

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK KARAKTERISTIK
AERODINAMIKA DI SEKITAR MOBIL LISTRIK PROTOTYPE
“ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2”



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Disusun Oleh :

MEDA AJI SAPUTRO

NIM : D 200 140 266

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

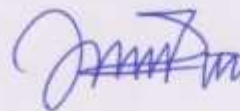
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

**"STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK KARAKTERISTIK AERODINAMIKA DI
SEKITAR MOBIL LISTRIK *PROTOTYPE* "ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2"**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasi dan pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sebagai sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana semestinya.

Surakarta, 17 Juni 2018

Yang Menyatakan



Meda Aji Saputro

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul **"STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK KARAKTERISTIK AERODINAMIKA DI SEKITAR MOBIL LISTRIK *PROTOTYPE* "ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2"** telah disetujui oleh Pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Meda Aji Saputro**

NIM : **D 200 140 266**

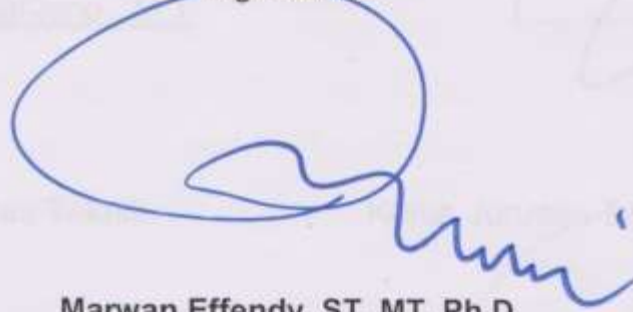
Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Pembimbing

Tugas Akhir



Marwan Effendy, ST, MT, Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK KARAKTERISTIK AERODINAMIKA DI SEKITAR MOBIL LISTRIK *PROTOTYPE* “ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2” telah disetujui oleh Pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Meda Aji Saputro

NIM : D 200 140 266

Disahkan pada

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Marwan Effendy., S.T., M.T., Ph.D

Anggota 1 : Nurmuntaha A. N., S.T., M.T

Anggota 2 : Ir.Tri Tjahjono., M.T

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

(.....)
(.....)
(.....)

Ir. H. Subroto, M.T



LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 023/II/2019 Tanggal 13 Februari 2019 Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Marwan Effendy., S.T., M.T., Ph.D
Pangkat/Jabatan : Lektor Kepala/Pembina tk I/IV B
Kedudukan : Pembimbing Utama

Memberikan Soal Tugas Akhir Kepada mahasiswa:

Nama : Meda Aji Saputro
Nomor Induk : D 200 140 266
NIRM : 14 6 106 0303 50266
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : Studi Eksperimen dan Numerik Karakteristik Aerodinamika Di Sekitar Mobil Listrik Prototype "Ababil Proto & Ababil Evo 2"

Rincian Soal/Tugas: Mengevaluasi peran sebelum dan sesudah terjadi perubahan desain terhadap rancangan mobil listrik prototype "Ababil Proto" terhadap karakteristik pola aliran serta nilai gaya hambat yang mana dalam perubahan desain tersebut disebut dengan mobil listrik prototype "Ababil EVO 2"

Surakarta, 25 Juni 2019

Pembimbing

Marwan Effendy., S.T., M.T., Ph.D

MOTTO

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya”
(Qs. Al-Ankabut: 6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya” (Qa. Al Baqarah: 286)

“Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga pulang” (H.R. Tirmidzi)

“Bukan masalah seberapa besar apa yang kamu impikan tetapi seberapa besar usahamu untuk mewujudkan impianmu”

(Meda Aji Saputro)

DEDIKASI PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur atas limpahan rahmat yang Allah Subhanuhu Wa Ta'ala berikan kepada kita semua, beserta Rasulnya serta sahabat, karya sederhana ini kupersembahkan kepada :

