

**OPTIMASI DESAIN ALIRAN PEMBUANGAN PANAS MOTOR *BLDC* 3KW  
PADA KENDARAAN LISTRIK GENI BIRU E-NIAGA**



UNIVERSITAS  
SUGI HARYONO  
NIM : 41318310030  
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI DESAIN ALIRAN PEMBUANGAN PANAS MOTOR BLDC 3KW  
PADA KENDARAAN LISTRIK GENI BIRU E-NIAGA



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Sugi Haryono  
NIM : 41318310030  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
(JANUARI) 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

### OPTIMASI DESAIN ALIRAN PEMBUANGAN PANAS MOTOR BLDC 3KW PADA KENDARAAN LISTRIK GENI BIRU E-NIAGA

Disusun Oleh :

Nama : Sugi Haryono

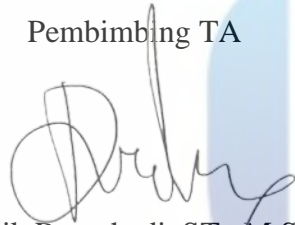
NIM : 41318310030

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal : 13 Januari 2023

Telah dipertahankan di depan penguji,

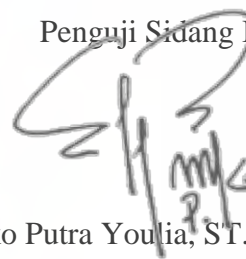
Pembimbing TA



(Dedik Romahadi, ST., M.Sc.)

NIDN : 0306029106

Penguji Sidang I



(Rikko Putra Youlia, ST., M.Eng)

NIDN : 0301079301

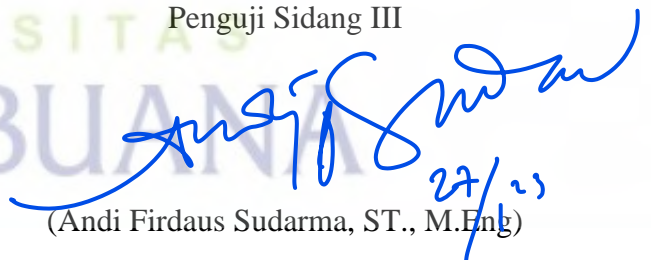
Penguji Sidang II



(Gian Villany Golwa, ST., M.Si)

NIDN : 0323068006

Penguji Sidang III

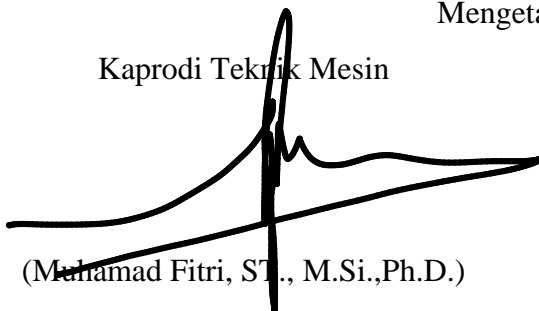


(Andi Firdaus Sudarma, ST., M.Eng)

NIDN : 0327118104

Mengetahui,

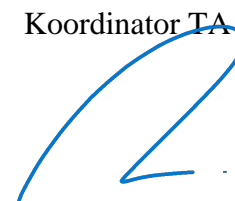
Kaprodi Teknik Mesin



(Muhammad Fitri, ST., M.Si., Ph.D.)

NIDN : 1013126901

Koordinator TA



(Nurato, ST., MT)

NIDN : 0313047302

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sugi Haryono

NIM : 41318310030

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Optimasi Desain Aliran Pembuangan Panas Motor *BLDC*  
3kW pada Kendaraan Listrik Geni Biru E-Niaga

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penelitian Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penelitian Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

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

Bekasi, 20 Januari 2023

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



(Sugi Haryono)

## PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT., atas segala limpahan berkat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu dan dapat menyusun laporan Tugas Akhir. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam proses melaksanakan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, peneliti menyadari begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral dan langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Ir. Mawardi Amin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Muhamad Fitri, S.T., M.Si., Ph. D. selaku ketua Program Studi Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Nurato, S.T., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir Universitas Mercu Buana.
5. Dedik Romahadi, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah mengarahkan dan memberikan bimbingan peneliti hingga menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
6. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada peneliti hingga dapat menunjang dalam penyelesaian skripsi ini
7. Ayahanda Slamet dan ibunda Jumiyati yang telah memberikan doa dan dorongan semangat untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
8. Istri tersayang Tri Dwiastuti yang selalu memberikan dukungan dan selalu menyemangati.
9. Teman-teman tim proyek Kendaraan Geni Biru E-Niaga 3 roda yang saling membantu dan selalu menjaga kekompakan.

