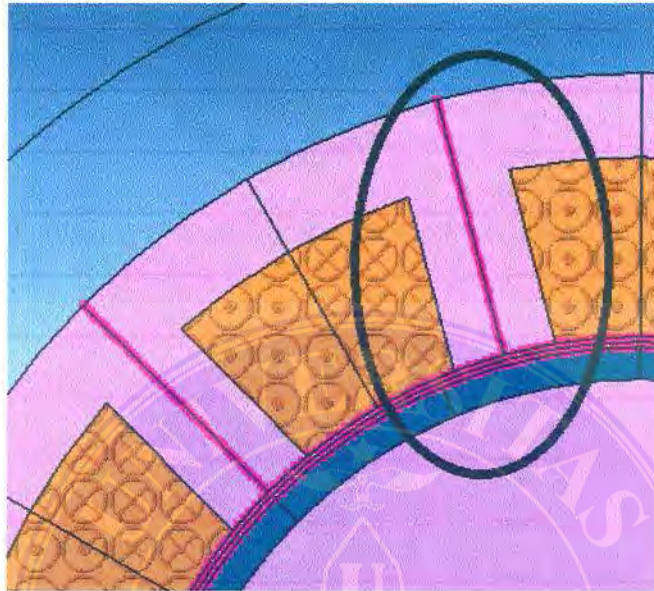
Gambar 2. 2 Desain PMSG 12S8P Dengan Material Carpenter: Silicon Steel



Gambar 2. 4 Desain PMSG 12S8P Dengan Material TR52:Transformer 52-29

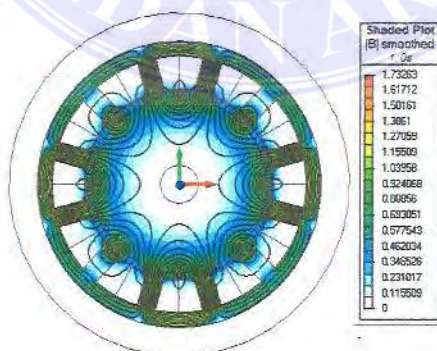
Pada simulasi ini dilakukan modifikasi material inti besi PMSG 12S8P. Material yang digunakan pada simulasi ini adalah Carpenter: Silicon steel, M1000-100A dan TR52:USS Transformer52. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk

mengukur nilai rapat fluks magnet masing- masing material pada bagian teeth generator yang ditunjukkan pada Gambar 6.10 (dengan dilingkari garis berwarna hitam) serta pengaruhnya terhadap nilai back-EMF.

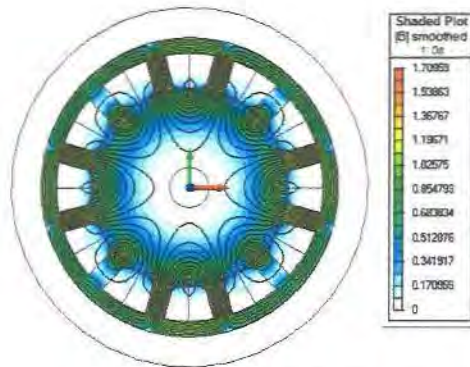


Gambar 2. 5 Teeth Pada Generator

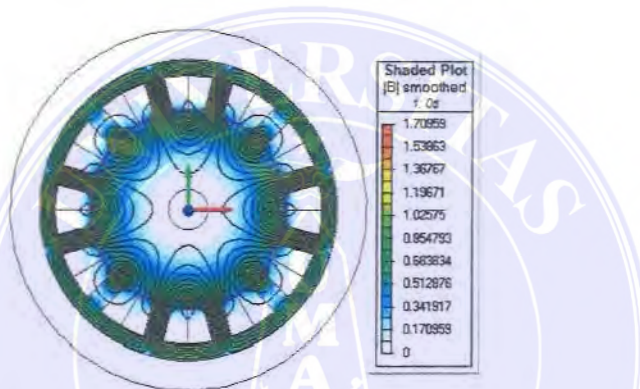
Pengukuran rapat fluks magnet dilakukan pada tanda silang berwarna hitam yang dimuat pada Gambar 6.11 Carpenter: Silicon steel, pada gambar 6.12 M1000-100A, dan pada gambar 6.13 TR52: USS Transformer 52. Dengan lebar teeth 10mm didapatkan nilai rapat fluks magnet serta dilakukan pengamatan terhadap nilai back-EMF di masing- masing material inti besi yang dicantumkan pada Tabel 4.5.



