

SKRIPSI

**ANALISIS AERODINAMIK DAN OPTIMASI DESAIN
BODI KENDARAAN TIPE *PROTOTYPE* KMHE 2022
MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUIDS
DYNAMICS***



RIDO FIRMANSYAH

03051181924015

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS AERODINAMIK DAN OPTIMASI DESAIN
BODI KENDARAAN TIPE *PROTOTYPE* KMHE 2022
MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUIDS
DYNAMICS***

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

RIDO FIRMANSYAH

03051181924015

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS AERODINAMIK DAN OPTIMASI DESAIN BODI
KENDARAAN TIPE *PROTOTYPE* KMHE 2022
MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS***

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

RIDO FIRMANSYAH

03051181924015

Palembang, Mei 2023

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi



Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 198106302006041001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Lisvadi Yani, S. T., M.Eng., Ph.D.
NIP.197112251997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 009/TM/AK/2023
: 31-05-2023
:

SKRIPSI

NAMA : RIDO FIRMANSYAH
NIM : 03051181924015
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS AERODINAMIK DAN OPTIMASI
DESAIN BODI KENDARAAN TIPE
PROTOTYPE KMHE 2022 MENGGUNAKAN
COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS
DIBUAT TANGGAL : 16 JUNI 2022
SELESAI TANGGAL : 18 APRIL 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP.197112251997021001

Palembang, Mei 2023

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi


Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 198106302006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

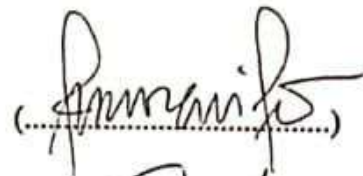
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Aerodinamik dan Optimasi Desain Bodi Kendaraan Tipe *Prototype* KMHE 2022 Menggunakan *Computational Fluids Dynamics*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 8 Mei 2023.

Palembang, Mei 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP
NIP. 197909272003121004

()

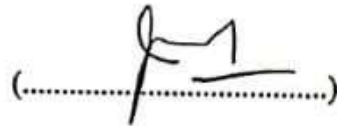
Sekretaris :

2. Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198105102008011005

()

Anggota :

3. Gunawan, S.T., M.T.
NIP. 197705072001121001

()

Mengetahui,

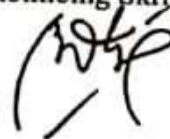
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Mei 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Pembimbing Skripsi

()

Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 198106302006041001

KATA PENGANTAR

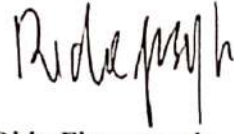
Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Sidang Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Aerodinamik dan Optimasi Desain Bodi Kendaraan Tipe *Prototype KMHE 2022 Menggunakan Computational Fluids Dynamics*”.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam proses penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih kepada yang terhormat:

1. Yahya Bahar S.T. dan Annisah A.Md. serta keluarga yang selalu memberi dukungan kepada penulis baik itu moral maupun materi kepada penulis serta doa yang tulus untuk penulis.
2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Barlin, S.T., M.Eng. Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, serta banyak memberikan saran kepada penulis dari awal hingga skripsi ini selesai.
5. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T. yang telah meminjamkan 3D printernya.
6. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh teman dan sahabat yang telah memberi dukungan kepada penulis.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 17 Mei 2023



Rido Firmansyah

NIM. 03051181924015

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rido Firmansyah

NIM : 03051181924015

Judul : Analisis Aerodinamik dan Optimasi Desain Bodi Kendaraan Tipe
Prototype KMHE 2022 Menggunakan *Computational Fluids*
Dynamics

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 17 Mei 2023



Rido Firmansyah

NIM. 03051181924015

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rido Firmansyah

NIM : 03051181924015

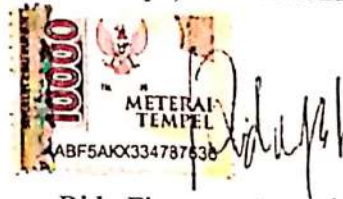
Judul : Analisis Aerodinamik dan Optimasi Desain Bodi Kendaraan Tipe
*Prototype KMHE 2022 Menggunakan Computational Fluids
Dynamics*

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 17 Mei 2023



Rido Firmansyah

NIM. 03051181924015

RINGKASAN

ANALISIS AERODINAMIK DAN OPTIMASI DESAIN BODI KENDARAAN TIPE *PROTOTYPE* KMHE 2022 MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS*

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 17 Mei 2023

Rido Firmansyah, dibimbing oleh Barlin, S.T., M.Eng. Ph.D.