1. Allah *Subhanuhu Wa Ta'ala* yang memberikan hidup dan memegang kematian setiap mahluk, tanpa-Nya tulisan ini tiada bermakna. Semoga dari awal proses sampai karya ini selesai dapat memberikan keberkahan bagi kita semua. *Amin*
2. Rasulullah *Shalallahu A'laihi Wassalam* semoga sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada manusia paling mulia pilihan dari Allah yaitu Nabi Muhammad Shalallahu A'laihi Wassalam, beserta para keluarganya, dan para sahabatnya, serta orang-orang yang mengikuti mereka dengan baik hingga hari Kiamat. *Amin*.
3. Ibu Esti Subagiyanti (Almh) dan Bapak Soetadji serta Ibu sambungku Sri Mulyani rahimahullah tercinta, yang telah memberikan kasih sayang, cinta, pengorbanan, dukungan dan kebahagiaan yang begitu indah dalam hidupku, semoga Allah Azza Wa Jalla menggati setiap butir-butir keringat, untaian doa, dan kesabaran dengan pahala serta kebaikan yang berlipat.
4. Kakak dan Adikku tersayang Ayu Devinta Sari, S.Pd dan Aji Nugroho kebahagiaan dan warna dalam keluarga kita.
5. Calon istriku Laila Shofiya. Mohon maaf atas keterlambatanku dalam menyelesaikan kewajiban ini sehingga mungkin telat untuk menghalalkanmu. Semoga kamu selalu dalam perlindungan Allah Subhanuhu Wa Ta'ala.
6. Pondok Pesantren Internasional KH. Mas Mansur Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan kesempatan saya untuk belajar mengenai kehidupan dan agama, mengenal dengan orang-orang yang luar biasa seperti Ibu Direktur

Muammaroh. P. hD, Ibu Prof. Endang Fauziati, Bapak Dr. Mujazin dan Dr. Sugeng Wibowo., serta para staff Pesma yang telah memberikan perhatiannya kepada saya layaknya anak sendiri, semoga Allah melindungi mereka dalam kebaikan. *Amin*.

7. Bapak Muhammad Alfatih Hendrawan, S.T., M.T terima kasih atas waktu dan bimbingannya untuk menuju kebaikan kepada saya dan tim di LKTIN, PKM dan Ababil Racing Team, walaupun terkadang banyak sering merepotkan.
8. Sahabat dan teman-teman Ababil Racing Team terima kasih atas waktu dan kerjasamanya pada perjuangan-perjuangan di Kontes Mobil Hemat Energi 2017 di Surabaya dan World Econo Move 2018 di Jepang.
9. Sahabat dan teman-teman Keluarga Pelajar Mahasiswa Kalimantan Timur di Surakarta (KPMKT) yang telah memberi pelajaran dan pengalaman selama disana.
10. Sahabat dan teman-teman *Productive Student Community* area Jawa Tengah dan Pusat yang telah memberi pengalaman, motivasi dan Inspirasi.
11. Sahabat dan teman-teman grup WhatsApp “Alumni LKTIN” dan “Beasiswa Hunter” yang telah membantu dan mengajak untuk menuju kebaikan.
12. Teman-teman muddabir dan muddabiroh Pondok Pesantren Internasional KH. Mas Mansur Universitas Muhammadiyah Surakarta terima kasih atas segala kebersamaannya dan guyonan-guyonan kehidupannya. Sahabat-sahabatku seperjuangan Mr. Hassan Khamis Hassan. M.T., Mr. Timur Mukhammadiev. M.Pd., Mr. Anat Maisu. M.Pd., Mr. Safiq Abosigna. M.T., Miss. Hend Farouk Hasan. M.Pd., Wayan Setiyadi. S.T., Muhammad Afan Muhlasin. S.T., Khanif Wahyu Utomo. S.T., Rozi Irfan Rosyadhi. S.E., Muchlisin. S.T., Sayyidatul Masalahah. S.Pd., Rr. Aneta. J.A., Muhammad Lutfil. S.Pd., Hanik Siti Marquzoh. S.Pd., Doni Erikiawan, Ari Eko Yudistira, Agus Arif Setyon, Novita Razabiyah,

Nurdya Ningsih, Dwi Rizqi, Risma Silvi, Abu Salim, M. Faiz, Wahid Noor Wahid, Dwi Nur Arif, Samsu, Nuhman, Eri Nugroho, Bertha, Nur Ella, Anisa Ellen Briyani, Muhammad Khoirul, Alya Abida, Nasir, Ridho, Toyib, Istiqal, Ammar, Hamdan, Sukma, Ida, Hafsa, Luckyta, Selvi, Tilana Saputri, Fauziah, Zulfa Hikam, Aries, Reza, Wahyu, Adam, Yusouf, Kholid, Mohamed Rouyan, A'la Juba, dan masih banyak teman-teman yang lainnya, yang tak bisa disebutkan satu per satu. Semoga Allah *Subhanuhu Wa Ta'ala* melindungi kita dalam kebaikan. Terima kasih telah menjadi partner seperjuangan untuk memperoleh gelar sarjana yang Insya Allah barokah. *Amin*.

13. Teruntuk kepada *someone or some people* yang selalu bertanya kapan lulus. Terima kasih aku ucapkan karena itu menjadi salah satu motivasi untuk segera menyelesaikan kewajiban ini.

