

**PENGARUH PROSES PEMBUATAN INTI LILITAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
PEMODELAN PERANGKAT LUNAK ANSYS MAXWELL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh:

**ASEP QODAR MAULANA
NIM. I 1413008**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2015



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TRANSFER TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Kington Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : **S1 Transfer Teknik Mesin**
Nomor : **0653/TA/S1/03/2016**

Nama : **ASEP QODAR MAULANA**
NIM : **I1413008**
Bidang : **Ilmu Bahan**
Pembimbing 1 : **Prof. Muhammad Nizam ST., MT.,
Ph.D/197007201999031001**
Pembimbing 2 : **Miftahul Anwar, PhD/1983032420130201**
Penguji : **1. DR. JOKO TRIYONO, ST, MT/ 196906251997021001**
**2. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM/
197301261997021001**
3. R. LULUS LAMBANG, ST,MT/ 197207052000121001
Mata Kuliah Pendukung
1. TEKNOLOGI KOMPOSIT(MS04033-10)
2. MANAJEMEN ENERGI(MS06123-10)
3. PEMILIHAN BAHAN & PROSES(MS75012-10)

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH PROSES PEMBUATAN INTI LILITAN
TERHADAP EFISIENSI MOTOR LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN PERANGKAT LUNAK
ANSYS MAXWELL"**



Surakarta, **2016-04-03 12:03:28**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP: **197106151998021002**

Tembusan :

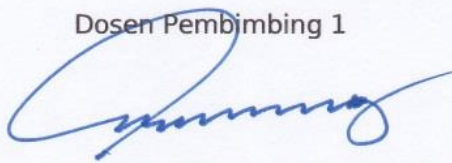
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

**PENGARUH PROSES PEMBUATAN INTI LILITAN TERHADAP EFISIENSI
MOTOR LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN PERANGKAT
LUNAK ANSYS MAXWELL**

Disusun Oleh

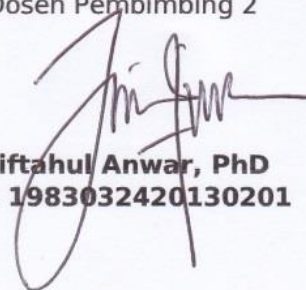
ASEP QODAR MAULANA
NIM : 11413008

Dosen Pembimbing 1



Prof. Muhammad Nizam ST., MT., Ph.D
NIP. 197007201999031001

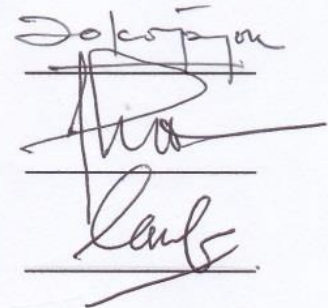
Dosen Pembimbing 2



Miftahul Anwar, PhD
NIP. 1983032420130201

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **19-04-2016**, pukul **11:00:00**, bertempat di **M.101, Gd. 1 FT-UNS.**

1. DR. JOKO TRIYONO, ST, MT
196906251997021001
2. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM
197301261997021001
3. R. LULUS LAMBANG, ST,MT
197207052000121001

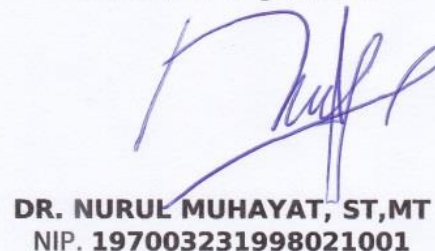


Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

**PENGARUH PROSES PEMBUATAN INTI LILITAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
PEMODELAN PERANGKAT LUNAK ANSYS MAXWELL**

Asep Qodar Maulana

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

[e-mail : asepqodarmaulana@gmail.com](mailto:asepqodarmaulana@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi motor listrik dengan inti lilitan *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 inti lilitan *soft magnetic composite* selanjutnya dibandingkan dengan nilai efisiensi motor listrik dengan inti lilitan *laminare*.

Hasil penelitian menunjukkan nilai efisiensi motor listrik dengan inti lilitan *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.

