

**”SIMULASI EFISIENSI MOTOR LISTRIK AXIAL BLDC  
DENGAN BAHAN SOFT MAGNETIK VARIASI KOMPAKSI  
DAN PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN PERANGKAT  
LUNAK ANSYS MAXWELL”**

**Dosen Pembimbing I: Prof. Muh. Nizam, S.T., M.T., Ph.D.**

**Dosen Pembimbing II: Dr. Miftahul Anwar, S.Si., M.Eng.**



**Oleh:**

**RINO HERWANGGA**

**NIM. I 1413024**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**2017**

## **MOTTO**

**“Berhentilah mengkhawatirkan masa depan, syukurilah hari ini dan hiduplah sebaik-baiknya pasti kita akan merasakan betapa hidup ini sangatlah indah untuk dinikmati”**

**(Rino Herwangga)**

**”SIMULASI EFISIENSI MOTOR LISTRIK AXIAL BLDC  
DENGAN BAHAN SOFT MAGNETIK VARIASI KOMPAKSI  
DAN PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN PERANGKAT  
LUNAK ANSYS MAXWELL”**

**Rino Herwangga**

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

[e-mail : Rino.herwangga@yahoo.com](mailto:Rino.herwangga@yahoo.com)

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi motor listrik dengan *soft magnetic composite* dan *laminare* menggunakan perangkat lunak *Ansys Maxwell*. Material *soft magnetic composite* yang diberi tekanan kompaksi 4, 5 dan 6 ton dari penelitian sebelumnya digunakan untuk input data pada simulasi efisiensi motor listrik. Data yang digunakan adalah kurva histerisis hasil dari pengujian VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*). *Ansys Maxwell Rmxprt* digunakan untuk mensimulasikan efisiensi motor listrik. Hasil dari simulasi *Ansys Maxwell Rmxprt* berupa kurva hubungan antara efisiensi motor listrik dengan putaran motor listrik. Hasil simulasi efisiensi motor listrik dengan bahan *soft magnetic composite* selanjutnya dibandingkan dengan nilai efisiensi motor listrik dengan bahan *laminare*. Hasil penelitian menunjukkan nilai efisiensi motor listrik dengan *soft magnetic composite* yang diberi tekanan kompaksi 4, 5 dan 6 ton berturut-turut sebesar 84,05 %; 84,07 % dan 84,71 %. Efisiensi motor listrik dengan inti lilitan material *laminare* sebesar 85,19 %. Dari simulasi didapatkan bahwa nilai tekanan kompaksi yang diberikan pada material *soft magnetic composite* berpengaruh terhadap nilai efisiensi motor listrik. Penelitian ini menyimpulkan efisiensi motor listrik cenderung meningkat seiring bertambahnya nilai tekanan kompaksi pada material.

Kata kunci : *Soft Magnetic Composite, VSM, Ansys Maxwell, Rmxprt*, efisiensi motor listrik.

**“SIMULATION EFFICIENCY OF AXIAL ELECTRIC MOTOR BLDC WITH SOFT MAGNETIC MATERIAL COMPACTION VARIATION AND HEAT TREATMENT USING ANSYS MAXWELL SOFTWARE”**

**Rino Herwangga**

*Departement of Mechanical Engineering  
Engineering Faculty of Sebelas Maret University  
Surakarta, Indonesia*

*[e-mail : Rino.herwangga@yahoo.com](mailto:Rino.herwangga@yahoo.com)*

*Abstract*

*The research was conducted to determine the electric motors efficiency with soft and laminate magnetic composite by using Ansys Maxwell software. Soft magnetic composite material which was given 4, 5, and 6 tons of compaction pressure from previous research performed to fill the input data on electric motor efficiency simulation. The exploited data was hysteresis curve which was demonstrated from VSM (Vibrating Sample Magnetometer) testing. Ansys Maxwell Rmxprt was generated to simulate the electric motor efficiency. The simulation results were a relation curve between efficiency to the electric motor rotation. Its simulation output which was employed a soft magnetic composite then compared to the laminated one. The products portrayed that its soft magnetic composite value for 4, 5, and 6 tons of compacting pressure were 84.05%; 84.07%, and 84.71% respectively. The laminated one was exhibited 85.19%. The compaction pressure amounts which placed on soft magnetic composite material were affected to the electrical motor efficiency has been obtained from the simulation process. As a conclusion of this research, its trend was tend to be risen up to the value of material compacting pressure.*

