

SKRIPSI

**DISAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGGUNAKAN
SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD MAGNETICS SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF**



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

Oleh :

DHIMAS PRABOWO

03041381621106

**TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**DISAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGGUNAKAN
SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD MAGNETICS SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF**



SKRIPSI

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

Oleh :

**DHIMAS PRABOWO
03041381621106**

Palembang, 7 November 2023

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**




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

**Ir. Hj. Sri Agustina, M.T.
NIP. 196108181990032003**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

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

Tanda tangan :  _____

Pembimbing utama : Ir. Hj. Sri Agustina, M.T.

Tanggal :21/November/2023

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

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

Nama : Dhimas Prabowo
NIM : 03041381621106
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Sriwijaya
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 :

**DISAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGGUNAKAN
SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD MAGNETICS SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang
Pada tanggal 21 November 2023
Yang menyatakan,



Dhimas Prabowo

HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dhimas Prabowo

NIM : 03041381621106

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil pengecekan

Software/iThenticate/Turnitin : 9%

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Disain generator magnet permanen menggunakan *software finite element method magnetics* sebagai pembangkit listrik alternatif” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya, apabila ternyata di kemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, 21 November 2023



Dhimas Prabowo

NIM. 03041381621106

KATA PENGANTAR

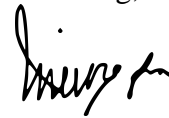
Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT serta salam dan shalawat agar tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul “Disain Generator Magnet Permanen Dengan Software Finite Element Method Magnetics”.

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Hj. Sri Agustina, M.T., selaku pembimbing tugas akhir
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik
4. Bapak dan Ibu dosen penguji, Bapak Ir. Sariman M.S., Ibu Dr. Herlina S.T., M.T., atas bimbingan dan saran-saran yang telah diberikan.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan
6. Orang tua, saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi
7. Teman-teman yang membantu dan memberikan dukungan
8. Diri saya sendiri yang telah berusaha dan berjuang untuk menyelesaikan skripsi

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, 27 Juli 2023



Dhimas Prabowo
03041381621106

ABSTRAK**DISAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGGUNAKAN
SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD MAGNETICS SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF**

(Dhimas Prabowo, 03041381621106, 2023)

Dalam pembangkitan energi listrik, disain dari sebuah generator sangat berpengaruh terhadap keluaran tenaga listrik yang dihasilkan. Untuk membuat suatu generator perhitungan secara teoritis dan prakteknya di lapangan harus seimbang, dikarenakan ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi dari generator tersebut, seperti jenis bahan yang digunakan sebagai penyusun generator, konstruksi dari generator dan distribusi fluks magnet antara rotor dengan stator. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan suatu disain dari generator menggunakan simulasi pada aplikasi *Finite Element Method Magnetics*. Pada disain ini, secara teoritis kerapatan fluks maksimal dari magnet permanen adalah sebesar 0.0005 Wb/m^2 akan tetapi pada simulasi terhitung rata-rata kerapatan fluks maksimal magnet yang menginduksi inti stator hanya sebesar $0.000315919167 \text{ Wb/m}^2$ yang berarti nilainya lebih kecil dari teori dan tentunya hal ini akan berpengaruh terhadap keluaran daya dari generator. Berdasarkan analisa dari data yang di dapatkan, hal ini terjadi karena distribusi medan magnet pada disain ini belum optimal. Maka dari itu perlu dilakukan dengan cara menambahkan jumlah lilitan pada stator, memperbesar ukuran magnet dan memperkecil celah udara antara rotor dengan stator yang bertujuan untuk mendapatkan kerapatan fluks magnetik yang lebih baik.

Kata kunci : generator magnet permanen, distribusi fluks magnet, *finite element method magnetics*.

ABSTRACT**PERMANENT MAGNET GENERATOR DESIGN USING
SOFTWARE FINITE ELEMENT METHOD MAGNETICS AS
AN ALTERNATIVE ELECTRICITY GENERATOR**

(Dhimas Prabowo, 03041381621106, 2023)

In generating electrical energy, the design of a generator greatly influences the output of electrical power produced. To make a generator, theoretical calculations and practice in the field must be balanced, because there are several factors that can influence the efficiency of the generator, such as the type of material used to make up the generator, the construction of the generator and the distribution of magnetic flux between the rotor and the stator. Therefore, this research was carried out to optimize a generator design using simulation in the application *Finite Element Method Magnetics*. In this design, theoretically the maximum flux density of the permanent magnet is 0.0005 Wb/m^2 . However, in the simulation, the average maximum magnetic flux density that induces the stator core is only $0.000315919167 \text{ Wb/m}^2$. Which means the value is smaller than theory and of course this will affect the power output of the generator. Based on analysis of the data obtained, this occurs because the magnetic field distribution in this design is not optimal. Therefore, this needs to be done by increasing the number of windings on the stator, increasing the size of the magnet and reducing the air gap between the rotor and the stator with the aim of getting a better magnetic flux density.

