

**Analisis Performa Rewinding Motor BLDC dengan *Coil*
Tembaga dan Aluminium dalam Aplikasi Drone:
Perbandingan Simulasi dan Eksperimen menggunakan
Siemens Simcenter MotorSolve**



TESIS

OLEH
Ade Paturohman
55421110006

**Program Studi Magister Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Mercubuana
2024/2025**

ABSTRAK

Drone modern membutuhkan efisiensi daya, daya angkut optimal, dan stabilitas performa. *Motor Brushless DC* (BLDC) menjadi komponen utama dalam sistem propulsi drone, di mana konfigurasi coil stator dan proses rewinding berpengaruh pada efisiensi daya, torsi, dan kecepatan putaran (RPM). Penelitian ini menganalisis performa motor BLDC dengan coil tembaga dan coil aluminium, serta membandingkan hasil eksperimen dengan simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor dengan coil tembaga memiliki efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan coil aluminium, dengan rata-rata efisiensi 80-82% dibandingkan dengan 87% pada motor original. Sementara itu, coil aluminium menunjukkan efisiensi yang sedikit lebih rendah dibandingkan coil tembaga. Hasil simulasi menunjukkan konsumsi daya yang lebih tinggi dibandingkan eksperimen, yaitu 652 Watt untuk tembaga dibandingkan dengan 265 watt pada eksperimen, serta 513 watt untuk aluminium dibandingkan dengan 270 watt pada eksperimen. Dari segi torsi, hasil simulasi menunjukkan nilai yang lebih besar, yaitu 0,613 Nm dibandingkan dengan 0,275 Nm pada eksperimen, sedangkan RPM lebih stabil pada 8000 RPM. Perhitungan kapasitas beban drone menunjukkan bahwa optimalisasi thrust diperlukan untuk keseimbangan antara daya angkut dan efisiensi operasional. Simulasi memberikan gambaran ideal performa motor, tetapi validasi melalui eksperimen tetap diperlukan untuk memastikan keakuratan hasil. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya pemilihan material coil dan validasi simulasi dalam pengembangan motor BLDC untuk aplikasi drone.

Kata Kunci: BLDC Motor, Rewinding, Tembaga *Coil*, Aluminium *Coil*, Efficiency, Torque, RPM, Thrust, Siemens Simcenter MotorSolve, Drone Performance.

ABSTRACT

Modern drones require power efficiency, optimal carrying capacity, and performance stability. Brushless DC (BLDC) motors are the main components in drone propulsion systems, where the stator coil configuration and rewinding process affect power efficiency, torque, and rotational speed (RPM). This study analyzes the performance of BLDC motors with copper coils and aluminum coils, and compares the experimental results with simulations. The results show that motors with copper coils have higher power efficiency than aluminum coils, with an average efficiency of 80-82% compared to 87% for the original motor. Meanwhile, aluminum coils show slightly lower efficiency than copper coils. The simulation results show higher power consumption than experiments, which is 652 Watts for copper compared to 265 watts in the experiment, and 513 watts for aluminum compared to 270 watts in the experiment. In terms of torque, the simulation results show a higher value, which is 0.613 Nm compared to 0.275 Nm in the experiment, while the RPM is more stable at 8000 RPM. Drone load capacity calculations show that thrust optimization is needed to balance payload and operational efficiency. Simulations provide an ideal picture of motor performance, but experimental validation is still needed to ensure the accuracy of the results. This study provides insight into the importance of coil material selection and simulation validation in the development of BLDC motors for drone applications.

Keywords: *Keywords: BLDC Motor, Rewinding, Tembaga Coil, Aluminium Coil, Efficiency, Torque, RPM, Thrust, Siemens Simcenter MotorSolve, Drone Performance.*

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi / Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Ade Paturohman
NIM : 55421110006
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Skripsi / Tesis : Analisis Performa Rewinding Motor BLDC dengan Coil Tembaga dan Aluminium dalam Aplikasi Drone: Perbandingan Simulasi dan Eksperimen menggunakan Siemens Simcenter MotorSolve

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata S1 / Strata S2 pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Pembimbing : Dr. Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc
NIDN : 0314089201
Ketua Penguji : Yudhi Gunardi, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN : 0330086902
Anggota Penguji : Dr. Umaisaroh, S.ST.
NIDN : 0315089106

Jakarta, 14 Maret 2025

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinsari, M.T

Prof. Dr. Ir. Setyo Budiyo ST.,
MT., IPU., ASEAN-ENG., APEC-

ENG

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah atas nama:

