

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR  
DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET  
PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**HADITYA GAYENDRA PUTRA**

**03041281823045**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR  
DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET  
PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA**



**SKRIPSI**

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**

**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**HADITYA GAYENDRA PUTRA**

**03041281823045**

**Indralaya, 3 Juni 2022**

**Menyetujui,  
Pembimbing Utama**

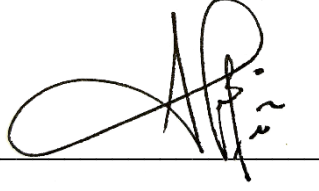
**Dr. Herlina, S.T., M.T.**  
**NIP : 198007072006042004**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP : 197108141999031005**

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Dr. Herlina, S.T., M.T.

Tanggal : 03/Juni/2022

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Haditya Gayendra Putra  
NIM : 03041281823045  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 16 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “**Analisis Pengaruh Bentuk Magnet Permanen Pada Rotor Dan Jarak Antar Magnet Pada Generator Magnet Permanen Arah Fluks Aksial 1 Fasa**” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 3 Juni 2022



Haditya Gayendra Putra

NIM. 03041281823045

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haditya Gayendra Putra

NIM : 03041281823045

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR  
DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET  
PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 3 Juni 2022



Haditya Gayendra Putra

NIM. 0304128182304

## KATA PENGANTAR

Dengan segala puji bagi Allah SWT yang maha pengasih dan maha penyayang. Penulis sangat bersyukur atas segala kesempatan dan kelancaran dalam pembuatan tugas akhir sebagai syarat kelulusan. Adapun peneliti membuat skripsi berjudul “ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA”

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua orang yang terlibat dan turut membantu penulis dalam proses pembuatan tugas akhir ini. Adapun penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Herlina, S.T, M.T. selaku pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, nasihat, arahan, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
4. Ibu Nadia Thereza, S.T. M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Ir. Sariman, M.S., dan Ir. Hj. Sri Agustina, M.T. selaku dosen penguji.
6. Dosen pengajar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
7. Ayah saya Drs. H. I Gede Mendera, M.T., ibu saya Yenni Apriliani, M.Pd., kakak saya Aulia Gayendra Putri, S.T., Liyan Fajar Gintara, S.T., dan adik saya Fattarazza Gayendra Putra beserta keluarga besar yang senantiasa mendoakan kelancaran dalam penulisan skripsi.

8. Rizki Mutiara yang selalu menemani dan memberikan dukungan dalam perkuliahan dan penulisan skripsi.
9. Rekan selama perkuliahan M. Dwi Septarino, Annisa Jala Senasti, Muhammad Farliansyah, M. Al-Daffa Tumaga, M. Ichsan Dwi Putranto, M. Najhan Trialdy P., Ahmad Reinaldi Akbar, M. Syukron Rahmatullah, dan Ferron Sitingjak.
10. Teman seperjuangan pembuatan skripsi Nailah Luthfiyah, Devina Apridilla, Melisa Dian Novita, Riski Aulia, Irma Aprilyanti.
11. Rekan satu bimbingan serta keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2018 Electrafor Kavaleri , angkatan 2019, angkatan 2020 dan HME.
12. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Penulis menyadari dalam pembuatan dan penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kesalahan yang bersumber dari keterbatasan pengetahuan dan kemampuan pribadi dan apabila terdapat kebenaran itu senantiasa berkat bimbingan dari Allah SWT dan Bapak dan Ibu Dosen. Dengan demikian penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, 3 Juni 2022



Haditya Gayendra Putra

NIM. 03041281823045

**ABSTRAK**  
**ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR**  
**DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET**  
**PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA**

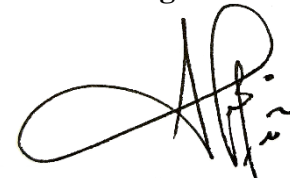
(Haditya Gayendra Putra, 03041281823045, 2022, 45 Halaman)

Pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan atau *renewable energi* sebagai alternatif pembangkit listrik berbahan fosil menggunakan generator magnet permanen fluks aksial dinilai cocok dan lebih efektif untuk membangkitkan energi listrik. Bentuk magnet permanen yang digunakan bermacam-macam maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bentuk magnet permanen yang digunakan terhadap fluks magnetik dan tegangan keluaran yang dihasilkan. Bentuk magnet permanen yang akan digunakan ialah *trapezoidal*, *annular*, dan *rectangular*. Selain bentuk magnet permanen, penelitian ini juga bertujuan mengetahui pengaruh jarak antar magnet permanen dengan jarak 2 mm, 4 mm, dan 6 mm terhadap fluks magnetik dan tegangan keluaran. Penelitian ini melalui beberapa tahap. Pertama mendesain generator magnet permanen fluks aksial dengan variasi bentuk dan jarak magnet permanen menggunakan aplikasi *Solidwork*. Kedua desain yang telah dibuat disimulasikan menggunakan aplikasi *COMSOL Multiphysics* untuk mendapatkan nilai fluks magnetik dari tiap variasi bentuk dan jarak magnet permanen. Ketiga data fluks magnetik yang telah didapatkan diolah menggunakan rumus yang ada untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa bentuk magnet permanen *annular* dengan jarak antar magnet permanen 2 mm memiliki nilai fluks magnetik dan tegangan keluaran paling tinggi yaitu sebesar  $3,16 \times 10^{-13}$  Wb dan  $1,60 \times 10^{-10}$  Volt.

**Kata Kunci :** Generator Magnet Permanen Fluks Aksial, Bentuk Magnet Permanen, Jarak antar Magnet Permanen, Fluks Magnetik, Tegangan Keluaran.

Indralaya, 3 Juni 2022

Menyetujui,  
Pembimbing Utama



**Dr. Herlina, S.T., M.T**

NIP :198007072006042004



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**

NIP : 197108141999031005



**ABSTRACT**  
**ANALYSIS OF THE EFFECT OF PERMANENT MAGNET SHAPE ON THE ROTOR AND THE DISTANCE BETWEEN THE PERMANENT MAGNETS ON THE 1 PHASE AXIAL FLUX PERMANENT MAGNET GENERATOR**

(Haditya Gayendra Putra, 03041281823045, 2022, 45 Pages)

Power plants using renewable energy as an alternative to fossil-based power plants using an axial flux permanent magnet generator are considered suitable and more effective to generate electrical energy. The shape of the permanent magnet used varies, therefore this study aims to determine the effect of the shape of the permanent magnet used on the magnetic flux and the output voltage. The permanent magnets that will be used are trapezoidal, annular, and rectangular. In addition to the shape of the permanent magnet, this study also aims to determine the effect of the distance between permanent magnets at a distance of 2 mm, 4 mm, and 6 mm on the magnetic flux and output voltage. This research went through several stages. The first stage, designing an axial flux permanent magnet generator with variations in the shape and distance of the permanent magnet using the Solidwork application. In the second stage, the design that had been made was simulated using the COMSOL Multiphysics application to obtain the magnetic flux value from each variation of the shape and distance of the permanent magnet. In the third stage, the magnetic flux data that had been obtained is processed using the existing formula to get the output voltage value. From the results of the study, it was found that the annular permanent magnet with a distance between permanent magnets of 2 mm had the highest magnetic flux value and output voltage of  $3.16 \times 10^{-13}$  Wb and  $1.60 \times 10^{-10}$  Volts.

**Keyword** : Axial Flux Permanent Magnet Generator, Permanent Magnet Shape, Distance between Permanent Magnets, Magnetic Flux, Output Voltage.

**Indralaya, 3 Juni 2022**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP : 197108141999031005**

**Menyetujui,**  
**Pembimbing Utama**

**Dr. Herlina, S.T., M.T**  
**NIP :198007072006042004**

## DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Generator Magnet Permanen.....	5
2.1.1. Generator Magnet Permanen Arah Fluks Aksial .....	5
2.2. Konstruksi Generator Magnet Permanen.....	6
2.2.1. Rotor.....	6
2.2.2. Stator .....	8
2.2.3. Berdasarkan Konstruksinya.....	8
2.3. Magnet Permanen .....	10
2.3.1. Jenis Magnet Permanen .....	10
2.3.2. Bentuk Magnet Permanen .....	11
2.4. Parameter Penentuan Keluaran Generator .....	11

