

**SIMULASI OPTIMAL SEBARAN FLUKS MAGNET DENGAN VARIASI
JUMLAH KUTUB DAN VARIASI JARAK ANTAR MAGNET
PERMANEN PADA GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN**



SKRIPSI

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

**Oleh :
RESTU DWI AMSYAH
03041181621012**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN
SIMULASI OPTIMAL SEBARAN FLUKS MAGNET DENGAN VARIASI
JUMLAH KUTUB DAN VARIASI JARAK ANTAR MAGNET
PERMANEN PADA GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN



SKRIPSI


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

Oleh :

RESTU DWI AMSYAH

03041181621012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

NIP : 197108141999031005

Indralaya, Januari 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama



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

NIP. 198007072006042004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Restu Dwi Amsyah
NIM : 03041181621012
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 18 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “**Simulasi Optimal Sebaran Fluks Magnet Dengan Variasi Jumlah Kutub Dan Variasi Jarak Antar Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen**” 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, 12 November 2020



Restu Dwi Amsyah

NIM. 03041181621012

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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 : 18/Januari/2021

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “SIMULASI OPTIMAL SEBARAN FLUKS MAGNET DENGAN VARIASI JUMLAH KUTUB DAN VARIASI JARAK ANTAR MAGNET PERMANEN PADA GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN” sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasullullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya.

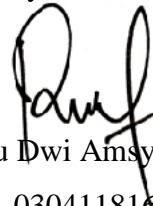
Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Herlina, S.T.,M.T. selaku pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, nasehat, 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. Bapak Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, Mm., selaku dosen pembimbing akademik saya selama mengenyam pendidikan di Teknik Elektro Unsri.
4. Bapak Ir. Sariman, M.S., Ir. Hj. Sri Agustina, M.T., dan Bapak Ir. M. Suparlan, M.Sc. selaku dosen penguji dan dosen Sub Konsentrasi yang telah memberi ilmu, bimbingan, motivasi dan arahan selama pengerjaan skripsi.
5. Kedua orang tua beserta keluarga besar yang senantiasa mendo'akan kelancaran dalam penulisan skripsi.
6. Sahabat seperjuangan Bobbi, Nurizky, Fariza, Dandy, Soleh, Rizky, Bayu, Aziz, Zen, Fikri, Diaz, Marwan, Rafli, Nurhadi, Ahmad, Addien dan Anil.

7. Rekan Satu Bimbingan serta keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2016, angkatan 2017, angkatan 2018 dan HME.
8. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan dapat menjadi amal kebaikan dihadapan Tuhan Yang Maha Esa. Dan diharapkan Skripsi ini dapat menjadi sumbangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dapat menjadi manfaat bagi semua pihak yang terkait.

Indralaya, Januari 2020



Restu Dwi Amsyah

NIM. 03041181621012

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

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

Nama : Restu Dwi Amsyah
NIM : 03041181621012
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:

**Simulasi Optimal Sebaran Fluks Magnet Dengan Variasi Jumlah Kutub Dan
Variasi Jarak Antar Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet
Permanen**

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 : 18 Januari 2021

Yang menyatakan,



Restu Dwi Amsyah

NIM. 03041181621012

ABSTRAK**Simulasi Optimal Sebaran Fluks Magnet Dengan Variasi Jumlah Kutub Dan Variasi Jarak Antar Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen**

(Restu Dwi Amsyah, 03041181621012, 2021,65 halaman)

Abstrak- Generator digunakan sebagai alat untuk membangkitkan energi listrik. Untuk menghasilkan generator berkecepatan rendah pada umumnya menggunakan magnet permanen dengan arah fluks radial pada rotornya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jumlah kutub yang digunakan pada rotor terhadap nilai fluks magnetik yang dihasilkan. Terdapat beberapa variasi jumlah kutub yang digunakan yaitu : 8 kutub, 10 kutub dan 12 kutub. Selain mengkaji pada jumlah kutub pada rotor, penelitian ini juga mengkaji pengaruh jarak antar magnet pada rotor terhadap kerapatan fluks yang dihasilkan dengan jarak magnet 1 mm, 3 mm, 6 mm, 9 mm. Proses untuk mendapatkan nilai fluks magnetik dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama yaitu proses mendesain keseluruhan model generator yang akan diuji. Tahap berikutnya yaitu mensimulasikan desain generator yang sudah ada menggunakan perangkat lunak *Finite Element Magnetics Method*. Tahap terakhir yaitu menentukan nilai fluks magnetik pada setiap desain generator. Dari Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa jumlah kutub dan jarak magnet permanen memberikan pengaruh terhadap nilai fluks magnetik yang dihasilkan.