Gambar 2. 6 Rapat Fluks Pada PMSG 12S8P Material Carpenter: Silicon Steel



Gambar 2. 7 Rapat Fluks Pada PMSG 12S8P Material M1000-100A



Gambar 2. 8 rapat fluks pada PMSG 12S8P Material TR52: USS Transformer

52 – 29

Tabel 2. 2 Nilai Rapat Fluks Dan Back-EMF

Nama Material	Rapat Magnet(T)	fluks back-EMF
<i>Carpenter:Silicon Steel</i>	1.41140	45.292
M1000-100A	1.17448	45.066
TR52: USS Transformer 52-29	1.17830	44.917

Berdasarkan data pada tabel 6.3, dari ketiga bahan yang di simulasikan, Carpenter: Silicon steel memiliki nilai rapat fluks magnet yang lebih besar sekitar 1.41140T dengan nilai back-EMF sebesar 45.292V, material M1000-100A yang memiliki nilai rapat fluks magnet sebesar 1.17448T dan nilai back-EMF sebesar 45.066 V,

dan dari material TR52:USS Transformer 52 memiliki nilai rapat fluks magnet yang lebih kecil dari keduanya sekitar 1.17830T dengan nilai back-EMF sebesar 44.917V.

Dari gambar 6.11, 6.12, dan gambar 6.13 dapat dilihat nilai saturation atau titik jenuh dari setiap bahan. Dimana nilai direpresentasikan pada tabel 6.4.

	Carpenter:Silicon Steel	M1000-100A	TR52:USS Transformer 52
Saturation	1.41140	1.17448	1.17830

Tabel 6.4 menunjukkan bahwa Carpenter:Silicon Steel memiliki nilai saturation yang lebih tinggi, dan menunjukkan bahwa Carpenter:Silicon Steel memiliki luas area dibawah kurva lebih besar. Ketika luas daerah dibawah kurva lebih besar maka semakin baik dalam mengalirkan fluks ketika nilai rapat fluks tinggi. Namun nilai kerapatan fluks dilihat dari tabel 6.4 belum mencapai nilai saturasi jadi untuk penggunaan M1000-100 dan Tr52:USS Transformer 52 masih baik dalam mengalirkan fluk pada kerapatan fluks antara 1,3 sampai 1,4 Tesla.

BAB III

PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data kerja praktek ini berfungsi sebagai bahan untuk pembuatan laporan kerja praktek.

1. Pengamatan di lapangan ketika melaksanakan *survey* lapangan.
2. Masalah yang terjadi di lapangan.
3. Pengumpulan data dari arsip perusahaan.

3.1 Material Transformer:52-59

Berikut merupakan hasil pengolahan data di xl dari data hasil simulasi di FEM dengan material Transformer:52-59

Tabel 3. 1 Tegangan dengan material Transformer:52-59

No.	Time(s)	Tegangan Fasa			Tegangan Antar Fasa			VDC
		U	V	W	U-V	V-W	W-U	
1	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
2	0	13.8	-28.7	9.4	42.6	-38.1	-4.5	42.594
3	0.0005	18.6	-28.4	6.0	47.0	-34.5	-12.6	47.025
4	0.001	22.7	-22.7	0.0	45.4	-22.7	-22.7	45.353
5	0.0015	28.4	-18.6	-6.0	47.0	-12.6	-34.5	47.026
6	0.002	28.7	-13.8	-9.4	42.6	-4.5	-38.1	42.590
7	0.0025	28.7	-9.4	-13.8	38.1	4.5	-42.6	42.590
8	0.003	28.4	-6.0	-18.6	34.5	12.6	-47.0	47.025
9	0.0035	22.7	0.0	-22.7	22.7	22.7	-45.4	45.353
10	0.004	18.6	6.0	-28.4	12.6	34.5	-47.0	47.025
11	0.0045	13.8	9.4	-28.7	4.5	38.1	-42.6	42.594
12	0.005	9.4	13.8	-28.7	-4.5	42.6	-38.1	42.594
13	0.0055	6.0	18.6	-28.4	-12.6	47.0	-34.5	47.025
14	0.006	0.0	22.7	-22.7	-22.7	45.4	-22.7	45.353
15	0.0065	-6.0	28.4	-18.6	-34.5	47.0	-12.6	47.026