2.4.1.	Jumlah Kutub.....	11
2.4.2.	Fluks Magnetik.....	11
2.4.3.	Kerapatan Medan Magnet Permanen pada Celah Udara.....	12
2.4.4.	GGL Induksi.....	14
2.4.5.	Luas Area Magnetik.....	14
2.5.	<i>COMSOL Multiphysics</i> .....	15
BAB III.....		16
METODOLOGI PENELITIAN.....		16
3.1.	Lokasi Penelitian.....	16
3.2.	Waktu Penelitian.....	16
3.3.	Tahapan Penelitian.....	17
3.3.1.	Desain Stator.....	17
3.3.2.	Desain Rotor.....	19
3.3.3.	Celah Udara Stator dan Rotor.....	21
3.3.4.	Pengambilan Data Hasil Simulasi.....	21
3.4.	Peralatan dan Bahan.....	22
3.5.	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	23
3.6.	Data Hasil Penelitian.....	24
BAB IV.....		26
PEMBAHASAN.....		26
4.1.	Hasil Simulasi dan Pengolahan Data.....	26
4.1.1.	<i>Plotting</i> Medan Magnet.....	26
4.1.2.	Data Hasil Simulasi Terhadap Perubahan Jarak Antar Magnet.....	27
4.1.3.	Nilai Fluks Maksimal dan Tegangan Maksimal pada Tiap Bentuk Magnet Permanen dan Jarak Antar Magnet.....	37
4.2.	Analisis.....	40
4.2.1.	Hubungan Antara Perubahan Bentuk Magnet Permanen dengan Fluks Magnetik Dan Tegangan.....	41
4.2.2.	Hubungan Antara Jarak Antar Magnet Permanen dengan Fluks Magnetik Dan Tegangan.....	43
BAB V.....		45
KESIMPULAN DAN SARAN.....		45

5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemasangan Magnet Permanen Tipe Surface Mounted[9].....	7
Gambar 2.2 Pemasangan Magnet Permanen Tipe Embedded Mounted[9].....	7
Gambar 2.3 (a) Tipe N-N; (b) Tipe N-S[10].....	8
Gambar 2.4 (a)Stator Torus Tipe Slotted; (b) Stator Torus Tipe Non Slotted[11].....	9
Gambar 2.5 (a) Overlapping Stator (b) Non Overlapping Stator[9] .....	9
Gambar 2.6 Kurva Demagnetisasi untuk Bahan Magnet Permanen[12].....	10
Gambar 2.7 Pemodelan dan Koordinat Penyebaran Fluks Magnetik[16] .....	12
Gambar 3.1 Geometri Desain Stator .....	18
Gambar 3.2 (a) Bentuk Magnet Permanen Rectangular, (b) Bentuk Magnet Permanen Trapezoidal, (c) Bentuk Magnet Permanen Annular. ....	19
Gambar 3.3 Bentuk Pemodelan Rotor[21] .....	20
Gambar 3.4 Software Solidworks .....	22
Gambar 3.5 Software COMSOL Multiphysics .....	23
Gambar 3.6 Model yang Dilakukan Mesh .....	24
Gambar 4.1 Plotting Medan Magnet dengan Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal	26
Gambar 4.2 Plotting Medan Magnet dengan Magnet Permanen Bentuk Annular .....	27
Gambar 4.3 Plotting Medan Magnet dengan Magnet Permanen Bentuk Rectangular	27
Gambar 4.4 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 2 mm .....	28
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 2 mm.....	28
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 2 mm.....	29
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 2 mm .....	29
Gambar 4.8 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 2 mm .....	30

Gambar 4.9 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 2 mm .....	30
Gambar 4.10 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 4 mm .....	31
Gambar 4.11 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 4 mm .....	31
Gambar 4.12 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 4 mm .....	32
Gambar 4.13 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 4 mm .....	32
Gambar 4.14 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 4 mm .....	33
Gambar 4.15 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 4 mm .....	33
Gambar 4.16 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 6 mm .....	34
Gambar 4.17 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 6 mm .....	34
Gambar 4.18 Grafik Perubahan Fluks Magnetik terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 6 mm .....	35
Gambar 4.19 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal dengan Jarak 6 mm .....	35
Gambar 4.20 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Annular dengan Jarak 6 mm .....	36
Gambar 4.21 Grafik Perubahan Tegangan Keluaran terhadap Waktu pada Magnet Permanen Bentuk Rectangular dengan Jarak 6 mm .....	36
Gambar 4.22 Pengaruh Jarak Terhadap Perubahan Fluks Magnetik pada Bentuk Magnet Trapezoidal.....	37
Gambar 4.23 Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan Keluaran pada Bentuk Magnet Trapezoidal .....	38