Kata Kunci : Generator Magnet Permanen Fluks Radial, Jumlah Kutub, Jarak Antar Magnet dan Fluks Magnetik.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP : 197108141999031005

Indralaya, Januari 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama

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

NIP. 198007072006042004

ABSTRACT**Simulation Of The Optimal Distribution Of Magnetic Flux With Variations
In The Number Of Poles And Variations In The Distance Between
Permanent Magnets In A Permanent Magnet Synchronous Generator**

(Restu Dwi Amsyah, 03041181621012, 2021,65 pages)

Abstract- Generators are utilized as devices to generate electrical energy. To provide low-speed generators, need permanent magnets with radial flux in the rotor. This research proposes to investigate the effect of the number of poles applied in the rotor on the emerging magnetic flux value. There are several changes in the number of poles applied, particularly: 8 poles, 10 poles and 12 poles. Besides considering the number of poles in the rotor, this research still investigates the effect of the distance between magnets on the rotor on the following flux density with a magnetic distance of 1 mm, 3 mm, 6 mm, 9 mm. The process to get magnetic flux values is carried out in several steps. The first stage is designing the entire generator model to be proved. The next stage is to simulate the design of an existing generator employing the Finite Element Magnetics Method software. The last stage is to determine the magnetic flux value in each generator design. From the proceeds it is seen that the number of poles and the distance of the permanent magnet have an affect on the ending magnetic flux value

Keywords: Radial Flux Permanent Magnet Generator, Number of Poles, Distance Between Magnets On The Rotor and Magnetic Flux.

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

NIP : 197108141999031005

**Indralaya, Januari 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama**

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

NIP. 198007072006042004

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I <u>PENDAHULUAN</u>	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 <u>TINJAUAN PUSTAKA</u>	5
2.1 Generator Magnet Permanen.....	5
2.1.1 Stator	6
2.1.2 Rotor	6
2.2 Prinsip Kerja Generator Magnet Permanen.....	7
2.2.1 Kecepatan Sinkron	8

2.3 Arah Fluks pada Generator Magnet Permanen.....	8
2.4 Magnet Permanen	9
2.5 Kerapatan Fluks Magnet	11
2.5.1 Fluks Magnetik Maksimum.....	12
2.5.2 Luas Magnet.....	12
2.6 <i>Finite Element Magnet Method</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Lokasi Penelitian.....	14
3.2 Waktu Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data	15
3.4 Flowchart Penelitian	16
3.5 Desain Stator.....	17
3.6 Desain Rotor	18
3.7 Peralatan dan Bahan.....	19
3.8 Pengambilan Data Hasil Simulasi	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Simulasi dan Pengolahan Data.....	21
4.1.1 Pengaruh Jarak Antar Magnet Permanen Sebesar 1 mm dan Beberapa Variasi Jumlah Kutub Terhadap Sebaran Kerapatan Fluks (B)	21
4.1.2 Pengaruh Jarak Antar Magnet Permanen Sebesar 3 mm dan Beberapa Variasi Jumlah Kutub Terhadap Sebaran Kerapatan Fluks (B)	25
4.1.3 Pengaruh Jarak Antar Magnet Permanen Sebesar 6 mm dan Beberapa Variasi Jumlah Kutub Terhadap Sebaran Kerapatan Fluks (B)	29
4.1.4 Pengaruh Jarak Antar Magnet Permanen Sebesar 9 mm dan Beberapa Variasi Jumlah Kutub Terhadap Sebaran Kerapatan Fluks (B)	32
4.1.5 Perbandingan Nilai Sebaran Fluks Magnetik pada Setiap Generator Magnet Permanen	35