Keywords : permanent magnet generator, magnetic flux distribution, *finite element method magnetics*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Hukum Gauss	5
2.3 Hukum Faraday	5
2.4 Medan Magnet	6
2.5 Generator	9
2.6 Rangkaian Ekuivalen Magnetik	10

2.7 Rangkaian Magnetik Dengan Celah Udara	11
2.8 Generator Magnet Permanen	12
2.8.1 Prinsip Kerja.....	13
2.9 Proses Pembangkitan Tegangan pada Generator Magnet Permanen	13
2.9.1 Gaya Gerak Listrik.....	13
2.9.2 Pembangkitan Gaya Gerak Listrik pada Generator Magnet Permanen	14
2.10 Hubungan Tegangan dengan Jumlah Lilitan	16
2.11 Konduktor	16
2.11.1 Jenis Bahan Konduktor	16
2.11.2 Kawat Email	17
2.12 Stabilizer	17
2.13 Baterai.....	18
2.13.1 Prinsip Kerja Baterai.....	18
2.13.2 Proses Pengisian Baterai	18
2.13.3 Koefisien Kinerja (COP) pada Magnet Permanen.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Lokasi Penelitian	21
3.2 Waktu Penelitian	21
3.3 Metode Penelitian.....	23
3.4 Peralatan dan Bahan	23
3.4.1 Komputer dan software FEMM.....	23
3.5 Konstruksi Generator Magnet Permanen.....	23
3.6 Prosedur Simulasi.....	27
3.7 Model Simulasi	28
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Perhitungan Tegangan pada Generator.....	31
4.2 Perhitungan Arus pada Generator	32
4.3 Waktu yang dibutuhkan untuk Pengisian Baterai	33
4.4 Perhitungan <i>COP</i>	33
4.5 Data hasil simulasi.....	34
4.6 Tabel Data Hasil Simulasi	46

4.7 Perhitungan GGL dari Disain	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis garis gaya dari beberapa bentuk magnet.....	6
Gambar 2.2 Interaksi dua kutub magnet	7
Gambar 2.3 Kesetimbangan gaya tolak-menolak magnet dan gaya berat ..	8
Gambar 2.4 Bagian-bagian generator AC dan generator DC.....	10
Gambar 2.5 Rangkaian toroida magnet.....	10
Gambar 2.6 Penampang lintang mesin berputar.....	11
Gambar 2.7 Struktur inti magnet dengan celah udara.....	12
Gambar 2.8 Skema dari generator magnet permanen yang dirancang oleh <i>John Bedini</i>	12
Gambar 3.1 Magnet <i>neodymium</i>	24
Gambar 3.2 Kawat email tembaga	25
Gambar 3.3 Besi Silikon.....	25
Gambar 3.4 Konstruksi generator	26
Gambar 3.5 Baterai 12 Volt 6Ah	26
Gambar 3.6 Perpotongan garis fluksi yang memotong kumparan.....	28
Gambar 4.1 Skema pengisian pada baterai.....	32
Gambar 4.2 Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 1.....	34
Gambar 4.3 Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 2.....	35
Gambar 4.4 Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 3.....	36
Gambar 4.5 Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 4.....	37
Gambar 4.6 Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 5.....	38

- Gambar 4.7** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 6..... 39
- Gambar 4.8** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 7..... 40
- Gambar 4.9** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 8..... 41
- Gambar 4.10** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 9.... 42
- Gambar 4.11** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 10.. 43
- Gambar 4.12** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 11.. 44
- Gambar 4.13** Grafik dan rata-rata kerapatan fluks magnet pada stator 12.. 45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel magnet permanen.....	9
Tabel 2.2 Kemampuan hantar arus pada kawat email	17
Tabel 3.1 Tabel agenda penelitian	22
Tabel 4.1 Tabel data hasil pengukuran	46