Peneliti sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan dan jauh dari kata sempurna. Hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh peneliti. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan ini nantinya dapat bermanfaat bagi peneliti dan pembaca.

Bekasi, 12 Januari 2023

Sugi Haryono



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. MANFAAT PENELITIAN	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENELITIAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. KENDARAAN LISTRIK	6
2.1.1. Pengertian Kendaraan Listrik	6
2.1.2. Sejarah Kendaraan Listrik	6
2.1.3. Jenis-Jenis Kendaraan Listrik Jalan Raya	8
2.1.4. Jenis Kendaraan Listrik Berdasarkan Sumber Pengisian Baterai	10
2.2. MOTOR <i>BLDC</i>	13
2.2.1. Prinsip Kerja Motor <i>BLDC</i>	13
2.2.2. Struktur Motor <i>BLDC</i>	14
2.2.3. Kerugian Panas pada Motor <i>BLDC</i>	18
2.3. PERPINDAHAN PANAS	21
2.3.1. Temperatur Kerja Motor	21

2.3.2. Konduksi	22
2.3.3. Radiasi	22
2.3.4. Konveksi	23
2.4. ALIRAN FLUIDA	27
2.4.1. Aliran Laminar dan Turbulen	28
2.4.2. Analisa Diferensial Aliran Fluida	29
2.5. PROGRAM KOMPUTER CFD: <i>SOLIDWORK FLOW SIMULATION</i>	29
2.5.1. Teknologi Meshing	30
2.5.2. Pemodelan Fisik ( <i>Physical Models</i> )	31
2.6. METODE PERANCANGAN VDI 2221	35
2.6.1. Tahap I : Klasifikasi Tugas ( <i>Clarification of the Task</i> )	35
2.6.2. Tahap II : Perancangan Konsep Produk ( <i>Conceptual Design</i> )	35
2.6.3. Tahap III : Perancangan Wujud Produk ( <i>Embodiment Concept</i> )	36
2.6.4. Tahap IV : Perancangan Terperinci (Detail Design)	36
2.7. PENELITIAN TERDAHULU	36
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>39</b>
3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN	40
3.1.1. Studi Literatur	41
3.1.2. Pengumpulan Data Teknis	42
3.2. TAHAPAN DESAIN	44
3.2.1. Pengumpulan Data	45
3.2.2. Penjabaran Tugas / Spesifikasi	46
3.2.3. Perancangan Konsep Variasi	47
3.2.4. Pemilihan Kombinasi / Wujud	50
3.3. PENGUJIAN DAN SIMULASI	52
3.3.1. Diagram Alir Simulasi CFD	52
3.3.2. Kesimpulan	60
3.4. ALAT DAN BAHAN	60
3.4.1. Alat	60
3.4.2. Bahan	62
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>65</b>



4.1.	MODEL STANDAR	65
4.1.1.	Arah Aliran Udara Model Standar	65
4.1.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Model Standar	66
4.1.3.	Goal Plot Model Standar	66
4.2.	DESAIN ALIRAN UDARA VARIASI 1 ( <i>DIFFUSER</i> )	67
4.2.1.	Arah Aliran Udara Variasi 1	67
4.2.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 1	67
4.2.3.	Goal Plot Variasi 1	68
4.3.	DESAIN ALIRAN UDARA VARIASI 2 ( <i>AIR SCOOP</i> )	68
4.3.1.	Arah Aliran Udara Variasi 2	68
4.3.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 2	69
4.3.3.	Goal Plot Variasi 2	69
4.4.	DESAIN ALIRAN UDARA MODEL VARIASI 3	70
4.4.1.	Arah Aliran Udara Variasi 3	70
4.4.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 3	70
4.4.3.	Goal Plot Variasi 3	71
4.5.	DESAIN ALIRAN UDARA VARIASI 4	71
4.5.1.	Arah Aliran Udara Variasi 4	71
4.5.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 4	72
4.5.3.	Goal Plot Variasi 4	72
4.6.	DESAIN ALIRAN UDARA VARIASI 5	73
4.6.1.	Arah Aliran Udara Variasi 5	73
4.6.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 5	74
4.6.3.	Goal Plot Variasi 5	74
4.7.	DESAIN ALIRAN UDARA VARIASI 6	75
4.7.1.	Arah Aliran Udara Variasi 6	75
4.7.2.	Distribusi Temperatur Permukaan Motor Listrik Variasi 6	75
4.7.3.	Goal Plot Variasi 6	76
4.8.	GRAFIK	76
4.8.1.	Temperatur Rata-rata Permukaan Motor	76
4.8.2.	<i>Heat Transfer Coefficient</i>	78
4.8.3.	Analisi Hasil Simulasi	78
4.9.	KEPUTUSAN METODE VDI 2221	79