xxix + 101 halaman, 54 tabel, 50 gambar, 6 lampiran

RINGKASAN

Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) merupakan kompetisi tahunan yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional yang bertujuan meningkatkan inovasi dan kreasi bagi mahasiswa dalam membuat konsep kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan. Pada ajang ini peserta diharapkan mampu mendesain, merancang, dan membuat kendaraan khusus dengan konsumsi energi yang rendah sesuai dengan regulasi kendaraan KMHE. Konsumsi bahan bakar pada kendaraan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah faktor aerodinamis pada bodi kendaraan. Salah satu kategori kendaraan yang dilombakan pada KMHE yaitu kendaraan kategori prototipe. Kendaraan tipe prototipe adalah konsep kendaraan masa depan dengan desain khusus yang mementingkan aspek aerodinamis pada bodi kendaraan. Penggunaan bodi kendaraan yang menyatu dengan sasis serta bodi yang menutup bagian roda depan kendaraan dapat mengurangi gaya hambat yang terjadi saat kendaraan melaju. Untuk memperoleh desain bodi yang baik dan aerodinamis maka diperlukan parameter desain dalam proses desain bodi. Desain bodi kendaraan tipe prototipe dirancang menggunakan lima parameter desain yang akan dengan dua variasi tiap parameter desain. Parameter desain yang digunakan yaitu profil airfoil samping dengan variasi Defiant Canard BL110 dan Clark YM15. Parameter desain profil airfoil atas dengan variasi Gottingen 410 dan Gottingen 460. Parameter desain bentuk sepatbor dengan variasi airfoil roda depan Gottingen 16K dan

Gottingen 506 serta airfoil roda belakang dengan Eppler e169 dan Eppler e171. Parameter desain sudut belakang bodi dengan variasi 35° dan 30° . Parameter desain letak ban dengan *trackwidth* 55 cm dan 75 cm serta *wheelbase* 160 cm dan 175 cm. Dengan menggunakan parameter dan level faktor yang ada maka dengan metode Taguchi dapat dibuat 8 desain bodi kendaraan tipe prototipe yang akan disimulasikan menggunakan *computational fluids dynamicsc* (CFD) agar dapat memperoleh parameter dan level faktor optimal dalam pembuatan desain bodi prototipe yang aerodinamis dan *streamline*. Hasil dari simulasi CFD berupa data kuantitatif yaitu *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* serta data kualitatif yaitu distribusi tekanan, distribusi kecepatan, fenomena turbulensi, *streamline* aliran fluida dan vektor kecepatan di sekitar bodi. Nilai dari *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* yang diperoleh dari 8 bodi kendaraan tipe prototipe akan dilakukan perhitungan statistik menggunakan metode Taguchi untuk menentukan *setting* level optimal pada parameter desain yang digunakan. Kemudian dilakukan perhitungan statistik *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengetahui parameter yang memiliki pengaruh yang signifikan ataupun tidak signifikan terhadap nilai *coefficient of drag* dan *coefficient of lift*. Setelah menentukan *setting* level optimal pada nilai *coefficient of drag* dan *coefficient of lift*, selanjutnya dibuat satu desain bodi kendaraan tipe prototipe yang optimal berdasarkan parameter desain dan level faktor yang digunakan.

Kata Kunci : KMHE, Metode Taguchi, ANOVA

Kepustakaan : 45 (2012-2022)

SUMMARY

AERODYNAMIC ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF KMHE 2022 PROTOTYPE VEHICLE DESIGN USING COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS

Scientific Writing in the Form of a Thesis, 17 May 2023

Rido Firmansyah, supervised of Barlin, S.T., M.Eng. Ph.D.

xxix + 101 pages, 54 tables, 50 figures, 6 appendices

SUMMARY

The Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) is an annual competition held by the Pusat Prestasi Nasional that aims to increase innovation and creation for students in making energy-efficient and environmentally friendly vehicle concepts. In this event, participants are expected to be able to design, design, and build special vehicles with low energy consumption following KMHE vehicle regulations. Many factors, including aerodynamic factors on the vehicle body, can influence vehicle fuel consumption. One of the vehicle categories contested at KMHE is the prototype category vehicle. A prototype-type vehicle is a future concept with a unique design that emphasizes the aerodynamic aspects of the vehicle body. Using a vehicle body integrated with the chassis and a body that covers the vehicle's front wheels can reduce the drag when the car moves. To obtain a good and aerodynamic body design, design parameters are required in the body design process. The prototype-type vehicle body design was designed using five design parameters with two variations for each design parameter. The design parameters used side airfoil profiles with Defiant Canard BL110 and Clark YM15 variations. Upper airfoil profile design parameters with Gottingen 410 and Gottingen 460 variations. Fender