STUDI EKSPERIMEN DAN NUMERIK KARAKTERISTIK AERODINAMIKA DI SEKITAR MOBIL LISTRIK PROTOTYPE “ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2”

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain sebelum dan sesudah terjadi perubahan desain terhadap rancangan mobil listrik Prototype “Ababil Proto” terhadap karakteristik pola aliran serta nilai gaya hambat yang mana dalam perubahan desain tersebut disebut dengan “Ababil Evo 2”.

Spesimen pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mobil “Ababil Proto dan Ababil Evo 2”. Dua parameter yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah Coefficient Drag (Cd) dan menganalisa karakteristik aliran fluida yang terjadi di sekitar mobil. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan perangkat lunak Solidworks 2019 untuk permodelan tiga dimensi, Computational Fluid Dynamics (CFD) Ansys Fluent 16.0 untuk simulasinya dan melakukan pengujian secara langsung di wind tunnel. Penelitian dilakukan pada variasi empat kecepatan aliran fluida yaitu sebesar 5,10,15,20 m/s.

Dari hasil pengujian langsung di wind tunnel yang dilakukan pada kedua jenis mobil tersebut pada kecepatan 5,10,15,20 m/s Dari data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Mobil “Ababil Proto” yang bisa dikatakan lebih aerodinamis dari mobil “Ababil EVO 2” bila dilihat dari kontur tekanan dan turbulence serta menghasilkan aliran wake yang cukup tinggi pada sudut bodi bagian belakang mobil “Ababil EVO 2”. Sangat disarankan adanya modifikasi ulang pada mobil tersebut untuk generasi berikutnya agar mendapatkan coefficient drag yang optimal, sehingga konsumsi energi yang dikeluarkan oleh mobil ini dapat ditekan.

Kata kunci: Aerodinamika, Computational Fluid Dynamics (CFD), Coefficient Drag, Wind Tunnel, Mobil Listrik

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS AROUND PROTOTYPE ELECTRIC CARS "ABABIL PROTO & ABABIL EVO 2"

ABSTRACT

This study aims to evaluate the before and after the design changes to the design of the electric car "Ababil Proto" prototype on the characteristics of flow patterns and the value of the drag which in the design change is called "Ababil Evo 2".

The test specimens used in this study were cars "Ababil Proto and Ababil Evo 2". The two parameters that are the focus of this research are Coefficient Drag (Cd) and analyze the characteristics of fluid flow that occurs around the car. The research method used in this study is to use Solidworks 2019 software for three-dimensional modeling, Ansys Fluent 16.0 Computational Fluid Dynamics (CFD) for simulation and conduct testing directly in the wind tunnel. The study was conducted on a variation of four speeds of fluid flow that is equal to 5,10,15,20 m / s.

From the results of direct testing in wind tunnels carried out on both types of cars at speeds of 5,10,15,20 m / s From the data it can be concluded that the "Ababil Proto" Car was the one that could be said to be more aerodynamic than the car "Ababil EVO 2 "when viewed from the pressure contour and turbulence and produces a fairly high wake flow at the rear body corner of the car" Ababil EVO 2 ". It is strongly recommended that there be a re-modification of the car for the next generation to obtain an optimal drag coefficient so that the energy consumption released by this car can be reduced.

Keywords: CFD, Car body, Drag coefficient, flow pattern, rear body angle

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah Azza Wa Jalla yang telah memberikan kenikmatan berupa hidayah, keimanan serta keislaman kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Dialah yang Maha Berilmu dan Maha Pemberi Ilmu bagi siapa saja yang dikehendaki-nya. Atas terselesainya tugas akhir ini, tidak mungkin dicapai tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, semangat dan nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Marwan Effendy., S.T., M.T., Ph.D. selaku Pembimbing tugas akhir, telah membimbing, mengarahkan dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T.Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. H. Subroto, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Muhammad Alfatih Hendrawan., S.T., M.T selaku Dosen pembimbing akademik.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT. dan Bapak Nurmuntaha A.N, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang membantu dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
6. Jajaran dosen dan *staff* di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh studi.
7. Mas Bayu, Khanif, Doni, Ari Eko “Arko”, Muchlisin “Mukhlas” dan Dessy pada kelompok tugas akhir “CFD Airfoil 2018” *Squad*.

8. Teman-teman Teknik Mesin UMS angkatan 2014 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Allah *Subhanuhu Wa Ta'ala* senantiasa memberikan kita keberkahan dalam setiap amal dan perbuatan yang telah dilakukan. *Amin*.