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>80</b>
5.1. KESIMPULAN	80
5.2. SARAN	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>85</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Kenaikan Populasi Kendaraan Listrik dari 2010-2021	2
Gambar 2.1. KBL Berbasis Baterai, Pope C 60V Tahun 1907	7
Gambar 2.2 Bus Listrik	8
Gambar 2.3 Mobil Listrik	9
Gambar 2.4 Sepeda Motor Listrik Gesits	9
Gambar 2.5 Motor Roda Tiga Listrik	10
Gambar 2.6. Skema Aliran Konversi Energi pada HEV	11
Gambar 2.7. Skema Aliran Konversi Energi pada <i>PHEV</i>	11
Gambar 2.8. Skema Aliran Konversi Energi pada <i>FCEV</i>	12
Gambar 2.9. Skema Aliran Konversi Energi pada BEV	13
Gambar 2.10. Diagram Sistem <i>BLDC Motor</i>	14
Gambar 2.11. Struktur <i>BLDC Motor</i>	14
Gambar 2.12 Sator pada <i>Mid Drive Motor</i> QS 138 3kW 70H 72V	15
Gambar 2.13 Rotor pada <i>Mid Drive Motor</i> QS 138 3kW 70H 72V	16
Gambar 2.14 Rumah Motor	17
Gambar 2.15 Bearing pada Rumah Motor <i>Mid Drive Motor</i> QS 138 3kW	17
Gambar 2.16. Aliran Rugi Panas pada Motor	18
Gambar 2.17. Keseimbangan Temperatur Kerja pada Motor Listrik	21
Gambar 2.18. Aliran Perpindahan Panas pada Motor <i>BLDC</i>	22
Gambar 2.19. Aliran Konveksi Paksa pada Pelat Datar	26
Gambar 2.20 Aliran Laminar	28
Gambar 2.21 Aliran turbulen	28
Gambar 2.22 Volume Kontrol dan Domain Aliran	29
Gambar 2.23 Kombinasi <i>Cartesian mesh</i> dan <i>non-structured body-fitted mesh</i>	30
Gambar 2.24 Motor BLDC dengan Kipas Pendingin	38
Gambar 2.25 Adaptif Design yang diteliti oleh Vu dan Hwang	38
Gambar 2.26 Kontur Distribusi Temperatur Permukaan Motor BLDC yang diteliti oleh Vu dan Hwang	38
Gambar 3.1 Kendaraan Geni Biru E-Niaga Versi Standar	39
Gambar 3.2 Kendaraan Geni Biru E-Niaga dengan Saluran Aliran Udara ke Motor Listrik Penggerak	39

Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.4 Kendaraan Listrik Geni Biru Dioperasikan dengan Muatan	43
Gambar 3.5 Pengukuran Temperatur Motor	43
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perancangan Produk Metode VDI 2221	45
Gambar 3.7 Konsep Aliran Udara Variasi 1	48
Gambar 3.8 Konsep Aliran Udara Variasi 2	48
Gambar 3.9 Konsep Aliran Udara Variasi 3	49
Gambar 3.10 Konsep Aliran Udara Variasi 4	49
Gambar 3.11 Konsep Aliran Udara Variasi 5	50
Gambar 3.12 Konsep Aliran Udara Variasi 6	50
Gambar 3.13 Tabel Pemilihan Kombinasi	51
Gambar 3.14. Diagram Alir Simulasi	52
Gambar 3.15 Jendela <i>General Setting, tab Analysis Type</i>	53
Gambar 3.16 Jendela <i>General Setting, tab Fluids</i>	54
Gambar 3.17 Jendela <i>General Setting, tab Solids</i>	54
Gambar 3.18 Jendela <i>General Setting, tab Wall Conditions</i>	55
Gambar 3.19 Jendela <i>General Setting, tab Initial Conditions</i>	55
Gambar 3.20 Pengaturan Domain Komputasi	56
Gambar 3.21 Menentukan Bahan Rumah Motor BLDC	56
Gambar 3.22 Pengaturan <i>Heat Source</i> dari Winding Motor	57
Gambar 3.23 Memasukkan <i>Goal</i> Simulasi	57
Gambar 3.24 <i>Meshing</i> Domain Kalkulasi	58
Gambar 3.25 Jendela <i>Control Calculation</i>	58
Gambar 3.26 Jendela Pengaturan Penggunaan <i>Processor</i> Komputer	59
Gambar 3.27 Perhitungan Numerik yang telah Konvergen	59
Gambar 3.28 Meteran	60
Gambar 3.29. <i>Infrared Thermometer</i>	61
Gambar 3.30. <i>Mid Drive QS</i> Motor <i>BLDC</i> 3 kW V3	63
Gambar 4.1 Arah Aliran Udara pada Model Standar	65
Gambar 4.2 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Standard	66
Gambar 4.3 Aliran Udara pada Model Variasi 1	67
Gambar 4.4 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 1	67
Gambar 4.5 Aliran Udara pada Model Variasi 2	68