Gambar 4.24 Pengaruh Jarak Terhadap Perubahan Fluks Magnetik pada Bentuk Magnet Annular .....	38
Gambar 4.25 Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan Keluaran pada Bentuk Magnet Annular .....	39
Gambar 4.26 Pengaruh Jarak Terhadap Perubahan Fluks Magnetik pada Bentuk Magnet Rectangular .....	39
Gambar 4.27 Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan Keluaran pada Bentuk Magnet Rectangular .....	40
Gambar 4.28 Fringing Effect[22] .....	42

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian .....	16
Tabel 3.2 Dimensi Geometris Stator .....	18
Tabel 3.3 Spesifikasi Neodymium Iron Boron[20] .....	19
Tabel 3.4 Dimensi Geometris Rotor .....	20
Tabel 4.1 Nilai Fluks Maksimal dan Tegangan Maksimal pada Tiap Bentuk Magnet Permanen dan Jarak Antar Magnet .....	37
Tabel 4.2 Jarak Antar Magnet Permanen .....	43



## DAFTAR RUMUS

2.1 Menentukan Jumlah Kutub.....	11
2.2 Menentukan Fluks Maksimum .....	11
2.3 Menentukan Kerapatan Fluks Magnet pada Titik y Karena Pengaruh Rotor 1... 12	12
2.4 Menentukan Kerapatan Fluks Magnet pada Titik y Karena Pengaruh Rotor 2... 12	12
2.5 Menentukan <i>Equivalent Current Sheet</i> .....	12
2.6 Menentukan Jarak pada Kedua Cakram Penyangga Rotor .....	12
2.7 Menentukan $u_n$ .....	12
2.8 Menentukan $\lambda$ .....	12
2.9 Kekuatan Medan Magnet yang Dihasilkan dengan Nilai Celah Udara .....	13
2.10 Kerapatan Fluks Magnet Berdasarkan Bahan.....	13
2.11 GGL Induksi.....	14
2.12 Luas Area Magnetik .....	14
2.13 Jarak Antar Magnet .....	14
3.1 Menentukan Tegangan Induksi.....	21
3.2 Menentukan Periode.....	24
4.1 <i>Fringing Effect</i> .....	42

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Fluks Magnetik dan Tegangan untuk Magnet Permanen Bentuk Trapezoidal .....	50
Lampiran 2 Data Fluks Magnetik dan Tegangan untuk Magnet Permanen Bentuk Annular .....	53
Lampiran 3 Lampiran 2 Data Fluks Magnetik dan Tegangan untuk Magnet Permanen Bentuk Rectangular .....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri yang terus berevolusi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun. Energi listrik berperan sangat penting dalam kehidupan manusia yang berkembang secara terus-menerus. Ini berarti kita perlu memasok lebih banyak listrik untuk mendukung revolusi industri tersebut. Namun saat ini energi listrik masih kebanyakan dipasok oleh bahan fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Seperti yang telah diketahui bahwa bahan fosil tersebut ketersediaannya dapat habis sehingga diperlukan alternatif sumber energi yang dapat menggantikannya.

Alternatif sumber energi yang dapat menggantikan bahan fosil tersebut adalah energi terbarukan atau *renewable energi*. Energi terbarukan dapat bersumber dari angin, matahari, air, dan juga gelombang laut. Dalam pemanfaatan energi terbarukan menjadi energi listrik diperlukan suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang di dalamnya terdapat generator.

Generator yang tersedia di pasaran umumnya berjenis *high speed induction generator* di mana pada generator ini memerlukan putaran tinggi dan juga memerlukan energi listrik di awal untuk membuat medan magnetnya sendiri. Pada pembangkit energi listrik menggunakan energi terbarukan memerlukan generator putaran rendah dan tanpa energi listrik di awal[1]. Maka digunakanlah magnet permanen pada generator putaran rendah sebagai penghasil medan magnet, dengan penggunaan magnet permanen ini generator tidak memerlukan eksitasi dan tanpa disipasi daya listrik[2].

Terdapat dua jenis generator magnet permanen berdasarkan arah medan magnetnya yaitu arah fluks aksial dan radial. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hideki Kobayashi menyatakan bahwa penggunaan arah fluks aksial lebih efektif daripada arah fluks radial karena pada arah fluks aksial dapat meningkatkan kerapatan daya keluaran mengadopsi permukaan magnet yang besar dengan membuat dimensi rotor tipis ke arah poros rotasi dengan penggunaan dua stator pada kedua sisi rotor[3].