Nama : ADE PATUROHMAN
NIM : 55421110006
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis : Analisis Performa Rewinding Motor BLDC dengan Coil Tembaga dan Alumunium dalam Aplikasi Drone: Perbandingan Simulasi dan Eksperimen menggunakan Siemens Simcenter Motorsolve

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 15 Maret 2025** dengan hasil presentase sebesar **13%** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 15 Maret 2025

Administrator Turnitin,



Saras Nur Pratiha, S.Psi., MM

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarbenarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Performa Rewinding Motor BLDC dengan *Coil*
Tembaga dan Aluminium dalam Aplikasi Drone:
Perbandingan Simulasi dan Eksperimen menggunakan
Siemens Simcenter MotorSolve

Nama : Ade Paturohman

NIM : 55421110006

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Konsentrasi : Manajemen Telekomunikasi

Tanggal : 14 Maret 2025

Merupakan hasil studi Pustaka, Studi literatur, Implementasi, Penelitian secara Experimental, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Pembimbing yang telah ditetapkan surat keputusan Kaprodi Magister Teknik Elektro Universitas Mercubuana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua Informasi, data, dan hasil pengolahan yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Jakarta, 14 Maret 2025


Ade Paturohman

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puja dan puji saya panjatkan kehadirat Allah SWT dan juga rasa syukur karena atas berkat dan rahmat-Nya, disertai dengan doa restu dari keluarga dan teman-teman, penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis ini. Penulis bersyukur dengan segala upaya dan kerja keras dapat menyelesaikan laporan Tesis ini yang dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister pada Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan hingga pada penyusunan laporan Tesis ini, pada akhirnya penulis berhasil menyelesaikan laporan Tesis dengan judul “Analisis Performa Rewinding Motor BLDC dengan Coil Tembaga dan Aluminium dalam Aplikasi Drone: Perbandingan Simulasi dan Eksperimen menggunakan Siemens Simcenter MotorSolve”. Oleh karenanya, Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Istri dan anakku tercinta
2. Rektor Universitas Mercu Buana, Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan Pendidikan.
3. Bapak Kaprodi Magister Teknik Elektro Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto., S.T., M.T., IPU., Asean-Eng., Apec-Eng.
4. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinsari, M.T sebagai Dekan Fakultas Teknik memberikan kesempatan kepada penulis untuk menjadi mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc. Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan masukan dan dorongan dalam menyusun laporan Tesis ini.
6. Seluruh dosen dan staff tata usaha pasca sarjana program Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian Tesis ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan dalam penelitian dan penulisan dikarenakan keterbatasan dan hambatan yang penulis hadapi, oleh karena itu

penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun, demi mendapatkan hasil yang lebih baik, dapat dikirimkan ke alamat email:

Penulis berharap Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis serta bagi pihak-pihak lain yang membutuhkannya. Semoga Allah SWT memberikan balasan dan kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tesis ini

Jakarta, 14 Maret 2025

Ade Paturohman



DAFTAR ISI

ABSTRAK	II
ABSTRACT	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	V
PERNYATAAN KEASLIAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat dan Kontribusi Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
A. Penelitian Terdahulu.....	7
B. Motor BLDC (<i>Brushless DC Motor</i>).....	12
1. Struktur dan Prinsip Kerja Motor BLDC	12
2. Aplikasi Motor BLDC pada Drone	13
3. Rewinding Motor BLDC	14
4. Teknik Rewinding dan Material yang Digunakan	14

5. Pengaruh Diameter dan Jenis <i>Coil</i> Terhadap Performa Motor.....	15
6. Analisa Perbandingan Motor BLDC dengan Rewinding <i>Coil</i> Berbeda....	15
7. Metode Pengukuran dan Pengujian.....	15
8. Hasil dan Pembahasan.....	16
C. Perbandingan Rewinding Alumunium dan Tembaga	17
D. Spesifikasi Daya (<i>Power-to-Weight Ratio</i>)	17
1. Komponen Brushless DC (BLDC) Motor	18
2. Rewinding motor listrik.....	24
E. Parameter Pengolahan Data	27
F. Standar dan Aplikasi Motor BLDC.....	28
G. <i>Thrust Weight Ratio</i> (TWR)	31
H. <i>Payload Capacity</i>	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
A. <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	35
B. Perancangan Desain Motor BLDC.....	37
1. Spesifikasi Desain Motor BLDC	37
2. Desain Stator dan Rotor.....	38
3. Konfigurasi <i>Coil</i> Tembaga dan <i>Coil</i> Alumunium.....	42
C. Rewinding Motor BLDC	44
1. Desain Penelitian.....	44
2. Prosedur Rewinding Motor BLDC	45
3. Persiapan Alat dan Bahan.....	45
4. Proses Rewinding dengan <i>Coil</i> Tembaga	46
5. Proses Rewinding dengan <i>Coil</i> Aluminium	47
6. Pengujian Kualitas Lilitan	49