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Banyaknya garis fluks magnet pada permukaan tertutup.....	5
Rumus 2.2 Fluks maksimal	5
Rumus 2.3 Kerapatan fluks maksimum magnet.....	5
Rumus 2.4 Tegangan gerak elektrik terhadap waktu.....	6
Rumus 2.5 Arus pada lilitan toroida	11
Rumus 2.6 Panjang lintasan lilitan kawat pada toroida	11
Rumus 2.7 GGL dengan konstanta mesin.....	14
Rumus 2.8 Nilai konstanta mesin	15
Rumus 2.9 GGL pada setiap konduktor.....	15
Rumus 2.10 GGL pada kumparan lilitan	15
Rumus 2.11 GGL pada 2 jalur belitan paralel.....	15
Rumus 2.12 GGL Jalur paralel terhadap kutub magnet.....	15
Rumus 2.13 Tegangan rms.....	15
Rumus 2.14 Nilai putaran untuk mencapai frekuensi tertentu	16
Rumus 2.15 Nilai COP.....	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Arah fluksi pada disain generator

Lampiran 2 Densitas fluks magnet yang menginduksi inti stator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan sumber energi yang sangat diperlukan dalam kehidupan kita sehari-hari karena sebagian besar aktivitas manusia sangat bergantung dengan keberadaan energi listrik. Meningkatnya minat akan energi dari tahun ke tahun serta keinginan untuk menjaga bumi dari peningkatan suhu di seluruh bumi dan kontaminasi lingkungan terhadap polutan sehingga beberapa upaya dilakukan untuk menekan kerusakan lingkungan dengan cara menciptakan inovasi untuk menghasilkan energi alternatif yang sifatnya ramah lingkungan[1]. Sehingga mendorong para peneliti untuk berlomba-lomba mengamati energi alternatif yang bersih dan sederhana. Berbagai bidang teknologi terus memperluas pengetahuan untuk menciptakan suatu terobosan untuk mendapatkan energi alternatif sebanyak yang diharapkan dengan jumlah polusi yang sedikit.

Ketika suatu waktu terjadi pemadaman listrik dikarenakan ada gangguan pada saluran sistem tenaga listrik oleh produsen listrik ini adalah masalah bagi konsumen, maka dari itu generator set ini adalah pilihan atau salah satu solusi yang bisa dipakai untuk menanggulangi masalah tersebut. Akan tetapi dalam penggunaannya, genset memiliki beberapa kelemahan, antara lain suara yang mengganggu dan sisa gas hasil pembakaran yang akan merugikan orang di sekitarnya[2].

Oleh karena itu, generator dengan magnet permanen ini dibuat, generator ini adalah pilihan yang layak dibandingkan dengan sumber energi biasa. Manfaat menggunakan generator dengan magnet permanen adalah dapat menghasilkan energi listrik sesuai dengan keinginan konsumen mau dipakai dimana dan kapan saja. Generator ini dapat bekerja sebagai mana fungsinya yaitu membuat energi listrik dengan bantuan magnet permanen yang ada di dalam generator itu sendiri. Jadi selama magnet permanen ini memiliki daya induksi magnet yang kuat untuk menginduksi kumparan pada stator, generator akan menghasilkan energi listrik. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan adalah pemilihan jenis material

penyusun generator itu sendiri, celah udara antara rotor dengan stator dan konfigurasi jumlah kutub magnet dengan jumlah alur statornya. Distribusi fluks magnetik juga sangat perlu di simulasikan sebelum membuat suatu generator[15]. Akan tetapi penyebaran fluks magnetik itu tidak bisa di lihat secara kasat mata, diperlukan simulasi terlebih dahulu menggunakan suatu aplikasi yang bernama *FEMM 4.2*[16]. Maka dari itu penulis akan membahas "Disain Generator Magnet Permanen Menggunakan *Software Finite Element Method Magnetics* Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif "

1.2 Perumusan Masalah

Generator magnet permanen berfungsi sebagai sumber energi alternatif. Dalam skripsi ini penulis akan membahas tentang cara mendisain suatu generator magnet permanen secara optimal. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk merencanakan generator magnet permanen agar bisa optimal dan efisien yaitu dengan cara memperhatikan dan mengamati distribusi medan magnet pada generator tersebut, karena distribusi medan magnet tersebut tidak bisa dilihat secara langsung oleh mata, maka dari itu dibutuhkan suatu *Software* yang digunakan untuk mensimulasikan bentuk dari generator tersebut. *Software* yang dipakai pada penelitian ini adalah *Finite Element Method Magnetics (FEMM)*.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendisain generator dengan magnet permanen
2. Mengamati hal yang mempengaruhi distribusi medan magnet pada generator
3. Mengamati pengaruh bentuk konstruksi generator terhadap penyebaran fluks magnetik
4. Mengamati medan magnet yang menginduksi inti besi

1.4 Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa batasan masalah yang ada pada penulisan ini :

1. Menggunakan magnet jenis *neodymium* yang berjumlah 12 buah
2. Jarak antara magnet dengan stator adalah sebesar 2mm

3. Menggunakan 12 buah kumparan dengan 40 lilitan kawat berdiameter 1mm
4. Desain hanya menampilkan gambar 2 dimensi

1.5 Metode Penelitian

Berikut ini adalah beberapa metode yang digunakan untuk penulisan tugas akhir :