shape design parameters with Gottingen 16K and Gottingen 506 front wheel airfoil variations and rear wheel airfoils with Eppler e169 and Eppler e171. Design parameters of rear body angle with variations of 35° and 30°. Design parameters of tire location with trackwidth of 55 cm and 75 cm and wheelbase of 160 cm and 175 cm. Using the existing parameters and factor levels, the Taguchi method can create eight prototype vehicle body designs that will be simulated using computational fluids dynamics (CFD) to obtain optimal parameters and factor levels in making aerodynamic and streamlined prototype body designs. The results of CFD simulation are quantitative data, namely coefficient of drag and coefficient of lift, and qualitative data, namely pressure distribution, velocity distribution, turbulence phenomenon, fluid flow streamline, and velocity vector around the body. The values of the coefficient of drag and coefficient of lift obtained from 8 prototype vehicle bodies will be statistically calculated using the Taguchi method to determine the optimal setting level for the design parameters used. Then an analysis of variance (ANOVA) statistical calculation is carried out to determine the parameters that have a significant or insignificant effect on the coefficient of drag and coefficient of lift values. After determining the optimal level setting on the coefficient of drag and coefficient of lift values, an optimal prototype-type vehicle body design is based on the design parameters and factor levels used.

Keywords : KMHE, Taguchi Method, ANOVA

Literatures : 45 (2012-2022)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Prinsip Dasar Aliran Fluida Udara Pada Kendaraan	7
2.3 Aerodinamika Kendaraan	8
2.3.1 Kinematika Fluida.....	10
2.3.2 <i>Turbulance</i>	10
2.3.3 <i>Velocity</i>	11
2.3.4 <i>Pressure</i>	11
2.4 Gaya Aerodinamis	12
2.4.1 Gaya Hambatan Aerodinamik (<i>Drag Force</i>).....	12
2.4.2 Gaya Angkat Aerodinamik (<i>Lift Force</i>)	13

2.5	Bilangan Reynold	15
2.6	Pengaruh Bentuk Bodi Kendaraan	15
2.7	Standar Regulasi Dimensi Kendaraan <i>Prototype</i>	17
2.8	<i>Computational Fluids Dynamics</i>	17
2.9	Metode Taguchi.....	18
2.9.1	<i>Signal to Noise Ratio</i>	19
2.9.2	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	20
2.9.3	<i>Orthogonal Array</i>	21
2.9.4	Selang Kepercayaan	22
2.10	Simulasi CFD Ansys	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Alat	25
3.2	Pembuatan Desain <i>Solid-Body</i>	25
3.2.1	Pemilihan Profil Airfoil.....	26
3.2.2	<i>Setup & Solution</i>	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil Simulasi Nilai <i>Coefficient of Drag</i>	33
4.1.1	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR dari <i>Coefficient of Drag</i>	35
4.1.2	Perhitungan Nilai SNR Setiap Faktor dan Level Faktor dari <i>Coefficient of Drag</i>	41
4.1.3	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal <i>Coefficient of Drag</i>	44
4.1.4	Selang Kepercayaan Kondisi Optimal <i>Coefficient of Drag</i>	45
4.1.5	Prediksi Nilai <i>Coefficient of Drag</i>	46
4.2	Hasil Simulasi Nilai <i>Coefficient of Lift</i>	48
4.2.1	Perhitungan Nilai <i>Mean</i> dan SNR dari <i>Coefficient of Lift</i>	51
4.2.2	Perhitungan Nilai SNR Setiap Faktor dan Level Faktor dari <i>Coefficient of Lift</i>	56
4.2.3	Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal <i>Coefficient of Lift</i>	59
4.2.4	Selang Kepercayaan Kondisi Optimal <i>Coefficient of Lift</i>	60
4.2.5	Prediksi Nilai <i>Coefficient of Lift</i>	61
4.3	Hasil Simulasi Aerodinamika Bodi Optimal <i>Cd</i> dan <i>Cl</i>	63
4.3.1	Distribusi Tekanan (Pa).....	63
4.3.2	Distribusi Kecepatan (m/s) Udara	65
4.3.3	Fenomena Turbulensi (m^2/s^2).....	68