Dengan selesainya penyusunan penulisan ini, berharap dapat memberikan manfaat yang baik, serta menjadi arahan dalam perjalanan pengetahuan dan menyadari bahwa penyusunan ini masih jauh dari sempurna, maka penulis sangat berterima kasih apabila diantara pembaca ada yang memberikan saran atau kritik yang membangun guna memperluas wawasan sebagai proses pemberlajaran diri.

Wassalamu'alaikum Warahmtullahi Wabarakatuh

Surakarta, 17 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pengesahan	iv
Lembar Soal Tugas Akhir	v
Motto.....	vi
Dedikasi Persembahan.....	vii
Abstrak.....	x
Abstract.....	xi
Kata Pengantar	xii
Daftar Isi	xiv
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Kompetisi Mobil Hemat	9
2.2.2 Kendaraan.....	10
2.2.3 Karakteristik Aliran Fluida.....	11
2.2.4 Jenis-jenis Aliran	12
2.2.5 Fenomena Aliran Pada Streamlined Body	14
2.2.6 Aerodinamika Pada Kendaraan.....	15
2.2.7 Lapisan Batas (<i>Boundary Layer</i>)	18
2.2.8 Pengaruh Bentuk Bodi	18
2.2.9 Pengaruh Bentuk Bodi Bagian Depan dan Belakang terhadap Koefisien Hambat	20
2.2.10 Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics).....	22
BAB III. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Tempat Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	27
3.3 Alur Penelitian	28
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Validasi Data	34

4.1.1 Analisis Perhitungan Koefisien <i>drag</i>	32
4.2 Profil kecepatan aliran fluida di sekitar mobil “Ababil Proto dan “Ababil EVO 2.....	37
4.3 Profil tekanan di sekitar mobil “Ababil Proto dan “Ababil EVO 2”	38
4.4 Kontur Turbulensi	39
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN-LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Potret Ababil Proto	2
Gambar 1.2 Potret Ababil EVO 2	3
Gambar 2.1 Prototype Engku Putri	7
Gambar 2.2 Jenis Mobil Proto.....	10
Gambar 2.3 Jenis Mobil Urban	10
Gambar 2.4 Aliran viscos dan inviscid	12
Gambar 2.5 Macam Jenis Aliran.....	13
Gambar 2.6 Benda 2 Dimensi.....	14
Gambar 2.7 Benda 3 Dimensi.....	14
Gambar 2.8 Benda <i>axisymmetric</i>	15
Gambar 2.9 Arah Gaya Angkat dan Hambat	15
Gambar 2.10 Frontal Area	16
Gambar 2.11 Tahapan perencanaan bentuk bodi kendaraan terhadap nilai hambatan.....	19
Gambar 2.12 Perkembangan bentuk bodi kendaraan dari tahun ke tahun dan pengaruhnya terhadap nilai gaya hambatan.....	19
Gambar 2.13 Pengaruh bentuk bodi depan dan belakang terhadap nilai koefisien hambatan.....	20
Gambar 2.14 <i>Ideal Shape Tear Drop</i>	21
Gambar 2.15 Tim-Tim yang juara pada kompetisi Mobil Hemat Energi.....	22

Gambar 3.1 <i>Wind Tunnel</i> (Terowongan Angin).....	26
Gambar 3.2 Termometer	26
Gambar 3.3 Geometri Mobil “Ababil”	27
Gambar 3.4 Desain Mobil “Ababil Proto”	27
Gambar 3.5 Desain Mobil “Ababil EVO 2”	28
Gambar 3.6 Diagram Alir	29
Gambar 3.7 Hasil 3D <i>printing</i> Mobil “Ababil”	30
Gambar 3.8 Proses pembuatan benda uji	30
Gambar 3.9 Bandul <i>drag</i> dan <i>lift</i>	31
Gambar 3.11 Domain Komputasi.....	32
Gambar 3.12 Mesh dari kedua desain	33
Gambar 4.1 Grafik Gaya <i>drag</i>	35
Gambar 4.2 Grafik Koefisien <i>drag</i>	36
Gambar 4.3 Profil kecepatan aliran fluid	37
Gambar 4.4 Aliran kecepatan pada mobil dari tim Turki	38
Gambar 4.5 Profil tekanan mobil “Ababil”	38
Gambar 4.6 . <i>Wake</i> yang terjadi pada mobil “Ababil”	39
Gambar 4.7. <i>Wake</i> pada model mobil Gladiator	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Koefisien <i>drag</i> standart.	17
Tabel 3.1 Kondisi batas eksperimen	32
Tabel 3.2 Karakteristik <i>mesh</i>	33
Tabel 4.1 Gaya <i>drag</i>	34
Tabel 4.2 Koefisien <i>drag</i>	35