Gambar 4.6 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 2	69
Gambar 4.7 Aliran Udara pada Model Variasi 3	70
Gambar 4.8 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 3	70
Gambar 4.9 Aliran Udara pada Model Variasi 4	72
Gambar 4.10 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 4	72
Gambar 4.11 Aliran Udara pada Model Variasi 5	73
Gambar 4.12 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 5	74
Gambar 4.13 Aliran Udara pada Model Variasi 6	75
Gambar 4.14 Plot Kontur Temperatur Permukaan Motor pada Model Variasi 6	75
Gambar 4.15 Grafik Temperatur Rata-rata Permukaan Motor pada Rentang Kecepatan Laju Kendaraan.	77
Gambar 4.16 Perbandingan Koefisien Konveksi Setiap Model vs Variasi Kecepatan	78



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Properti Fisik Udara	27
Tabel 2.2. Penelitian Terdahulu yang Berkaitan dengan Optimalisasi Pembuangan Panas Motor Listrik	36
Tabel 3.1 Temperatur Motor terhadap Variasi Kecepatan Pengujian	43
Tabel 3.2 Spesifikasi Motor Listrik pada kendaraan Geni Biru E-Niaga	44
Tabel 3.3 Data Kecepatan Rata-rata Kendaraan Roda 3	46
Tabel 3.4 <i>Check List</i> Spesifikasi	46
Tabel 3.5 Matriks Solusi Konsep Variasi Aliran Udara	47
Tabel 3.6. Spesifikasi Kendaraan Geni Biru E-Niaga	62
Tabel 3.7. Spesifikasi Baterai pada kendaraan Geni Biru E-Niaga	63
Tabel 3.8. Material Properti Komponen <i>BLDC</i>	64
Tabel 4.1 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Model Standar	66
Tabel 4.2 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 1	68
Tabel 4.3 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 2	69
Tabel 4.4 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 3	71
Tabel 4.5 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 4	73
Tabel 4.6 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 5	74
Tabel 4.7 Nilai <i>Goal</i> Hasil Simulasi Variasi 6	76
Tabel 4.8 Perbandingan Temperatur Motor pada Model Standar dan Variasi 3	77
Tabel 4.9 Tabel Penilaian Pemilihan Kombinasi	79

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\rho$	Massa Jenis
$\sigma$	Konstanta Stefan-Boltzman
$\varepsilon$	Emisivitas bahan
$\rho_1$	Hambatan magnet permanen
$\mu$	Viskositas Kinematika



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
GRK	Gas Rumah Kaca
<i>IEA</i>	<i>International Energy Agency</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
KBL	Kendaraan Bermotor Listrik
NIK	Nomor Identifikasi Kendaraan Bermotor
<i>CFD</i>	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
<i>BEV</i>	<i>Battery Electric Vehicle</i>
<i>HEV</i>	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
<i>PHEV</i>	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
<i>FCEV</i>	<i>Fuel Cell Electric Vehicle</i>
<i>DC</i>	<i>Direct Current</i>
<i>AC</i>	<i>Alternating Current</i>
<i>BLDC</i>	<i>Brushless Direct Current</i>
<i>FOC</i>	<i>Field Orientation Control</i>
<i>PMSM</i>	<i>Permanent Magnet Synchronous Motor</i>
<i>SRM</i>	<i>Switched Reluctance Motor</i>
<i>EMF</i>	<i>Electromagnetic Field</i>
<i>IR</i>	<i>Infrared</i>
<i>EMI</i>	<i>Electromagnetic-Interference</i>
3D	Tiga Dimensi
CAD	Computer Aided Design
MS	Microsoft