EFFECT OF CORE MANUFACTURE PROCESS FOR EFFICIENCY OF ELECTRIC MOTOR USING ANSYS MAXWELL SIMULATION SOFTWARE

Asep Qodar Maulana

*Departement of Mechanical Engineering
Engineering Faculty of Sebelas Maret University
Surakarta, Indonesia
[e-mail : asepqodarmaulana@gmail.com](mailto:asepqodarmaulana@gmail.com)*

Abstract

The research was conducted to determine the efficiency of electric motors with soft magnetic composite core and laminate core by used software Ansys Maxwell. Soft magnetic material which was pressed with compaction pressure of 4, 5 and 6 tons used as an input data on simulation efficiency of electric motor. The used datas were hysteresis curve which is the result of VSM (Vibrating Sample Magnetometer) testing. Ansys Maxwell Rmxprt was used to simulate efficiency of electric motor. The results of Ansys Maxwell Rmxprt simulation was a relation curve between the efficiency and the rotation of the electric motor. The simulation results of electric motor efficiency using soft magnetic composite core furthermore were compared to the efficiency value of electric motor using laminate core.

The results showed that the efficiency value of electric motor using soft magnetic composite core with compacting pressure of 4, 5 and 6 tons was 84,05 %; 84,07 % and 84,71 %, respectively. Efficiency value of electric motor with core laminate material was 85,19 %. The simulation showed that the value of a compaction pressure given to soft magnetic composite material affects on the efficiency of electrical motor. As a conclusion of this research the efficiency value of electric motor trend increase with increasing the value of compacting pressure on the material.

Keywords : Soft Magnetic Composite, VSM, Ansys Maxwell, Rmxprt, Efficiency of electric motor.

Kata Pengantar

Alhamdulillah Rabilalamin. Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi “Pengaruh Proses Pembuatan Inti Lilitan Terhadap Efisiensi Motor Listrik Dengan Menggunakan Pemodelan 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 Eko Prasetya Budiana, ST., MT selaku Pembimbing Akademis yang telah menggantikan sebagai orang tua penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret.
5. Bapak Dr. Nurul Muhyat, 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 tuaku tercinta dan kakakku tersayang di Tasikmalaya, terima kasih atas segala bantuan dan doa yang telah diberikan.
9. Teman seperjuangan penulis Rino, 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. 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, Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-------------|
| Halaman Judul..... | <i>i</i> |
| Halaman Surat Penugasan..... | <i>ii</i> |
| Halaman Pengesahan | <i>iii</i> |
| Abstrak | <i>iv</i> |
| Kata Pengantar | <i>vi</i> |
| Daftar Isi | <i>viii</i> |
| Daftar Tabel | <i>x</i> |
| Daftar Gambar | <i>xi</i> |
| Daftar Persamaan | <i>xiii</i> |
| Daftar Notasi | <i>xiv</i> |
| Daftar Lampiran | <i>xv</i> |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 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 |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2. Dasar Teori | 8 |
| 2.2.1. Magnet | 8 |
| 2.2.1.1 Medan Magnet | 8 |
| 2.2.1.2 Sifat-Sifat Magnet | 10 |
| 2.2.1.3 Material Magnet Lunak dan Magnet Keras . | 11 |
| 2.2.2. Motor Listrik | 13 |
| 2.2.2.1 Jenis-Jenis Motor Listrik..... | 13 |
| 2.2.2.2 Efisiensi Motor Listrik | 17 |
| 2.2.3. <i>Ansys Maxwell</i> | 17 |