4.3.4	<i>Streamline</i> (m/s) Aliran Fluida	70
4.3.5	Vektor Kecepatan (m/s) di Sekitar Bodi.....	72
4.4	Hasil Simulasi Parameter Serentak.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola aliran udara di sekitar kendaraan (Lutfi, 2018)	8
Gambar 2.2 Arah aliran angin (Haidar dan Charles, 2019)	9
Gambar 2.3 Gaya aerodinamis kendaraan	9
Gambar 2.4 <i>Streamline</i>	10
Gambar 2.5 Tahap perencanaan bodi (Lutfi, 2018)	16
Gambar 3.1 Hasil <i>surface mesh</i>	26
Gambar 3.2 Hasil <i>meshing</i>	27
Gambar 3.3 Tahap <i>reference values</i>	29
Gambar 3.4 Tahap <i>methods</i>	30
Gambar 3.5 Tahap <i>convergence condition</i>	30
Gambar 3.6 Tahap <i>initialization</i>	30
Gambar 3.7 Tahap <i>run calculation</i>	31
Gambar 4.1 Grafik hasil simulasi <i>coefficient of drag</i>	34
Gambar 4.2 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of drag</i> 17 km/h	38
Gambar 4.3 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of drag</i> 30 km/h	38
Gambar 4.4 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of drag</i> 47 km/h	38
Gambar 4.5 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of drag</i> 17 km/h	43
Gambar 4.6 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of drag</i> 30 km/h	43
Gambar 4.7 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of drag</i> 47 km/h	44
Gambar 4.8 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of drag</i> 17 km/h	47
Gambar 4.9 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of drag</i> 30 km/h	47
Gambar 4.10 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of drag</i> 47 km/h	47
Gambar 4.11 Grafik hasil simulasi <i>coefficient of lift</i>	50
Gambar 4.12 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of lift</i> 17 km/h	53
Gambar 4.13 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of lift</i> 30 km/h	53
Gambar 4.14 Grafik respon nilai <i>mean coefficient of lift</i> 47 km/h	53
Gambar 4.15 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of lift</i> 17 km/h	58
Gambar 4.16 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of lift</i> 30 km/h	58
Gambar 4.17 Grafik respon nilai SNR <i>coefficient of lift</i> 47 km/h	59

Gambar 4.18 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of lift</i> 17 km/h.....	62
Gambar 4.19 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of lift</i> 30 km/h.....	62
Gambar 4.20 Perbandingan selang kepercayaan <i>coefficient of lift</i> 47 km/h.....	62
Gambar 4.21 Grafik nilai distribusi tekanan (Pa).....	65
Gambar 4.22 Grafik nilai distribusi kecepatan udara (m/s).....	67
Gambar 4.23 Grafik nilai <i>turbulence kinetic energy</i> (m^2/s^2).....	69
Gambar 4.24 Grafik nilai <i>streamline</i> (m/s) aliran fluida.....	71
Gambar 4.25 Desain <i>solid-body</i> dan <i>frontal area</i> parameter serentak	75
Gambar 4.26 Desain bodi optimal parameter serentak.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Regulasi dimensi Kontes Mobil Hemar Energi 2022	17
Tabel 3. 1 Spesifikasi Laptop.....	25
Tabel 3.2 <i>Reynolds number</i> dan jenis aliran	27
Tabel 3.3 <i>Boundary condition</i>	29
Tabel 4.1 Hasil simulasi <i>coefficient of drag</i> pada kecepatan 17 km/h.....	33
Tabel 4.2 Hasil simulasi <i>coefficient of drag</i> pada kecepatan 30 km/h.....	33
Tabel 4.3 Hasil simulasi <i>coefficient of drag</i> pada kecepatan 47 km/h.....	34
Tabel 4.4 Data nilai <i>mean</i> dan SNR <i>coefficient of drag</i> pada tiap kecepatan (km/h)	36
Tabel 4.5 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of drag</i> 17 km/h	36
Tabel 4.6 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of drag</i> 30 km/h	37
Tabel 4.7 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of drag</i> 47 km/h	37
Tabel 4.8 Analisis variansi <i>coefficient of drag</i> 17 km/h	39
Tabel 4.9 Analisis variansi <i>coefficient of drag</i> 30 km/h	40
Tabel 4.10 Analisis variansi <i>coefficient of drag</i> 47 km/h	41
Tabel 4.11 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of drag</i> 17 km/h	42
Tabel 4.12 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of drag</i> 30 km/h	42
Tabel 4.13 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of drag</i> 47 km/h	42
Tabel 4.14 <i>Setting level optimal coefficient of drag</i>	45
Tabel 4.15 Selang kepercayaan nilai <i>coefficient of drag</i>	45
Tabel 4.16 Eksperimen prediksi <i>coefficient of drag</i>	46
Tabel 4.17 Selang kepercayaan <i>coefficient of drag</i> prediksi.....	46
Tabel 4.18 Hasil simulasi <i>coefficient of lift</i> pada kecepatan 17 km/h.....	48
Tabel 4.19 Hasil simulasi <i>coefficient of lift</i> pada kecepatan 30 km/h.....	49
Tabel 4.20 Hasil simulasi <i>coefficient of lift</i> pada kecepatan 47 km/h.....	49
Tabel 4.21 Data nilai <i>mean</i> dan SNR <i>coefficient of lift</i> pada tiap kecepatan (km/h)	51
Tabel 4.22 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of lift</i> 17 km/h	52
Tabel 4.23 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of lift</i> 30 km/h	52

