

**ANALISA TORSI COGGING PADA PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR 18 SLOT 12 POLE DENGAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA**



**Laporan Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat
Menyelesaikan pendidikan Diploma III
Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik**

OLEH

MUHAMMAD RAFI AKBAR

061730310873

POLITEKNIK NEGERI SRWIJAYA

PALEMBANG

2020

**ANALISA TORSI COGGING PADA PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR 18 SLOT 12 POLE DENGAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA**



OLEH

**MUHAMMAD RAFI AKBAR
061730310873**

Palembang, September 2020

Menyetujui,

Pembimbing I

**Herman Yani, S.T., M.Eng.
NIP.196510011990031006**

Pembimbing II

**Andri Suyadi, S.S.T., M.T.
NIP.196510091990031002**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

**Ir. Iskandar Lutfi, M.T.
NIP. 19650129 1991031002**

**Ketua Program Studi
Teknik Listrik**

**Anton Firmansyah, S.T., M.T.
NIP. 1975092420081211001**

MOTTO

..

**KELAK 10 - 20 TAHUN YANG AKAN DATANG KAMU AKAN
BERTERIMA KASIH DENGAN DIRIMU SENDIRI ATAS KERJA
KERASMU HARI INI**

..

KUPERSEMBAHKAN KEPADA :

- ❖ *Kedua orang tuaku dengan segala perjuangan mereka*
- ❖ *Kedua saudaraku*
- ❖ *Seluruh dosen Teknik Listrik*
- ❖ *Almamater tercinta Politeknik Negeri Sriwijaya*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan Teknik Listrik 2020*

ABSTRAK

ANALISA TORSI COGGING PADA PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR 18 SLOT 12 POLE DENGAN SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA

Muhammad Rafi Akbar

061730310873

Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Sriwijaya

Cogging merupakan hentakan torsi dari reaksi magnet dan inti besi yang hanya terasa oleh tangan kita yang mengakibatkan sulitnya memutar rotor dan menimbulkan getaran dan bunyi yang mengganggu. *Cogging* terjadi karena adanya perbedaan permeabilitas antara magnet dengan material non-magnet. Oleh karena itu torsi *cogging* pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) harus dibuat sekecil-kecilnya, salah satu caranya adalah merubah bentuk stator dan rotor serta letak magnet pada rotor. Dalam laporan ini untuk mencari nilai *cogging* yang kecil dilakukan simulasi pada desain PMSG 18 slot 12 pole menggunakan *software Magnet Infolytica*. Hasil simulasi enam buah model generator PMSG dengan merubah konfigurasi stator dan rotor menghasilkan nilai torsi *cogging* terbesar yaitu 1.13 Nm pada model stator terbuka/biasa dengan konfigurasi SPM dan nilai torsi *cogging* terkecil yaitu 0.008 Nm pada model stator umbrella dengan konfigurasi IPM.

Kata kunci : generator, *cogging*, konfigurasi, stator, rotor, permanen magnet

ABSTRACT

COGGING TORQUE ANALYSIS ON PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR 18 SLOTS 12 POLE WITH INFOLYTICA MAGNET SOFTWARE

Muhammad Rafi Akbar

061730310873

Department of Electrical Engineering, Electrical Engineering Study Program

State Polytechnic Of Sriwijaya

Cogging is the torsional deflection of the magnetic and iron core reaction that is only felt by our hands which makes it difficult to turn the rotor and causes vibrations and sounds of disturbing. Cogging occurs because of the difference in permeability between magnet and non-magnetic materials. Therefore, the cogging torque on the Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) must be made as small as possible, one way is to change the shape of the stator and rotor and the location of the magnets on the rotor. In this report, to find a small cogging value, a PMSG 18 slot 12 pole design is simulated using Magnet Infolytica software. The simulation results of six PMSG generator models by changing the stator and rotor configurations produce the largest cogging torque value is 1.13 Nm in the open / ordinary stator model with SPM configuration and the smallest cogging torque value is 0.008 Nm on the stator umbrella model with the IPM configuration.

Keywords: generator, cogging, rotor stator configuration, permanent magnet

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis hanturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul “Analisa Torsi Cogging pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 12 Pole dengan Software Magnet Infolytica” ini sebagaimana mestinya dan tepat pada waktunya.

Laporan akhir ini dibuat untuk memenuhi sebagian syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam penyusunan laporan ini penulis mendapat banyak bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara penulis yang telah memberikan dukungan moril dan materil pada penulis.
2. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T., selaku ketua jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Anton Firmansyah, S.T.,M.T., selaku ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Bapak H. Herman Yani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan bantuannya dalam menyelesaikan laporan akhir.
6. Bapak Andri Suyadi, S.S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan bantuannya dalam menyelesaikan laporan akhir

7. Bapak Ricky Elson selaku *owner* PT. Lentera Bumi Nusantara yang berkenan membimbing dan mengarahkan penulis untuk banyak belajar di Lentera Bumi Nusantara.
8. Bang Alroshady Said Pembimbing di PT. Lentera Bumi Nusantara dan seluruh tim Lentera Bumi Nusantara yang telah membantu penulis untuk belajar banyak di LBN.
9. Teman seperjuangan yang selalu mendukung dalam kondisi apapun.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis guna perbaikan dimasa yang akan datang. Demikianlah, semoga laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa, khususnya mahasiswa jurusan Teknik Elektro program studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
ABTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Metode Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Generator	5
2.1.1 Generator asinkron	5
2.1.2 Generator sinkron	6
2.2 Kontruksi Generator Sinkron	6
2.2.1 Stator	6
2.2.2 Rotor.....	8