*Keywords : Soft Magnetic Composite, VSM, Ansys Maxwell, Rmxprt, Electric motor efficiency simulation*

## Kata Pengantar

*Alhamdulillah* *Rabbilalamin*. Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi “Simulasi Efisiensi Motor Listrik Axial BLDC dengan Perlakuan Panas Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Maxwell” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyelesaian skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada:

1. Prof. Muhammad Nizam ST., MT., Ph.D Pembimbing I atas bimbingannya hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Miftahul Anwar, S.Si., M.Eng selaku Pembimbing II yang telah turut serta memberikan bimbingan yang berharga bagi penulis.
3. Bapak Dr. Joko Triyono, ST., MT., Bapak Purwadi Joko Widodo, ST., M.Kom dan Bapak R. Lulus Lambang, ST., MT., selaku dosen penguji tugas akhir saya telah memberi saran yang membangun.
4. Bapak D Danardono Dwi Prija T, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing Akademis yang telah menggantikan sebagai orang tua penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret.
5. Bapak Dr. Nurul Muhayat, ST., MT selaku koordinator Tugas Akhir
6. Seluruh Dosen dan Staf Karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret yang turut mendidik dan membantu penulis hingga menyelesaikan studi S1.

7. Hery Tri Waloyo, ST., MT yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Kedua orang tua saya tercinta dan adik tersayang di Pati, terima kasih atas segala bantuan dan doa yang telah diberikan.
9. Teman seperjuangan penulis Asep, Ivan, Anta serta teman – teman yang lain yang tak bisa penulis sebutkan satu – persatu.
10. Teman-teman Teknik Mesin Non-reguler angkatan 2013 jangan sampai putus tali hubungan kita sampai kapan pun.
11. Anik Sulistyaningsih A.Md. Kep. terima kasih atas segala bantuan dan doa selama penyusunan penulisan Tugas Akhir saya.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan Skripsi. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan laporan Skripsi ini.

Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pembaca untuk kemajuan yang lebih baik.

Surakarta, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	<i>i</i>
Abstrak .....	<i>ii</i>
Kata Pengantar .....	<i>iv</i>
Daftar Isi .....	<i>vi</i>
Daftar Tabel .....	<i>viii</i>
Daftar Gambar .....	<i>xi</i>
Daftar Persamaan .....	<i>xi</i>
Daftar Notasi .....	<i>xii</i>
Daftar Lampiran .....	<i>xiii</i>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Dan Manfaat .....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka .....	4
2.2. Dasar Teori .....	5
2.2.1. Magnet .....	5
2.2.1.1 Medan Magnet .....	6
2.2.1.2 Bahan-Bahan Magnetik.....	7
2.2.2. Motor Listrik .....	8
2.2.2.1 Jenis-Jenis Motor Listrik.....	9
2.2.2.2 Efisiensi Motor Listrik .....	12
2.2.3. <i>Ansys Maxwell</i> .....	12
2.2.3.1 Fitur <i>ANSYS Maxwell RMaxprt</i> .....	13

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Tempat Penelitian .....	17
3.2. Alat Dan Bahan Yang Digunakan .....	17
3.3. Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1. Membuat Desain Motor Listrik .....	17
3.4. Metode Analisis Data .....	21
3.5. Diagram Alir Penelitian .....	22
3.6. Indikator Keberhasilan Penelitian .....	23

### **BAB IV DATA DAN ANALISA**

4.1. Hasil Penelitian .....	24
4.1.1. Hasil Pengujian VSM ( <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> ) .....	24
4.2. Pembahasan .....	27
4.2.1. Analisa Efisiensi Motor Listrik.....	27
4.3. Validasi Antara Spesimen <i>Laminate</i> Dengan Spesimen SMC .....	34