Beberapa penelitian mengenai generator magnet permanen fluks aksial telah dilakukan salah satunya oleh Edy Sofian yang melakukan studi pengaruh bentuk dari rotor *permanent magnet* pada generator sinkron *permanent magnet* dengan *axial flux* tanpa inti stator. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengujian berbagai bentuk magnet rotor dengan membandingkan hasil tegangan keluaran[4]. Mirza Fata Alam juga telah melakukan penelitian mengenai analisa dari pengaruh ketebalan yoke rotor, yang mana jarak antar kutub dan juga jenis material *permanent magnet* terhadap rapat *flux* pada generator *sinkron axial flux* Pada penelitian tersebut diberikan variasi ketebalan yoke dan jarak antar magnet[5].

Adapun pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan dengan memberikan variasi bentuk magnet permanen pada rotor dan jarak antar magnet permanen tersebut terhadap nilai tegangan keluarannya. Maka pada penelitian ini akan membahas **“Analisis Pengaruh Bentuk Magnet Permanen pada Rotor dan Jarak Antar Magnet pada Generator Magnet Permanen Arah Fluks Aksial 1 Fasa”**

### **1.2. Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini dibahas mengenai desain stator tanpa inti (*coreless*) dengan jumlah kutub dan *slot* yang sama setiap percobaannya. Kemudian bentuk magnet permanen pada rotor akan divariasikan dengan bentuk *trapezoidal*, *annular*, dan *rectangular* yang masing-masing akan divariasikan jarak antar tiap magnetnya dengan jarak 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Kemudian akan dilihat pengaruhnya pada tegangan keluaran yang dihasilkan.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui nilai fluks magnetik dan tegangan keluaran dengan variasi jarak *air gap* yaitu jarak 2mm, 4mm, dan 6mm pada generator *permanent magnet* arah *axial flux*.
- 2 Mengetahui pengaruh bentuk magnet permanen pada rotor dan jarak antar magnet permanen tersebut terhadap tegangan keluaran dan fluks magnetik.

#### 1.4. Batasan Masalah

1. Mendesain generator magnet permanen dengan arah fluks aksial dengan 18 *slot* dan 24 kutub.
2. Melakukan pendesainan dan karakteristik model generator yang sama, hanya saja bentuk magnet permanen dan jarak antar magnet yang berbeda.
3. Mensimulasikan generator *permanent magnet* dengan diberikan variasi pada *permanent magnet* pada rotor yaitu bentuk *trapezoidal*, *annular*, dan *rectangular* yang mana masing-masing generator diberikan air gap sebesar 2mm, 4mm, dan 6mm. Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi *COMSOL Multiphysics*.
4. Pada prosesnya tidak memperhitungkan rugi-rugi dan nilai torsi.
5. Dilakukan perhitungan secara manual untuk mendapatkan nilai tegangan induksi.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal tugas akhir ini di antara lain:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang penulisan, rumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian serta sistematika dari penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada BAB II ini membahas tentang dasar teori terkait dengan generator magnet permanen, generator magnet permanen arah fluks aksial, konstruksi dari generator, dan *COMSOL Multiphysics*.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menginformasikan tempat, waktu, *flowchart* dan aplikasi yang digunakan pada penelitian serta menjelaskan mengenai karakteristik dari desain generator yang dibuat.

**BAB IV HASIL PENELITIAN**

Bab ini berisikan data-data dan analisis dari simulasi yang telah dilakukan.