Tabel 4.24 <i>Response table</i> nilai <i>mean coefficient of lift</i> 47 km/h.....	52
Tabel 4.25 Analisis variansi <i>coefficient of lift</i> 17 km/h.....	54
Tabel 4.26 Analisis variansi <i>coefficient of lift</i> 30 km/h.....	55
Tabel 4.27 Analisis variansi <i>coefficient of lift</i> 47 km/h.....	56
Tabel 4.28 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of lift</i> 17 km/h.....	57
Tabel 4.29 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of lift</i> 17 km/h.....	57
Tabel 4.30 <i>Response table</i> SNR <i>coefficient of lift</i> 17 km/h.....	57
Tabel 4.31 <i>Setting level optimal coefficient of lift</i>	60
Tabel 4.32 Selang kepercayaan nilai <i>coefficient of lift</i>	60
Tabel 4.33 Eksperimen prediksi <i>coefficient of lift</i>	61
Tabel 4.34 Selang kepercayaan <i>coefficient of lift</i> prediksi	61
Tabel 4.35 Kontur distribusi tekanan (Pa) pada bidang simetri	63
Tabel 4.36 Kontur distribusi kecepatan (m/s) udara pada bidang simetri	66
Tabel 4.37 Fenomena turbulensi (m^2/s^2) pada bidang simetri.....	68
Tabel 4.38 Kontur <i>streamline</i> (m/s) pada bidang simetri.....	70
Tabel 4.39 Vektor kecepatan (m/s) di sekitar bodi.....	72
Tabel 4.40 Parameter desain bodi parameter serentak	74
Tabel 4.41 Hasil simulasi parameter serentak	76
Tabel 4.42 Perbandingan nilai simulasi dan prediksi	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Parametric airfoil catalog</i> yang digunakan sebagai sumber data untuk profil dan geometri <i>properties</i> airfoil.....	83
Lampiran 2. F-tabel probabilitas 0,05	86
Lampiran 3 Perhitungan <i>mean</i> dan SNR pada <i>coefficient of drag</i>	86
Lampiran 4 Perhitungan ANOVA <i>coefficient of drag</i> kecepatan 17 km/h.....	87
Lampiran 5 Perhitungan Selang Kepercayaan pada <i>coefficient of drag</i> kecepatan 17 km/h.....	89
Lampiran 6 Perhitungan selang kepercayaan prediksi <i>coefficient of drag</i> kecepatan 17 km/h.....	90

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan akan sarana transportasi di dunia semakin tinggi setiap tahunnya. Khususnya pada transportasi darat seperti mobil yang kini sudah menjadi kebutuhan sehari-hari setiap orang. Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan, maka penggunaan bahan bakar akan meningkat serta polusi udara yang dihasilkan akan semakin banyak. Oleh karena itu, perlu usaha yang harus dilakukan dalam mengatasi permasalahan bahan bakar dan polusi udara. Hal ini sejalan dengan pencapaian salah satu target *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 7, yaitu melakukan perbaikan efisiensi energi di tingkat global sebanyak dua kali lipat pada tahun 2030 (Syahputra dan Evanita, 2022).

Untuk mencapai tujuan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 7, perlu upaya dan sinergi antara pemerintah, pihak swasta dan juga masyarakat. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menciptakan kendaraan hemat energi (Hendaryati, dkk., 2020). Beberapa upaya telah dilakukan oleh pemerintah, salah satunya adalah Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang merupakan perlombaan yang diadakan oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan yang bertujuan meningkatkan inovasi dan kreasi bagi mahasiswa dalam membuat konsep kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan (Suryady dan Zhafran, 2022).

Konsumsi bahan bakar atau efisiensi pada kendaraan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya faktor aerodinamis pada bodi kendaraan, Aerodinamis bodi kendaraan adalah hal yang sangat penting dalam merancang desain kendaraan. Semakin baik aerodinamis bodi kendaraan maka akan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar yang mana akan membuat kendaraan lebih hemat bahan bakar (Suryady dan Zhafran, 2022).