16	0.007	-9.4	28.7	-13.8	-38.1	42.6	-4.5	42.590
17	0.0075	-13.8	28.7	-9.4	-42.6	38.1	4.5	42.590
18	0.008	-18.6	28.4	-6.0	-47.0	34.5	12.6	47.025
19	0.0085	-22.7	22.7	0.0	-45.4	22.7	22.7	45.353
20	0.009	-28.4	18.6	6.0	-47.0	12.6	34.5	47.024
21	0.0095	-28.7	13.8	9.4	-42.6	4.5	38.1	42.594
22	0.01	-28.7	9.4	13.8	-38.1	-4.5	42.6	42.594
23	0.0105	-28.4	6.0	18.6	-34.5	-12.6	47.0	47.025
24	0.011	-22.7	0.0	22.7	-22.7	-22.7	45.4	45.353
25	0.0115	-18.6	-6.0	28.4	-12.6	-34.5	47.0	47.026
26	0.012	-13.8	-9.4	28.7	-4.5	-38.1	42.6	42.590
27	0.0125	-9.4	-13.8	28.7	4.5	-42.6	38.1	42.590
28	0.013	-6.0	-18.6	28.4	12.6	-47.0	34.5	47.025
29	0.0135	0.0	-22.7	22.7	22.7	-45.4	22.7	45.353
30	0.014	6.0	-28.4	18.6	34.5	-47.0	12.6	47.025
31	0.0145	9.4	-28.7	13.8	38.1	-42.6	4.5	42.594
32	0.015	13.8	-28.7	9.4	42.6	-38.1	-4.5	42.594
33	0.0155	18.6	-28.4	6.0	47.0	-34.5	-12.6	47.025
34	0.016	22.7	-22.7	0.0	45.4	-22.7	-22.7	45.353
35	0.0165	28.4	-18.6	-6.0	47.0	-12.6	-34.5	47.026
36	0.017	28.7	-13.8	-9.4	42.6	-4.5	-38.1	42.590
37	0.0175	28.7	-9.4	-13.8	38.1	4.5	-42.6	42.590
38	0.018	28.4	-6.0	-18.6	34.5	12.6	-47.0	47.025
39	0.0185	22.7	0.0	-22.7	22.7	22.7	-45.4	45.353
40	0.019	18.6	6.0	-28.4	12.6	34.5	-47.0	47.024
41	0.0195	13.8	9.4	-28.7	4.5	38.1	-42.6	42.594
42	0.02	9.4	13.8	-28.7	-4.5	42.6	-38.1	42.594
43	0.0205	6.0	18.6	-28.4	-12.6	47.0	-34.5	47.025
44	0.021	0.0	22.7	-22.7	-22.7	45.4	-22.7	45.353
45	0.0215	-6.0	28.4	-18.6	-34.5	47.0	-12.6	47.026

46	0.022	-9.4	28.7	-13.8	-38.1	42.6	-4.5	42.590
47	0.0225	-13.8	28.7	-9.4	-42.6	38.1	4.5	42.590
48	0.023	-18.6	28.4	-6.0	-47.0	34.5	12.6	47.025
49	0.0235	-22.7	22.7	0.0	-45.4	22.7	22.7	45.352
50	0.024	-28.4	18.6	6.0	-47.0	12.6	34.5	47.024
51	0.0245	-28.7	13.8	9.4	-42.6	4.5	38.1	42.594
52	0.025	-28.7	9.4	13.8	-38.1	-4.5	42.6	42.593
53	0.0255	-28.4	6.0	18.6	-34.5	-12.6	47.0	47.025
54	0.026	-22.7	0.0	22.7	-22.7	-22.7	45.4	45.354
55	0.0265	-18.6	-6.0	28.4	-12.6	-34.5	47.0	47.027
56	0.027	-13.8	-9.4	28.7	-4.5	-38.1	42.6	42.588
57	0.0275	-9.4	-13.8	28.7	4.5	-42.6	38.1	42.590
58	0.028	-6.0	-18.6	28.4	12.6	-47.0	34.5	47.025
59	0.0285	0.0	-22.7	22.7	22.7	-45.4	22.7	45.352
60	0.029	6.0	-28.4	18.6	34.5	-47.0	12.6	47.024
61	0.0295	9.4	-28.7	13.8	38.1	-42.6	4.5	42.594

3.2 Material carpenter silicon steel

Berikut merupakan hasil pengolahan dari di Excel dari data hasil simulasi di FEM dengan material *carpenter silicon steel*.

Tabel 3. 2 Tegangan dengan carpenter silicon steel

No.	Time(s)	Tegangan Fasa			Tegangan Antar Fasa			VDC
		U	V	W	U-V	V-W	W-U	
1	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.000
2	0.0005	14.00	-29.34	10.04	43.3	-39.4	-4.0	43.333
3	0.001	18.54	-28.65	6.41	47.2	-35.1	-12.1	47.191
4	0.0015	22.71	-22.71	0.00	45.4	-22.7	-22.7	45.415
5	0.002	28.65	-18.54	-6.41	47.2	-12.1	-35.1	47.193
6	0.0025	29.33	-14.00	-10.04	43.3	-4.0	-39.4	43.330