7. Pengujian Performa Motor BLDC	49
8. Pengukuran Torsi	50
9. Pengukuran RPM	50
10. Konversi RPM ke Kecepatan Sudut	50
11. Pengukuran Efisiensi	51
12. Komparasi Hasil Eksperimen dengan Simulasi MotorSolve	51
13. Analisis Data	51
14. Kesimpulan	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Pengambilan Data Eksperimental	53
1. Original Sunnysky 900KV	53
2. Rewinding <i>Coil</i> Tembaga	55
3. Rewinding <i>Coil</i> Alumunium	57
4. Pengolahan Data Eksperimental	59
B. Simulasi Motor BLDC Menggunakan Siemens Simcenter MotorSolve ...	64
1. Konfigurasi Simulasi untuk <i>Coil</i> Tembaga	71
2. Pengaturan Simulasi untuk <i>Coil</i> Aluminium	73
3. Hasil Simulasi dan Analisis	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	83
A. KESIMPULAN	83
B. SARAN	84
REFERENSI	85
LAMPIRAN	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Stator BLDC motor.....	19
Gambar 2.2 Stator Motor BLDC	19
Gambar 2.3 Rotor BLDC motor	20
Gambar 2.4 Contoh Magnet Neodymium untuk Rotor.....	21
Gambar 2.5 Skema Sensing pada Motor BLDC.....	22
Gambar 2.6 Contoh Rangkaian Kontroler.....	23
Gambar 2.7 Jenis-jenis kumparan.....	24
Gambar 2.8 Motor BLDC dalam berbagai aplikasi	29
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	36
Gambar 3.2 Desain Motor BLDC.....	39
Gambar 3.3 <i>Input General Setting</i> Desain Motor BLDC MotorSolve	41
Gambar 3.4 <i>Input Materials</i> Tembaga dan Alumunium.....	42
Gambar 4.1 Data Original Sunnysky 900KV.....	54
Gambar 4.2 Chart Rewinding <i>Coil</i> Tembaga.....	56
Gambar 4.3 Chart Rewinding <i>Coil</i> Alumunium.....	59
Gambar 4.4 Konfig General setting	64
Gambar 4.5 Konfigurasi Input: Rotor	66
Gambar 4.6 <i>Input: Stator (Square)</i>	68
Gambar 4.7 <i>Input: Stator Windings</i>	70
Gambar 4.8 Konfigurasi <i>Coil</i> Tembaga	72
Gambar 4.9 Konfigurasi <i>Coil</i> Alumunium.....	74
Gambar 4.10 Grafik Torsi <i>Coil</i> Tembaga	76
Gambar 4.11 Grafik Torsi <i>Coil</i> Alumunium	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel <i>State of the Art</i>	9
Tabel 2.2 Perbandingan Antara Tembaga dan Aluminium.....	18
Tabel 2.3 Rasio daya dorong terhadap berat untuk aplikasi drone	32
Tabel 3.1 Spesifikasi Motor BLDC	37
Tabel 3.2 Data Rewinding Tembaga.....	46
Tabel 3.1 Data Rewinding Aluminium	47
Tabel 4.1 Pengambilan data BLDC Original Sunnysky 900KV	53
Tabel 4.2 Pengambilan data Rewinding <i>Coil</i> Tembaga.....	55
Tabel 4.3 Pengambilan data Rewinding <i>Coil</i> Aluminium	57
Tabel 4.4 Pengolahan data Original Sunnysky 900KV	60
Tabel 4.5 Pengolahan data Rewinding <i>Coil</i> Tembaga.....	61
Tabel 4.6 Pengolahan data Rewinding <i>Coil</i> Tembaga.....	62
Tabel 4.7 hubungan antara kecepatan rotor dan torsi	77
Tabel 4.8 D-Q Analisis <i>Coil</i> Tembaga.....	77
Tabel 4.9 Kecepatan dan Torsi <i>Coil</i> Aluminium.....	79
Tabel 4.10 D-Q Analisis <i>Coil</i> Aluminium.....	80