2.3 Prinsip Kerja Generator.....	10
2.3.1 Magnet.....	10
2.3.2 Kumputan	10
2.3.3 Stator dan rotor.....	11
2.3.4 Flux memotong kawat	12
2.3.5 Memaksimalkan fluks di dalam mesin.....	14
2.3.6 Rugi-rugi besi.....	14
2.3.7 Banyaknya kutub.....	15
2.3.8 Frekuensi	15
2.3.9 Fasa.....	16
2.3.10 konfigurasi star dan delta	19
2.3.11 <i>Cogging</i>	20
2.4 <i>Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)</i>	20
2.5 Torsi <i>cogging</i>	21
2.6 <i>finite Element Method (FEM)</i>	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat	23
3.2 Peralatan	23
3.3 Tahapan Penelitian	24
3.4 Gambar Model.....	25
3.4.1 Pemodelan <i>permanent magnet synchronous generator</i>	25
3.4.2 Inisialisasi model PMSG menggunakan <i>software Magnet</i>	28
3.4.3 <i>Meshing</i>	32
3.4.4 Simulasi torsi <i>cogging</i> pada PMSG	34
3.5 Variasi Model Konfigurasi Stator dan Rotor PMSG.....	35

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Torsi <i>Cogging</i> Permanen Magnet Generator Sinkron	43
4.2 Pembahasan.....	49

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.....51
5.2 Saran.....52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Generator dan energi yang dihasilkan.....	5
Gambar 2.2 Bentuk sederhana kontruksi generator sinkron	6
Gambar 2.3 Bentuk kontruksi stator pada generator sinkron.....	7
Gambar 2.4 Rangkaian belitan jangkar di stator generator sinkron.....	8
Gambar 2.5 Generator sinkron dengan rotor yang tidak menonjol.....	9
Gambar 2.6 Generator sinkron dengan rotor yang menonjol.....	9
Gambar 2.7 Arah medan magnet	10
Gambar 2.8 Stator dan rotor konfigurasi.....	11
Gambar 2.9 Fluks yang memotong kawat.....	12
Gambar 2.10 Alternator dengan dua kutub	13
Gambar 2.11 Fluks yang menempel pada inti stator.....	13
Gambar 2.12 Grafik tegangan yang dihasilkan.....	14
Gambar 2.13 Generator dengan empat kutub	15
Gambar 2.14 Kumparan seri	16
Gambar 2.15 Empat kutub dengan satu fasa.....	17
Gambar 2.16 lilitan dengan tigas fasa	18
Gambar 2.17 Tegangan dari generator tiga fasa	19
Gambar 2.18 Cara menghubungkan kumparan.....	19
Gambar 3.1 a. Ukuran stator b. ukuran rotor	25
Gambar 3.2 Model stator terbuka 18 slot.....	26
Gambar 3.3 Model stator terbuka dengan umbrella 18 slot.....	26
Gambar 3.4 Model stator tertutup 18 slot	27
Gambar 3.5 Proses pemberian nama dan penentuan jenis material	28
Gambar 3.6 Kurva karakteristik B-H carpenter : silicon steel.....	29
Gambar 3.7 Pembuatan komponen magnet dan menentukan kutub	30
Gambar 3.8 Celah udara pada generator PMSG	31
Gambar 3.9 <i>Default meshing</i> pada <i>software design electromagnetic</i>	33
Gambar 3.10 Menentukan <i>mesh</i> masing-masing bagian komponen generator.....	33

Gambar 3.11 Hasil pengaturan <i>meshing</i>	34
Gambar 3.12 <i>Solving with transient 2D with motion</i>	36
Gambar 3.13 Model generator (kiri) dan fluks yang dihasilkan (kanan).....	37
Gambar 3.14 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model A.....	40
Gambar 3.15 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model B	40
Gambar 3.16 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model C	40
Gambar 3.17 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model D	41
Gambar 3.18 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model E	41
Gambar 3.19 Grafik torsi <i>cogging</i> pada model F.....	41
Gambar 4.1 Generator model A	43
Gambar 4.2 Generator model B	44
Gambar 4.3 Generator model C	44
Gambar 4.4 Generator model D.....	45
Gambar 4.5 Generator model E	46
Gambar 4.6 Generator model F.....	46
Gambar 4.7 Kurva perbandingan torsi <i>cogging</i>	47
Gambar 4.8 Hasil rata-rata torsi <i>cogging</i>	48

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1 Dimensi <i>permanent magnet synchronous generator</i>	27
Tabel 3.2 Karakteristik <i>carpenter : silicon steel</i>	28
Tabel 3.3 Karakteristik <i>NdFeB : neodymium iron boron</i>	29
Tabel 3.4 Material masing-masing bagian PMSG	31
Tabel 3.5 Hasil solving model generator menggunakan aplikasi magnet.....	38
Tabel 3.6 Nilai rata-rata torsi <i>cogging</i> pada masing-masing model generator	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Kesepakatan Bimbingan LA Pembimbing 1

Lampiran 2. Lembar Kesepakatan Bimbingan LA Pembimbing 2

Lampiran 3. Lembar Bimbingan Pembimbing 1

Lampiran 4. Lembar Bimbingan Pembimbing 2

Lampiran 5. Lembar Rekomendasi Ujian Laporan Akhir

Lampiran 6. Lembar Revisi

Lampiran 7. Lembar Pelaksanaan Revisi