**BAB V KESIMPULAN**

Pada BAB V ini membahas mengenai tentang kesimpulan yang dapat diambil dari analisis hasil penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Hariyotejo, “Pengembangan Generator Mini Dengan Menggunakan Magnet Permanen,” pp. 1–9, 2009.
- [2] A. R. Pramurti, “Studi Desain Generator Magnet Permanen Fluks Radial pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Kecepatan Putaran Rendah,” *Cyclotron*, vol. 3, no. 1, pp. 3–8, 2020, doi: 10.30651/cl.v3i1.4302.
- [3] H. Kobayashi, Y. Doi, K. Miyata, and T. Minowa, “Design of the axial-flux permanent magnet coreless generator for the multi-megawatts wind turbine,” *Eur. Wind Energy Conf. Exhib. 2009, EWEC 2009*, vol. 7, pp. 4736–4744, 2009.
- [4] E. Sofian, “STUDI BENTUK ROTOR MAGNET PERMANEN PADA GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN FLUKS AKSIAL TANPA INTI STATOR,” Universitas Indonesia, 2011.
- [5] M. F. Alam, T. Sukmadi, and S. Handoko, “Simulasi Pengaruh Ketebalan Yoke Rotor, Jarak Antar Kutub Dan Jenis Material Magnet Permanen Terhadap Rapat Fluks Pada Generator Sinkron Fluks Aksial,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 621–626, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/3567>.
- [6] R. Tinjo, “Optimasi jarak celah udara generator sinkron magnet permanen fluks aksial rotor cakram ganda dengan stator tanpa inti skripsi,” Universitas Indonesia, 2010.
- [7] P. S. Iwanda, S. Syafriyudin, and P. E. Pambudi, “PERENCANAAN GENERATOR AXIAL FLUKS MAGNET PERMANEN JENIS NEODYMIUM (NdFeB) TANPA INTI STATOR Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga ...,” *J. Elektr.*, vol. 3, no. 2, pp. 23–30, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2536>.
- [8] H. Prasetijo, Ropiudin, and B. Dharmawan, “Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah,” *Din. Rekayasa*, vol. 8, no. 2, pp.

70–77, 2012.

- [9] F. G. Rossouw, “Analysis and Design of Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator System for Direct Battery Charging Applications,” *Africa (Lond)*, no. March, p. 140, 2009.
- [10] R. Jarekson, “STUDI JARAK ANTAR ROTOR MAGNET PERMANEN PADA GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN FLUKS AKSIAL TANPA INTI STATOR,” Universitas Indonesia, 2011.
- [11] S. Huang, M. Aydin, and T. A. Lipo, “TORUS concept machines: Pre-prototyping design assessment for two major topologies,” *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet. (IEEE Ind. Appl. Soc.)*, vol. 3, no. January 2001, pp. 1619–1625, 2001, doi: 10.1109/ias.2001.955751.
- [12] J. F. Gieras, R. J. Wang, and M. J. Kamper, *Axial flux permanent magnet brushless machines*. 2005.
- [13] S. Amin, S. Madanzadeh, S. Khan, S. S. H. Bukhari, F. Akhtar, and J. S. Ro, “Effect of the magnet shape on the performance of coreless axial flux permanent magnet synchronous generator,” *Electr. Eng.*, 2021, doi: 10.1007/s00202-021-01338-x.
- [14] A. Fajar, “Rancang Bangun Generator Sinkron Axial Flux Permanent Magnet Axial Flux Permanent Magnet 1500 Watt,” no. December, 2017.
- [15] B. M. Nilendra, “Analisa Perbandingan Desain dan Simulasi Generator Aksial Magnet Permanen 3 Fasa untuk Aplikasi Generator Angin Kecepatan Rendah,” Universitas Sriwijaya, 2012.
- [16] G. F. Price, T. D. Batzel, M. Comanescu, and B. A. Muller, “Design and Testing of a Permanent Magnet,” 2008.
- [17] E. Maghfira, A. Harahap, and U. Riau, “Analisis pengaruh posisi peletakan magnet permanen di rotor terhadap kinerja generator sinkron magnet



permanen,” no. November 2020, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.36271.56484.

- [18] COMSOL, “COMSOL Multiphysics® v. 5.5,” p. 1742, 2018.
- [19] M. Aydin, S. Huang, and T. A. Lipo, “A new axial flux surface mounted permanent magnet machine capable of field control,” *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet. (IEEE Ind. Appl. Soc., vol. 2, pp. 1250–1257, 2002, doi: 10.1109/ias.2002.1042719.*
- [20] Eclipse Magnetics, “Eclipse Magnets, NdFeB Magnets Datasheet (2017),” 2015, [Online]. Available: <https://www.eclipsemagnetics.com/row/magnetic-materials-rare-earth-neodymium-ndfeb/>.
- [21] C. H. Prisandi, “Studi Desain Kumbaran Stator Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Inti Stator,” Universitas Sriwijaya, 2011.
- [22] M. Sadeghieradri, H. Lesani, H. Monsef, and A. Darabi, “Leakage flux consideration in modeling of high speed axial flux PM generator,” *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, no. 1, 2008, doi: 10.1109/ICIT.2008.4608688