1. Studi Literatur
Metode ini dilakukan dengan mencari informasi dan berkonsentrasi pada detail bahan dan peralatan di generator yang akan digunakan.
2. Pengumpulan Data
Melakukan pengamatan terhadap data-data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penulisan ini
3. Pengolahan Data
Mengolah beberapa data yang didapat untuk menganalisa hal apa saja yang dapat membantu menentukan perencanaan generator magnet permanen ini.
4. Diskusi
Melakukan tanya jawab untuk menggali informasi yang berkaitan dengan penulisan ini
5. Bimbingan
Konsultasi kepada dosen pembimbing atau sesama mahasiswa untuk mencari jalan keluar atau penyelesaian ketika menemui kesulitan pada saat melakukan penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan dalam tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang pengertian dari generator, macam-macam generator, dan bagian-bagian pendukung yang digunakan.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu yang digunakan untuk penelitian, tempat yang dipakai untuk melakukan penelitian, metode yang dipakai dalam melakukan perencanaan, dan diagram alir proses penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil simulasi, perhitungan dan analisa data yang di dapatkan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang telah didapat pada saat melakukan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayu, Anisa 2018 "Rancang Bangun Motor Generator Set Sebagai Alternatif Genset Pada Pembangkit Energi Listrik". Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- [2] Nurrahmat, Tri Buana, 2018 "Perencanaan Generator Magnet Permanen Sebagai Pengganti Generator Set". Indralaya : Universitas Sriwijaya
- [3] Rahmawati. Agustina, Sri. 2017. The Design of Permanent Magnetic Generator as Substitution For Generator Set. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- [4] Prasetijo, Hari. Ropiudin. Dharmawan, Budi. 2012. Skripsi: *Generator Magnet Permanen Sebagai embangkit Listrik Putaran Rendah*. Purwokerto : Universitas Jendral Sudirman.
- [5] Hartono, S dan Wihantoro, " Prototype Generator Magnet Permanen Menggunakan Kumparan Stator Ganda" , *Berkala Fisika .*, vol. 17, no. 4, pp. 115-120, 2014.
- [6] Syafril, Muhammad Rayyin. 2018. Skripsi: *Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Sebagai Sumber Utama Energi Utama Pada Mobil Listrik*. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- [7] Arief Wibowo, Muhammad, 2011. Skripsi: *Studi Awal Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Pada Gedung D Fakultas Teknik Kampus Palembang Universitas Srwijaya*. Palembang : Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Sriwijaya
- [8] Sunarlik, Wahyu, 2011. Skripsi: *Prinsip Kerja Generator Sinkron*. Kediri : Universitas Pawayatan Daha Kediri.n
- [9] Selviani, Yevi. 2011. Skripsi : *Evaluasi Implementasi Generator Bedini Untuk Pengisian Uang Baterai Pada Mobil Listrik*. Palembang.
- [10] Lindemann, Peter. 2014. *Bedini SG the complete Advance Handbook*. A&P Electronic Media. Liberty Lake, Washington.

- [11] Henderson, JR. Miller, Timothy Jhon Eastham. 1994. Design of Brushless Permanent-magnet Motors Oxford.
- [12] Setiono, Iman. "Akumulator Pemakaian dan Perawatannya", *METANA* ., vol. 11, no. 1, pp.31-36, 2015.
- [13] Setyawan, Lucki & A. Grummy. "Peningkatan COP (Coefficient Of Performance) Sistem AC Mobil dengan Menggunakan Air Kondensasi", *JTM* ., vol. 2, no. 2, pp.162-171, 2014.
- [14] Fakhurrazzey, Fahzal Shahrel. Othman, Zulkifli, *IEEE*. 2014. Performance Comparison of 4-Pole Neodymium Magnet Bedini SSG Free Energy Generator. IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2014). Malaysia : The Jewel of Kedah.
- [15] Wicaksono, Satria, 2012 "*Simulasi Optimalisasi Sebaran Kerapatan Fluks Magnet Pada Jumlah Kutub dan Jarak Antar Magnet Permanen Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Radial*". Depok : Universitas Indonesia.
- [16] Mihaela Osaci, Corina Daniela Cuntan, Ioan Baciuc, "Solution for Using FEMM in Electrostatic Problems with Discrete Distribution Electric Charge", *International Journal of Modern Education and Computer Science(IJMECS)*, Vol.14, No.4, pp. 57-66, 2022.DOI: 10.5815/ijmeecs.2022.04.05