7	0.003	29.34	-10.04	-13.99	39.4	4.0	-43.3	43.330
8	0.0035	28.65	-6.41	-18.54	35.1	12.1	-47.2	47.192
9	0.004	22.71	0.00	-22.71	22.7	22.7	-45.4	45.415
10	0.0045	18.54	6.41	-28.65	12.1	35.1	-47.2	47.191
11	0.005	14.00	10.04	-29.34	4.0	39.4	-43.3	43.333
12	0.0055	10.04	14.00	-29.34	-4.0	43.3	-39.4	43.333
13	0.006	6.41	18.54	-28.65	-12.1	47.2	-35.1	47.191
14	0.0065	0.00	22.71	-22.71	-22.7	45.4	-22.7	45.415
15	0.007	-6.41	28.65	-18.54	-35.1	47.2	-12.1	47.193
16	0.0075	-10.04	29.33	-14.00	-39.4	43.3	-4.0	43.330
17	0.008	-13.99	29.34	-10.04	-43.3	39.4	4.0	43.330
18	0.0085	-18.54	28.65	-6.41	-47.2	35.1	12.1	47.192
19	0.009	-22.71	22.71	0.00	-45.4	22.7	22.7	45.415
20	0.0095	-28.65	18.54	6.41	-47.2	12.1	35.1	47.191
21	0.01	-29.34	14.00	10.04	-43.3	4.0	39.4	43.333
22	0.0105	-29.34	10.04	14.00	-39.4	-4.0	43.3	43.333
23	0.011	-28.65	6.41	18.54	-35.1	-12.1	47.2	47.191
24	0.0115	-22.71	0.00	22.71	-22.7	-22.7	45.4	45.415
25	0.012	-18.54	-6.41	28.65	-12.1	-35.1	47.2	47.193
26	0.0125	-14.00	-10.04	29.33	-4.0	-39.4	43.3	43.330
27	0.013	-10.04	-13.99	29.34	4.0	-43.3	39.4	43.330
28	0.0135	-6.41	-18.54	28.65	12.1	-47.2	35.1	47.192
29	0.014	0.00	-22.71	22.71	22.7	-45.4	22.7	45.415
30	0.0145	6.41	-28.65	18.54	35.1	-47.2	12.1	47.191
31	0.015	10.04	-29.34	14.00	39.4	-43.3	4.0	43.333
32	0.0155	14.00	-29.34	10.04	43.3	-39.4	-4.0	43.333
33	0.016	18.54	-28.65	6.41	47.2	-35.1	-12.1	47.191
34	0.0165	22.71	-22.71	0.00	45.4	-22.7	-22.7	45.415
35	0.017	28.65	-18.54	-6.41	47.2	-12.1	-35.1	47.193
36	0.0175	29.33	-14.00	-10.04	43.3	-4.0	-39.4	43.330

37	0.018	29.34	-10.04	-13.99	39.4	4.0	-43.3	43.330
38	0.0185	28.65	-6.41	-18.54	35.1	12.1	-47.2	47.192
39	0.019	22.71	0.00	-22.71	22.7	22.7	-45.4	45.415
40	0.0195	18.54	6.41	-28.65	12.1	35.1	-47.2	47.191
41	0.02	14.00	10.04	-29.34	4.0	39.4	-43.3	43.333
42	0.0205	10.04	14.00	-29.34	-4.0	43.3	-39.4	43.333
43	0.021	6.41	18.54	-28.65	-12.1	47.2	-35.1	47.191
44	0.0215	0.00	22.71	-22.71	-22.7	45.4	-22.7	45.415
45	0.022	-6.41	28.65	-18.54	-35.1	47.2	-12.1	47.193
46	0.0225	-10.04	29.33	-14.00	-39.4	43.3	-4.0	43.330
47	0.023	-13.99	29.34	-10.04	-43.3	39.4	4.0	43.330
48	0.0235	-18.54	28.65	-6.41	-47.2	35.1	12.1	47.192
49	0.024	-22.71	22.71	0.00	-45.4	22.7	22.7	45.414
50	0.0245	-28.65	18.54	6.41	-47.2	12.1	35.1	47.191
51	0.025	-29.34	14.00	10.04	-43.3	4.0	39.4	43.333
52	0.0255	-29.34	10.04	14.00	-39.4	-4.0	43.3	43.333
53	0.026	-28.65	6.41	18.54	-35.1	-12.1	47.2	47.191
54	0.0265	-22.71	0.00	22.71	-22.7	-22.7	45.4	45.416
55	0.027	-18.54	-6.41	28.65	-12.1	-35.1	47.2	47.194
56	0.0275	-13.99	-10.04	29.33	-4.0	-39.4	43.3	43.328
57	0.028	-10.04	-13.99	29.34	4.0	-43.3	39.4	43.330
58	0.0285	-6.41	-18.54	28.65	12.1	-47.2	35.1	47.192
59	0.029	0.00	-22.71	22.71	22.7	-45.4	22.7	45.414
60	0.0295	6.41	-28.65	18.54	35.1	-47.2	12.1	47.191
61	0.03	10.04	-29.34	14.00	39.4	-43.3	4.0	43.333

3.3 Material M1000-100A

Berikut ini merupakan hasil pengolahan data di xl dari data hasil simulasi di FEM dengan material M1000-100A.