Kendaraan prototipe adalah konsep kendaraan masa depan dengan desain khusus yang sangat mementingkan aspek dari aerodinamika kendaraan (Vajra, dkk., 2021). Pada bagian *body* dan *chassis* kendaraan dibuat serta dirancang sedemikian rupa supaya memperoleh bobot yang ringan dan juga kuat. Penggunaan *body monocoque* dan bodi yang menutup roda depan kendaraan dapat mengurangi gaya hambat pada saat kendaraan melaju. Bodi merupakan komponen yang sangat penting dalam kendaraan, dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan bentuk bodi kendaraan harus diperhitungkan sebaik mungkin (Akbar, 2021).

Bentuk dari bodi harus diikuti dengan penggunaan material *carbon fiber* dan bentuk yang *streamline*. Untuk mendapatkan *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* yang kecil maka perlu dilakukan perhitungan dan penelitian lebih lanjut. Oleh karena itu penulis tertarik untuk menyusun tugas akhir yang berjudul “Analisis Aerodinamik dan Optimasi Desain Bodi Kendaraan Tipe *Prototype* KMHE 2022 Menggunakan *Computational Fluids Dynamics*”.

1.2 Rumusan Masalah

Setiap tahun tim dari berbagai universitas di Indonesia yang mengikuti Kontes Mobil Hemat Energi melakukan pengembangan terhadap model kendaraanya. Penggunaan bodi yang menutup roda depan kendaraan menjadi model yang sangat diminati. Namun penggunaan bodi yang menutup roda depan harus diikuti dengan bodi *streamline* dan *aerodinamis*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan serta analisis agar mendapatkan bentuk bodi terbaik yang akan diuji dengan simulasi *computational fluid dynamics* (CFD) dengan menggunakan *software* Ansys.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. *Software* untuk mendesain *solid-body prototype* adalah Fusion 360 dan Solidworks 2020 dan *software* yang digunakan untuk simulasi *computational fluid dynamics* (CFD) adalah Ansys 2020 R1;
2. Kecepatan udara *inlet* yaitu 17 km/h, 30 km/h dan 47 km/h.
3. Parameter yang akan dibahas yaitu kecepatan dan tekanan udara di sekitar bodi kendaraan;
4. Simulasi dilakukan pada keadaan mobil berjalan lurus dan aliran *steady* serta fluida tidak mengalami perubahan massa jenis;
5. Simulasi akan dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap kecepatan;
6. Metode komputasi pada permodelan turbulensi adalah *k-epsilon* dan tidak menggunakan metode eksperimen.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat desain bodi prototipe yang lebih aerodinamis dan *streamline*.
2. Menganalisis karakteristik aliran aerodinamika kendaraan *prototype*, seperti *coefficient of drag* (C_d), *coefficient of lift* (C_l), fenomena turbulensi yang terjadi dibelakang kendaraan, distribusi tekanan dan kecepatan serta pola aliran dengan *software* Ansys.
3. Optimasi desain kendaraan yang terbaik dengan nilai C_d dan C_l terkecil.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah desain bodi mobil prototipe yang lebih aerodinamis dan *streamline*, menjadi referensi dalam penyusunan laporan desain, serta dapat dijadikan tolak ukur dalam proses desain dan pembuatan bodi kendaraan tipe prototipe bagi tim yang akan mengikuti Kontes Mobil Hemat Energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Serie, E. (2017). Aerodynamics Assessment Using Cfd For A Low Drag Shell Eco-Marathon Car. *Journal of Thermal Engineering*, 3(6), 1527–1536. <https://doi.org/10.18186/journal-of-thermal-engineering.353657>
- Akbar, Z. (2021). Analisis Aerodinamika Kendaraan Tipe *Prototype* Samaratunga EV dengan Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Universitas Sriwijaya.
- Alfian, S. (2023). Analisis CFD Penyempurnaan Penggunaan Pengarah Angin Terhadap Pengurangan Gaya Drag Pada Mobil Barang Bak Tertutup. *Barometer*, 8(1), 42–49. <https://doi.org/10.35261/barometer.v8i1.7291>
- Ambarita, H., Siregar, M. R., & Kawai, H. (2018). Study on aerodynamics characteristics an urban concept car for energy-efficient race. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 343, 012025. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/343/1/012025>
- Anggoro, P. W. (2012). Aplikasi Doe Untuk Menentukan Setting Parameter Optimum Pada Proses Pembuatan Produk Roll. *Media Statistika*, 5, 105–118.
- Anil Kumar, B. S., Ramalingaiah, Manjunath, S., & Ganganna, R. (2018). Computational Investigation of Flow Separation over NACA 23024 Airfoil at 6 Million Free Stream Reynolds Number Using k-Epsilon Turbulence Model. *Materials Today: Proceedings*, 5(5), 12632–12640. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.246>
- Arpino, F., Cortellessa, G., Frattolillo, A., Iannetta, F., & Scungio, M. (2019). Numerical and Experimental Investigation of the Flow over a Car Prototype for the Shell Eco Marathon. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 12(1), 207–218. <https://doi.org/10.29252/jafm.75.253.28884>
- Badrawada, I. G. G., Purwanto, A., & Edo R, F. (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel Dengan Ansys 15.0. *Jurnal Engine*, 3.
- Bahoosh, R., Rohani, M., & Reza Saffarian, M. (2021). Numerical Simulations of Spoiler's Effect on a Hatchback and a Sedan Car Exposed to Crosswind Effect. *Journal of Applied and Computational Mechanics*.
- Calleja Vazquez, J. M. (2018). Experimental and numerical analysis of the aerodyanmics of the A&M Shell Eco-marathon vehicle prototype. Liege Universite.
- Eko Nurcahyo, Y., & Lubas Wahyudi, P. (2021). Rancang Bangun Body Fibercarbon dan Simulasi Aerodinamis dengan Ansys untuk Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan*