| | |
|---|----|
| 2.2.3.1 Fitur ANSYS Maxwell RMaxprt..... | 18 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1. Tempat Penelitian | 22 |
| 3.2. Alat Dan Bahan Yang Digunakan | 22 |
| 3.3. Prosedur Penelitian..... | 22 |
| 3.3.1. Membuat Desain Motor Listrik | 22 |
| 3.4. Metode Analisis Data | 26 |
| 3.5. Diagram Alir Penelitian | 26 |
| 3.6. Indikator Keberhasilan Penelitian | 28 |
| | |
| BAB IV DATA DAN ANALISA | |
| 4.1. Hasil Penelitian | 29 |
| 4.1.1. Hasil Pengujian VSM (<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>) | 29 |
| 4.2. Pembahasan | 32 |
| 4.2.1. Analisa Efisiensi Motor Listrik..... | 32 |
| 4.3. Validasi Antara Spesimen <i>Laminate</i> Dengan Spesimen SMC | 40 |
| | |
| BAB V PENUTUP | |
| 5.1. Kesimpulan | 42 |
| 5.2. Saran | 42 |
| Daftar Pustaka | 43 |
| Lampiran | 46 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 3.1. Properti umum motor | 23 |
| Tabel 3.2. Dimensi dan jenis material dari <i>stator</i> | 24 |
| Tabel 3.3. Dimensi dari <i>slot stator</i> | 24 |
| Tabel 3.4. Parameter pada <i>winding stator</i> | 25 |
| Tabel 3.5. Dimensi dan jenis material <i>rotor</i> | 25 |
| Tabel 4.1. Hasil simulasi efisiensi maksimum motor listrik | 36 |
| Tabel 4.2. Pengaruh tekanan kompaksi terhadap koersivitas | 37 |
| Tabel 4.3. Nilai efisiensi motor listrik pada kecepatan 10000 rpm | 38 |
| Tabel 4.4. <i>Core loss</i> pada motor listrik | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. (a) ilustrasi medan magnet yang timbul di sekitar koil tembaga (solenoid), (b) ilustrasi kuat medan magnet yang meningkat di sekitar solenoid jika diletakkan inti besi pada bagian dalam solenoid | 9 |
| Gambar 2.2. Kurva histerisis untuk <i>hard material magnet</i> dan <i>soft material magnet</i> | 12 |
| Gambar 2.3. Konstruksi <i>brushed motor</i> | 15 |
| Gambar 2.4. Konstruksi BLDC <i>Inner-Rotor Motors</i> dan <i>Outer-Rotor Motors</i> | 16 |
| Gambar 2.5. Model <i>RMxpvt Ansoft Maxwell</i> | 18 |
| Gambar 2.6. Visualisasi <i>set up</i> tipe motor listrik yang akan digunakan | 18 |
| Gambar 2.7. 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 | 19 |
| Gambar 2.8. 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 | 20 |
| Gambar 3.1. Visualisasi properti stator pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> .. | 23 |
| Gambar 3.2. Visualisasi properti <i>slot stator</i> pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> | 24 |
| Gambar 3.3. Visualisasi properti rotor pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> ... | 25 |
| Gambar 4.1. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Laminate</i> | 29 |
| Gambar 4.2. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 4 Ton | 30 |
| Gambar 4.3. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 5 Ton | 31 |
| Gambar 4.4. Kurva Histerisis Uji VSM Spesimen <i>Soft-Magnetic Composite</i> dengan Tekanan Kompaksi 6 Ton | 32 |
| Gambar 4.5. Visualisasi set up propertis material pada simulasi <i>Ansys Maxwell</i> | 33 |
| 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 | 34 |
| Gambar 4.7. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap nilai efisiensi motor listrik..... | 35 |
| Gambar 4.8. Perbandingan nilai efisiensi motor listrik pada putaran 10000 rpm..... | 37 |
| Gambar 4.9. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap <i>core loss</i> | 38 |
| Gambar 4.10. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap permeabilitas..... | 39 |

DAFTAR PERSAMAAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Persamaan (2.1) Kuat medan magnet..... | 9 |
| Persamaan (2.2) Permeabilitas magnet | 10 |
| Persamaan (2.3) Permeabilitas relatif..... | 10 |
| Persamaan (2.4) Efisiensi motor listrik | 17 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------|---------------------------------------|
| B | Rapat fluks magnet (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) |
| μ | Permeabilitas magnet (H/m) |
| μ_o | Permeabilitas ruang kosong (Wb/Am) |
| μ_r | Permeabilitas relatif |
| Θ | Gaya gerak magnetis (At) |
| Φ | Fluks magnetik (weber) |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran A. Data Hasil Pengujian VSM | 46 |
| Lampiran B. Gambar Garfik Hasil Simulasi Efisiensi Motor Listrik..... | 64 |
| Lampiran C. Perhitungan Efisiensi Motor Listrik..... | 69 |
| Lampiran D Surat Keterangan Pengujian VSM..... | 70 |