Tabel 3. 3 Tegangan M1000-100A

No.	Time(s)	Tegangan Fasa			Tegangan Antar Fasa			VDC
		U	V	W	U-V	V-W	W-U	
1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0005	13.9	-29.2	10.0	43.1	-39.2	-3.8	43.1
3	0.001	18.3	-28.7	6.7	47.0	-35.3	-11.6	47.0
4	0.0015	22.6	-22.6	0.0	45.2	-22.6	-22.6	45.2
5	0.002	28.7	-18.3	-6.7	47.0	-11.7	-35.3	47.0
6	0.0025	29.2	-13.9	-10.0	43.1	-3.8	-39.2	43.1
7	0.003	29.2	-10.0	-13.9	39.2	3.8	-43.1	43.1
8	0.0035	28.7	-6.7	-18.3	35.3	11.7	-47.0	47.0
9	0.004	22.6	0.0	-22.6	22.6	22.6	-45.2	45.2
10	0.0045	18.3	6.7	-28.7	11.7	35.3	-47.0	47.0
11	0.005	13.9	10.0	-29.2	3.8	39.2	-43.1	43.1
12	0.0055	10.0	13.9	-29.2	-3.8	43.1	-39.2	43.1
13	0.006	6.7	18.3	-28.7	-11.6	47.0	-35.3	47.0
14	0.0065	0.0	22.6	-22.6	-22.6	45.2	-22.6	45.2
15	0.007	-6.7	28.7	-18.3	-35.3	47.0	-11.7	47.0
16	0.0075	-10.0	29.2	-13.9	-39.2	43.1	-3.8	43.1
17	0.008	-13.9	29.2	-10.0	-43.1	39.2	3.8	43.1
18	0.0085	-18.3	28.7	-6.7	-47.0	35.3	11.7	47.0
19	0.009	-22.6	22.6	0.0	-45.2	22.6	22.6	45.2
20	0.0095	-28.7	18.3	6.7	-47.0	11.7	35.3	47.0
21	0.01	-29.2	13.9	10.0	-43.1	3.8	39.2	43.1
22	0.0105	-29.2	10.0	13.9	-39.2	-3.8	43.1	43.1
23	0.011	-28.7	6.7	18.3	-35.3	-11.6	47.0	47.0
24	0.0115	-22.6	0.0	22.6	-22.6	-22.6	45.2	45.2
25	0.012	-18.3	-6.7	28.7	-11.7	-35.3	47.0	47.0
26	0.0125	-13.9	-10.0	29.2	-3.8	-39.2	43.1	43.1
27	0.013	-10.0	-13.9	29.2	3.8	-43.1	39.2	43.1

28	0.0135	-6.7	-18.3	28.7	11.7	-47.0	35.3	47.0
29	0.014	0.0	-22.6	22.6	22.6	-45.2	22.6	45.2
30	0.0145	6.7	-28.7	18.3	35.3	-47.0	11.7	47.0
31	0.015	10.0	-29.2	13.9	39.2	-43.1	3.8	43.1
32	0.0155	13.9	-29.2	10.0	43.1	-39.2	-3.8	43.1
33	0.016	18.3	-28.7	6.7	47.0	-35.3	-11.6	47.0
34	0.0165	22.6	-22.6	0.0	45.2	-22.6	-22.6	45.2
35	0.017	28.7	-18.3	-6.7	47.0	-11.7	-35.3	47.0
36	0.0175	29.2	-13.9	-10.0	43.1	-3.8	-39.2	43.1
37	0.018	29.2	-10.0	-13.9	39.2	3.8	-43.1	43.1
38	0.0185	28.7	-6.7	-18.3	35.3	11.7	-47.0	47.0
39	0.019	22.6	0.0	-22.6	22.6	22.6	-45.2	45.2
40	0.0195	18.3	6.7	-28.7	11.7	35.3	-47.0	47.0
41	0.02	13.9	10.0	-29.2	3.8	39.2	-43.1	43.1
42	0.0205	10.0	13.9	-29.2	-3.8	43.1	-39.2	43.1
43	0.021	6.7	18.3	-28.7	-11.6	47.0	-35.3	47.0
44	0.0215	0.0	22.6	-22.6	-22.6	45.2	-22.6	45.2
45	0.022	-6.7	28.7	-18.3	-35.3	47.0	-11.7	47.0
46	0.0225	-10.0	29.2	-13.9	-39.2	43.1	-3.8	43.1
47	0.023	-13.9	29.2	-10.0	-43.1	39.2	3.8	43.1
48	0.0235	-18.3	28.7	-6.7	-47.0	35.3	11.7	47.0
49	0.024	-22.6	22.6	0.0	-45.2	22.6	22.6	45.2
50	0.0245	-28.7	18.3	6.7	-47.0	11.7	35.3	47.0
51	0.025	-29.2	13.9	10.0	-43.1	3.8	39.2	43.1
52	0.0255	-29.2	10.0	13.9	-39.2	-3.8	43.1	43.1
53	0.026	-28.7	6.7	18.3	-35.3	-11.6	47.0	47.0
54	0.0265	-22.6	0.0	22.6	-22.6	-22.6	45.2	45.2
55	0.027	-18.3	-6.7	28.7	-11.7	-35.3	47.0	47.0
56	0.0275	-13.9	-10.0	29.2	-3.8	-39.2	43.1	43.1
57	0.028	-10.0	-13.9	29.2	3.8	-43.1	39.2	43.1