Material, 5, 90–96.

- El-Mooty, M. (2019). Comparison Among Numerous Numerical Alternatives Using Ansys On Open Channel Confluence. *El-Hamamy, Walaa*.
- Haidar, A. D., & Charles, H. (2019a). Analisis Aerodinamik Bodi Mobil Listrik Prosoe KMHE 2019 menggunakan CFD Ansys Ver 17. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta*.
- Hendaryati, H., Jufri, Moh., & Mokhtar, A. (2020). Analisis Koefisien Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Srikandi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa*.
- Imadduddin Bin Ramlan, N. B. D. (2019). Comparison between Solidworks and Ansys Flow Simulation on Aerodynamic Studies. *Journal of Industry, Engineering and Innovation*, 1(1).
- Ismail, M. P., Ishak, I. A., Samiran, N. A., Mohammad, A. F., Mohd Salleh, Z., & Darlis, N. (2022a). CFD Analysis on the Effect of Vortex Generator on Sedan Car using ANSYS Software. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(1). <https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.01.008>
- J.Srinivas, J. M. M. S. M. R. (2020). Computational Fluid Analysis(CFD) of Dust Collector using ANSYS. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 7(2).
- Lutfi, N. (2018). *Analisa Aerodinamis Pada Mobil Kategori Urban Concept Menggunakan CFD (Computational Fluids Dynamics)*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Mansour, H., Afify, R., & Kassem, O. (2020). Three-Dimensional Simulation of New Car Profile. *Fluids*, 6(1), 8. <https://doi.org/10.3390/fluids6010008>
- Melin, T. (2013). *Parametric Airfoil Catalog Part I, Archer A18 to Göttingen 655: An Aerodynamic and Geometric Comparison Between Parametrized and Point Cloud Airfoils*. Linköping University.
- Nirwana, N. (2021). *Simulasi dan Analisa Aerodinamika Pada Bodi Prototipe "Mohida 1.1."* Universitas Darma Persada.
- Nurinda Abdi, G., Priyanto, S., & Malkamah, S. (2019). Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman. *Teknisia*, XXIV(1), 55–64. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol24.iss1.art6>
- Pamasaria, H. A., Saputra, T. H., Utama, A. S., & Budiyanoro, C. (2020). Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 4(1). <https://doi.org/10.18196/jmpm.4148>
- Pereira Vilas Boas, A., Souza, J. L. F. de, Romagnoli Silveira Lima, F., Ferreira, A., & Matias Gonçalves, L. (2018). CFD Validation Over A Cabin-Type