### **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	36
5.2. Saran .....	36
Daftar Pustaka .....	37
Lampiran .....	39



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Properti umum motor .....	18
Tabel 3.2. Dimensi dan jenis material dari <i>stator</i> .....	19
Tabel 3.3. Dimensi dari <i>slot stator</i> .....	19
Tabel 3.4. Parameter pada <i>winding stator</i> .....	20
Tabel 3.5. Dimensi dan jenis material <i>rotor</i> .....	20
Tabel 4.1. Nilai efisiensi motor listrik pada kecepatan 10000 rpm .....	32
Tabel 4.2. <i>Core loss</i> pada motor listrik .....	32

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. (a) soft magnet dan (b) hard magnet.....	6
Gambar 2.2. Konstruksi <i>brushed motor</i> .....	10
Gambar 2.3. Konstruksi BLDC <i>Inner-Rotor Motors</i> dan <i>Outer-Rotor Motors</i> .....	11
Gambar 2.4. Model <i>RMxpvt Ansoft Maxwell</i> .....	13
Gambar 2.5. Visualisasi <i>set up</i> tipe motor listrik yang akan digunakan	14
Gambar 2.6. Visualisasi jenis <i>slot stator</i> (a) <i>slot stator</i> tipe 1, (b) <i>slot stator</i> tipe 2, (c) <i>slot stator</i> tipe 3, (d) <i>slot stator</i> tipe 4 ....	15
Gambar 2.7. Visualisasi jenis <i>slot rotor</i> (a) <i>slot rotor</i> tipe 1, (b) <i>slot rotor</i> tipe 2, (c) <i>slot rotor</i> tipe 3, (d) <i>slot rotor</i> tipe 4, (e) <i>slot rotor</i> tipe 5 .....	16
Gambar 3.1. Visualisasi properti stator pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> ..	18
Gambar 3.2. Visualisasi properti <i>slot stator</i> pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> .....	19
Gambar 3.3. Visualisasi properti rotor pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> ...	20
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Laminate</i> .....	24
Gambar 4.2. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 4 Ton.....	25
Gambar 4.3. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 5 Ton.....	26
Gambar 4.4. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 6 Ton.....	27
Gambar 4.5. Visualisasi set up propertis material pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> .....	28
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara B dan H pada spesimen <i>laminate</i> , spesimen <i>soft magnetic composite</i> dengan nilai tekanan kompaksi 4 ton, spesimen <i>soft magnetic composite</i> dengan nilai tekanan kompaksi 5 ton, spesimen <i>soft magnetic composite</i> dengan nilai tekanan kompaksi 6 ton .....	29

Gambar 4.7. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap nilai efisiensi motor listrik.....	30
Gambar 4.8. Perbandingan nilai efisiensi motor listrik pada putaran 10000 rpm.....	31
Gambar 4.9. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap <i>core loss</i> .....	33
Gambar 4.10. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap permeabilitas.....	34

## DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan (2.1) Kuat medan magnet.....	6
Persamaan (2.2) Permeabilitas magnet .....	6
Persamaan (2.3) Permeabilitas relatif.....	7
Persamaan (2.4) Efisiensi motor listrik .....	12

## DAFTAR NOTASI

$B$	Rapat fluks magnet ( $\text{W/m}^2$ )
$Br$	Induksi remanen (henry)
$H$	Kuat medan magnet (Oe)
$H_c$	Gaya koersif (KA/m)
$I$	Arus (ampere)
$N$	Cacah lilitan
$R_M$	Reluktansi magnet (A/Wb)
$\mu$	Permeabilitas magnet (H/m)
$\mu_o$	Permeabilitas ruang kosong (Wb/Am)
$\mu_r$	Permeabilitas relatif
	Gaya gerak magnetis (At)
	Fluks magnetik (weber)

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Hasil Pengujian VSM .....	40
Lampiran B. Gambar Garfik Hasil Simulasi Efisiensi Motor Listrik.....	52
Lampiran C. Surat Keterangan Pengujian VSM .....	57