58	0.0285	-6.7	-18.3	28.7	11.7	-47.0	35.3	47.0
59	0.029	0.0	-22.6	22.6	22.6	-45.2	22.6	45.2



BAB IV

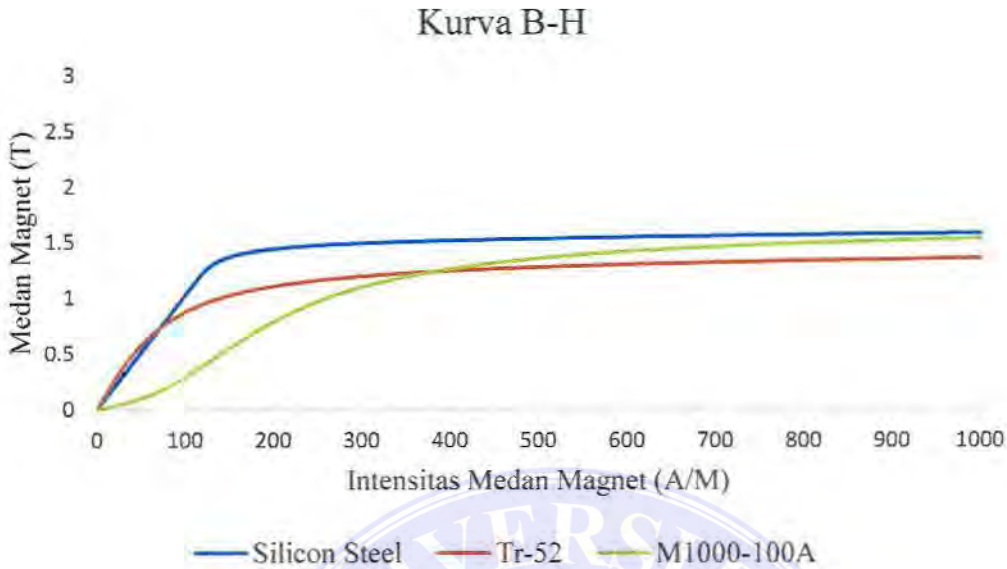
ANALISIS DAN HASIL

Analisis menggunakan FEM adalah metode yang efektif dalam menghitung distribusi dan medan elektromagnetik. menggunakan metode ini dapat menganalisa distribusi fluks magnet yang berasal dari magnet permanen. keuntungan menggunakan FEM yaitu dapat menghitung beberapa parameter seperti torsi cogging, armature effect, dan beberapa nilai lainnya, yang nanti akan dikelola di xl. berikut adalah hasil Analisa data dari output simulasi *permanent magnet synchronous generator* dengan nilai output nilai *Back EMF* dan *Ke* yang.

Setelah melakukan simulasi dan perancangan desain PMSG 12S8P didapatkan nilai back-EMF dan nilai *Ke* yang dapat dilihat dan diringkas pada tabel 6.2 dibawah ini. **Tabel 6. 2 Perbandingan nilai back-EMF dan nilai *Ke* pada material Carpenter: Silicon steel, M1000-100A, dan TR52: USS Transformer**

Tabel 4.1 Material PMSG

Nama Material	back-EMF	Ke
<i>Carpenter: Silicon Steel</i>	45.292	0.432727
M1000-100A	45.066	0.430568
TR52: USS Transformer		
52-29	44.917	0.429146



Gambar 4.1 adalah kurva B-H pada ketiga material.

KURVA B-H

Dua kuantitas vector, B dan H, menjelaskan sebuah medan magnet. . Kurva B-H dapat menjelaskan kemampuan sebuah material dalam mengalirkan flux magnet. Semakin tinggi nilainya sebelum memasuki daerah saturasi material tersebut semakin baik dalam mengalirkan fluks magnet.

Pada Analisa simulasi ini kurva B-H adalah suatu titik dimana material tersebut memiliki nilai saturasi yang dimana nilai saturasi ini adalah titik maksimum material untuk menghantarkan fluks magnet dengan keterangan sebagai berikut.