4.2 Analisa Pengaruh Jarak Antar Magnet dan Jumlah Kutub pada Generator Magnet Permanen.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laminasi stator dan Beberapa Kumparan Dalam Slot.....	6
Gambar 2.2 Rotor Kutub Menonjol (<i>Salient Pole</i>).....	7
Gambar 2.3 Rotor Kutub Silinder (<i>Non-Salient Pole/Cylindrical Rotor</i>).....	7
Gambar 2.4 (a) Generator Fluks Aksial; (b) Generator Fluks Radial	9
Gambar 2.5 Kurva Karakteristik Magnet Permanen	11
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	16
Gambar 3.2 Konstruksi Stator <i>Non-Overlapping</i>	17
Gambar 3.3 <i>Surface Mounted</i>	17
Gambar 3.4 <i>Surface Inset</i>	18
Gambar 3.5 <i>Software AutoCAD</i>	19
Gambar 4.1 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah.....	21
Gambar 4.2 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah	22
Gambar 4.3 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah....	23
Gambar 4.4 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah	23
Gambar 4.5 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah....	24
Gambar 4.6 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah	24
Gambar 4.7 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah.....	25
Gambar 4.8 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah	26
Gambar 4.9 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah....	26
Gambar 4.10 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah	27
Gambar 4.11 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah....	27
Gambar 4.12 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah	28
Gambar 4.13 Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah.....	29
Gambar 4.14 Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah	29

Gambar 4.15	Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah....	30
Gambar 4.16	Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah	30
Gambar 4.17	Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah....	31
Gambar 4.18	Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah	31
Gambar 4.19	Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah.....	32
Gambar 4.20	Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 8 Buah	32
Gambar 4.21	Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah....	33
Gambar 4.22	Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 10 Buah	33
Gambar 4.23	Sebaran Fluks Magnetik Saat Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah....	34
Gambar 4.24	Grafik Sebaran Nilai Fluks Magnetik Pada Jumlah Kutub Sebanyak 12 Buah	34
Gambar 4.25	Grafik Perbandingan Nilai Kerapatan Fluks Magnetik Terhadap Jarak Antar Magnet Permanen.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	14
Tabel 3.2 Ukuran Geometri Model Stator	17
Tabel 3.3 Pengambilan Data	20
Tabel 4.1 Nilai Sebaran Distribusi Kerapatan Fluks Magnetik dengan Beberapa Variabel Jarak Antar Magnet dan Jumlah Kutub	35

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 Kecepatan Sinkron.....	8
Persamaan 2.2 Kerapatan Fluks Magnet.....	11
Persamaan 2.3 Fluks Magnetik Maksimum.....	12
Persamaan 2.4 Luas Magnet	12

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini energi listrik telah menjadi kebutuhan utama bagi kehidupan manusia dan kebutuhan tersebut akan terus meningkat seiring berkembangnya zaman. Hal ini mengakibatkan penggunaan akan sumber energi menjadi lebih besar. Dan seiring berjalannya waktu sumber energi itu pun akan mengalami kelangkaan apalagi energi yang didapat dari fosil. Kelangkaan sumber energi inilah yang akan mendorong berbagai pihak untuk melakukan penelitian guna menemukan energi alternatif sebagai pengganti batubara dan minyak bumi yang berasal dari fosil.

Dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti energi angin, energi air, energi gelombang laut dan juga energi matahari maka kebutuhan akan energi yang berasal dari fosil pun akan sedikit berkurang. Khususnya untuk menghasilkan energi listrik maka sumber energi tersebut membutuhkan alat generator dengan putaran rendah tanpa eksitasi tambahan untuk menghasilkan energi listrik

Generator merupakan sebuah mesin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari energi mekanik yang berdasarkan pada induksi magnet. Bentuk generator dibedakan oleh arah fluks yaitu aksial dan radial berdasarkan kebutuhan. Generator yang digunakan untuk putaran rendah (*low speed induction generator*) dapat dipasang menggunakan magnet permanen. Sedangkan generator berjenis *high speed induction generator* seperti yang digunakan dipusat pembangkit memerlukan putaran tinggi, meskipun instalasinya memerlukan biaya besar untuk perawatan dan lebih rumit.[1]

Telah banyak studi yang dilakukan untuk mengkaji generator magnet permanen arah fluks aksial maupun radial. Terutama untuk arah fluks radial,

Satrio Wicaksono telah melakukan pengujian tentang studi desain rekayasa rotor dan studi optimasi jarak antar magnet permanen dengan berbagai jumlah kutub rotor pada generator sinkron magnet permanen (GSMP) fluks radial.[2] Gatot Eka Pramono juga merancang generator dengan arah fluks radial memakai 12 magnet permanen berjenis *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) untuk pembangkit.[1] Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini mengambil tema : Simulasi Optimalisasi Sebaran Kerapatan Fluks Magnet dengan variasi Jumlah Kutub dan Variasi Jarak Antar Magnet Permanen pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dibahas mengenai desain stator tanpa inti (Coreless) dan desain bentuk rotor *Salient Pole* (kutub menonjol) karena bentuk ini dinilai cocok digunakan untuk putaran rendah dengan jumlah kutub sebanyak 8, 10 dan 12 buah. Magnet permanen diletakkan pada arah fluks radial dengan jarak antar magnet yang divariasikan yaitu 1 mm, 3 mm, 6 mm dan 9 mm. Beberapa variasi tersebut digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap sebaran kerapatan fluks.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penulisan ini antara lain :