- Solar Dryer Using Ansys Fluent Software. *17th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering*. <https://doi.org/10.26678/ABCM.ENCIT2018.CIT18-0681>
- Pribadi, J. S., Yulianto, Y., & Girawan, B. A. (2020). Optimasi Parameter Pemesinan Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Kebulatan Pada Pembubutan Internal Material S45C. *Infotekmesin*, *11*(1), 31–36. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i1.104>
- Rachman, F. R., Setiawan, T. A., Karuniawan, B. W., & Maya, R. A. (2019). Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM). *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, *12*(1), 7–12. <https://doi.org/10.36456/jstat.vol12.no1.a1991>
- Rodrigues, J. F. C. (2021). *CFD Study of the Aero@UBI03 Shell EcoMarathon 2019 Prototype*. Merchant logo University of Beira Interior.
- Sapio, G. (2018). *Studio aerodinamico al calcolatore di una vettura prototipo per Shell Eco Marathon e validazione sperimentale*. University of Modena and Reggio Emilia.
- Saputra, S. F., & Agustian, S. (2018). *Analisa Pengaruh Putaran Blade dan Arah Sudut Serang terhadap Koefisien Drag dan Lift pada Model Prototipe Airfoil NACA 0012 dengan Menggunakan Alat Uji Wind Tunnel Open Circuit Untuk Sarana Laboratorium Fluida*. Universitas 17 Agustus 1945.
- Setiawan, A. A., Karuniawan, B. W., & Arumsari, N. (2018). Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering Dan Penerapannya*, *2*, 165–168.
- Shaker, B., Gholinia, M., Pourfallah, M., & Ganji, D. D. (2022). CFD analysis of Al₂O₃-syltherm oil Nanofluid on parabolic trough solar collector with a new flange-shaped turbulator model. *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, *12*(2), 100323. <https://doi.org/10.1016/j.taml.2022.100323>
- Siregar, M. R., Kawai, H., & Ambarita, H. (2019). Simulation on fuel consumption reduction of an urban concept car for energy-efficient competition. *Journal of Physics: Conference Series*, *1235*(1), 012096. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1235/1/012096>
- Sirojuddin, Engineu, R., & . W. (2019). Aerodynamic Drag Reduction of Vehicle Si Pitung G4 UNJ for Shell Eco-Marathon Asia 2015. *KnE Social Sciences*, *3*(12), 304. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i12.4096>
- Soon Key Tiew, H., Wei Lee, M., Shyang Chang, W., Ishak, M. H. H., & Ismail, F. (2020). Fluid-Structure Interaction on The Design of Fully Assembled Shell Eco-Marathon (SEM) Prototype Car. *CFD Letters*, *12*(12), 115–136. <https://doi.org/10.37934/cfdl.12.12.115136>
- Sudaryono, A., & Pranoto, H. (2022). Analisis aerodinamis bodi mobil listrik

- Geni Biru KMHE 2020 terhadap kecepatan menggunakan simulasi CFD. *Journal of New Energies and Manufacturing (JONEM)*, 1(1), 41–56.
- Sulistyaningtyas, A. D., & Wantika, R. R. (2022). Penerapan Persamaan Navier-Stokes untuk Model Matematika Perpindahan Panas Aliran Fluida Unsteady. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 5, 781–786.
- Suryady, S., & Zhafran, R. (2022). Analisa Desain Bodi Kendaraan Tipe Urban Concept Pada Pengaruh Koefisien Drag Dan Koefisien Lift. *PRESISI*, 24.
- Syahputra, M. Y., & Evanita, S. (2022). Strategi Komunikasi Persuasif Hemat Air dan Energidalam Mewujudkan Hotel Ramah Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4, 1766–1776.
- Tadjuddin, M., Aulia, U., Firsya, T., & Alfurqan, R. (2017). Strategi Mengemudi Mobil Listrik Pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). *Prosiding SNTTM XVI*, 185–190.
- Tran, T. H., Ambo, T., Chen, L., Nonomura, T., & Asai, K. (2019). Effect of Boattail Angle on Pressure Distribution and Drag of Axisymmetric Afterbodies under Low-Speed Conditions. *TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES*, 62(4), 219–226. <https://doi.org/10.2322/tjsass.62.219>
- Vajra, G. A., Tobing, S., & Iskandar, I. (2021). Analisis Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kelas Urban Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16.
- Yogatama, M., & Trisno, R. (2018). Studi Koefisien Drag Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 7.
- Yusuf, A. (2017). *Analisa Aerodinamika dan Optimasi Body Mobil Smart EV Generasi Tiga dengan Menggunakan Permodelan CFD Tiga Dimensi*. Universitas Sebelas Maret.
- Zore, K. , S. B. , P. G. and V. A. (2019). Ansys mosaic poly-hexcore mesh for high-lift aircraft configuration. *21th Annual CFD Symposium*.
- Zulfiadib, R. (2020). *Desain dan Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Samudra 6.0 Menggunakan Pemodelan CFD (Computational Fluid Dynamics) 3 Dimensi*. Universitas Sebelas Maret.