- A. Pada material carpenter silicon steel untuk menghantarkan flux magnet sebesar 1,41 tesla membutuhkan intensitas medan magnet(H)sebesar 200 A/m(ampere per meter).
- B. Pada material M1000-100A untuk menghantarkan fluks magnet(B) sebesar 1,17 tesla membutuhkan intensitas medan magnet(H) sebesar 1000 A/m(amper per meter)
- C. Sedangkan pada material TR52 meskipun dinaikkan melebihi intensitas medan magnet melebihi 1000A/m fluks magnet tidak sampai pada 1,17 tesla

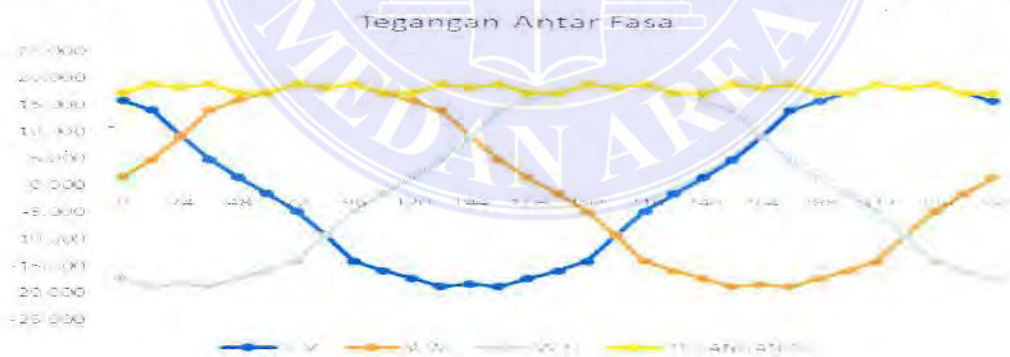
4.1.1 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material Carpenter: Silicon steel

Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole dengan material Carpenter: Silicon steel menghasilkan grafik fluks linkage seperti yang ditampilkan pada gambar 2.5 dibawah ini. Perhitungan dilakukan setelah membuat circuit seperti gambar 6.4.



Gambar 4. 9 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8P Material Carpenter: Silicon Steel

Nilai dari selisih tegangan antar fasa dan Back-EMF yang dilakukan setelah

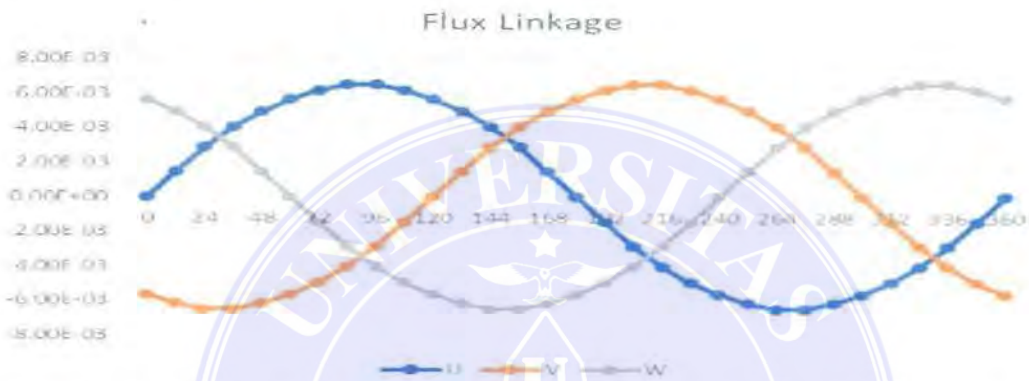


Gambar 4. 10 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan Vdc Pada Material Carpenter: Silicon Steel

melakukan winding dapat dilihat pada tabel 1 lampiran Hasil Vdc tabel 1 didapat dari persamaan (4.10). Grafik selisih tegangan antar fasa dan Vdc dapat di lihat gambar 6

4.1.2 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material M1000-100A

Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole dengan material M1000-100A menghasilkan grafik fluks linkage seperti yang ditampilkan pada gambar 6.12 dibawah ini. Perhitungan dilakukan setelah membuat circuit seperti gambar 6.6.



Gambar 4. 11 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8P Material M1000-100A.

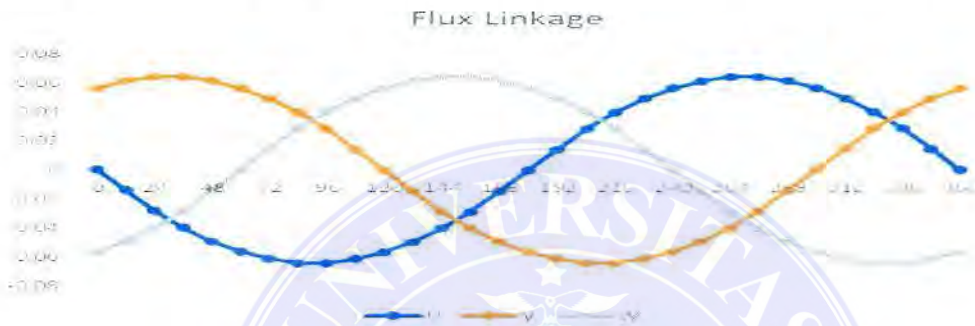
Nilai dari selisih tegangan antar fasa dan Back-EMF yang dilakukan setelah melakukan winding dapat dilihat pada tabel 2 lampiran Hasil Vdc tabel 2 didapat dari persamaan (4.10). Grafik selisih tegangan antar fasa dan Vdc dapat dilihat gambar 6.7