1. Untuk mendesain rotor generator magnet permanen dengan berbagai variasi jarak antar magnet permanen dengan variasi jumlah kutub sebanyak 8, 10 dan 12 buah.
2. Untuk menentukan pengaruh variasi jumlah kutub dan variasi jarak antar magnet terhadap sebaran kerapatan fluks.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah agar penelitian ini dapat tertuju dengan baik diantaranya yaitu :

1. Mendesain generator magnet permanen satu fasa.
2. Dalam penulisan ini, penulis tidak membahas stator tetapi hanya mengembangkan desain rotor.
3. Mengabaikan rugi-rugi yang terjadi pada generator.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori dasar terkait dengan generator magnet permanen, konstruksi dari generator, perbandingan antar generator fluks aksial dan generator fluks radial, dan *Finite Element Magnetics Method* (FEMM).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memuat tentang tempat, waktu, aplikasi yang digunakan, penjelasan mengenai ukuran dan karakteristik penggunaan dalam pembuatan model generator, dan flowchart teknik pengambilan data dan pengolahan data yang digunakan untuk menyusun tugas akhir.

BAB IV HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan hasil simulasi yang telah diperoleh dari penelitian kemudian dari hasil tersebut akan dianalisis sesuai dengan teori yang ada dan parameternya.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan dari analisa data yang telah diambil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. E. Pramono, F. Muliawati, And N. F. Kurniawan, “Desain Dan Uji Kinerja Generator Ac Fluks Radial Menggunakan 12 Buah Magnet Permanen Tipe Neodymium (Ndfeb) Sebagai Pembangkit Listrik,” *Juteks*, Vol. 4, Pp. 34–40, 2017.
- [2] F. T. Ui, “Simulasi Optimalisasi..., Satrio Wicaksono, Ft Ui, 2012,” 2012.
- [3] A. E. Putra, “Perancangan Dan Pembuatan Generator Fluks Radial Satu Fasa Menggunakan Lilitan Kawat Sepeda Motor Dengan Variasi Diameter Kawat,” 2014.
- [4] E. El Fiqhar, F. D. Wijaya, And H. St, “Resistif Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah,” *J. Penelit. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 72–76, 2014.
- [5] F. T. Ui, “Simulasi Optimasi..., Paksi Pujiyanto, Ft Ui, 2012,” 2012.
- [6] U. S. Utara, “Bab Ii,” Pp. 6–45.
- [7] F. T. Ui, “Simulasi Optimasi, Gustaf Bahtiar, Ft Ui, 2012,” 2012.
- [8] Mulyadi, P. Sardjono, Djuhana, K. H. Z, And M. Situmorang, “Generator Listrik Magnet Permanen Tipe Aksial Fluks Putaran Rendah Dan Uji Performa,” *Issn*, Vol. 1, No. November, Pp. 1–13, 2016.
- [9] Andika And A. Hamzah, “Perancangan Dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah,” *Univ. Riau*, Vol. 5, No. 1, Pp. 1–8, 2018.
- [10] E. Sofian, “Studi Bentuk Rotor Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Inti Stator,” 2011.
- [11] Y. I. Nakhoda And C. Saleh, “Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel,” *J. Ilm. Setrum*, Vol. 5, No. 2, Pp. 71–76,

2016.

- [12] 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.
- [13] M. F. Alqodri, C. E. Rustana, And H. Nasbey, “Rancang Bangun Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (Ndfeb) Untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Double-Stage Savionus,” *Semin. Nas. Fis. Snf 2015*, Vol. Iv, Pp. 135–142, 2015.
- [14] 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, Sep. 2013.
- [15] K. B. Baltzis, “The Finite Element Method Magnetics (Femm) Freeware Package: May It Serve As An Educational Tool In Teaching Electromagnetics?,” *Educ. Inf. Technol.*, Vol. 15, No. 1, Pp. 19–36, 2010.