Gambar 4. 12 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan Vdc Pada Material M1000-100A

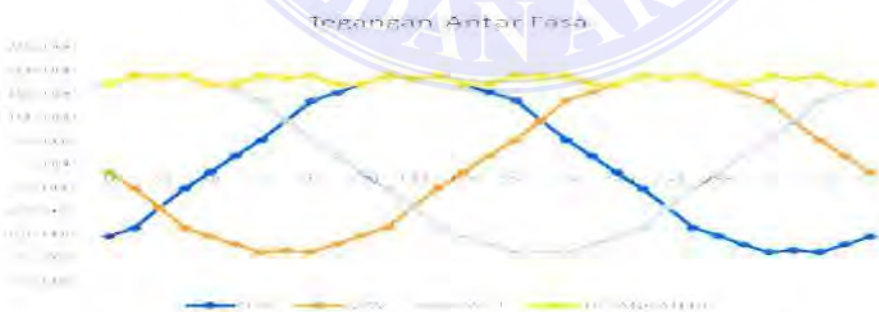
4.1.3 Nilai Back-EMF dan Ke pada PMSG 12S8P dengan material TR52: USS Transformer 52 – 29

Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole dengan material TR52: USS Transformer 52 – 29 menghasilkan grafik fluks linkage seperti yang ditampilkan pada gambar 6.13. dibawah ini. Perhitungan dilakukan setelah membuat circuit seperti gambar 6.8



Gambar 4. 13 Grafik Fluks Linkage Dari PMSG 12S8

Nilai dari selisih tegangan antar fasa dan Back-EMF yang dilakukan setelah melakukan winding dapat dilihat pada tabel 2 lampiran Hasil Vdc tabel 2 didapat dari persamaan (4.10). Grafik selisih tegangan antar fasa dan Vdc dapat dilihat gambar 6.9



Gambar 4. 14 Grafik Selisih Tegangan Antar Fasa Dan Vdc Pada Material TR52: USS Transformer 52 – 29

Pada simulasi ini dilakukan modifikasi material inti besi PMSG 12S8P. Material yang digunakan pada simulasi ini adalah Carpenter: Silicon steel, M1000-

100A dan TR52:USS Transformer52. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengukur nilai rapat fluks magnet masing- masing material pada bagian teeth generator yang ditunjukkan pada Gambar 6.10 (dengan dilingkari garis berwarna hitam) serta pengaruhnya terhadap nilai back-EMF.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan kegiatan kerja praktik di LBN, dapat disimpulkan mengenai material inti besi pada PMSG sebagai berikut:

1. *Back-EMF* dipengaruhi oleh nilai rapat fluks magnet dan permeabilitas bahan.
2. Dalam studi lebih lanjut, lebar teeth pada PMSG perlu mempertimbangkan nilai rapat fluks magnet agar nilai permeabilitas bahan tetap tinggi.
3. Dalam proses manufaktur perlu dipertimbangkan jenis material inti besi yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan tidak semua material inti besi dijual bebas.

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:

Kepada pihak Prodi Teknik Elektro fakultas Teknik universitas medan area untuk melakukan pemetaan tempat kerja praktik berdasarkan konsentrasi bidang studi agar mahasiswa dapat menjalani kegiatan kerja praktik sesuai dengan minatnya.

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] Muslim, Burhan. 2018. *Penyehatan Udara*. Badan pengembangan dan pemberdayaan sumber daya manusia kesehatan.
- [2] E. S. Hamdi, *Design of Small Electrical Machines*, Hoboken: Wiley, 1994.
- [3] A. E. Fitzgerald, C. K. Jr and S. D. Usmans, *Electric Machinery Sixth Edition*, New York: McGraw-Hill, 2005.
- [4] Azka, M., 2013. *Analisa Perancangan dan Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen Dengan Rotor Berlubang*.
- [5] Tim Lentera Angin Nusantara. 2014. *Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin*. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. K. Jr and S. D. Usmans, *Electric Machinery Sixth Edition*, New York: McGraw-Hill, 2005.
- [7] W. H. Yeadon and A. W. Yeadon, *Handbook of Small Electric Motors*, New York: McGraw-Hill, 2001.
- [8] D. Jiles, *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*, London: Chapman and Hall, 1991.
- [9] J. R. Hendershot Jr and T. J. E. Miller, *Design of Brushless Permanent-Magnet Motors*, Oxford: MAGNA PHYSICS PUBLISHING AND CLARENDON PRESS, 1994,
- [10] T. J. E. Miller, *Brushless Permanent-*