

SKRIPSI

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL KALIMASADA TIPE
URBAN CONCEPT EV (ELECTRIC VEHICLE) DENGAN PENDEKATAN
CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**



Oleh:

Nama : Wahyu Aditya Setya Putra

NPM : 20036010009

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2024**

SKRIPSI

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL KALIMASADA TIPE
URBAN CONCEPT EV (ELECTRIC VEHICLE) DENGAN PENDEKATAN
CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)**



Oleh:

Nama : Wahyu Aditya Setya Putra

NPM : 20036010009

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

JAWA TIMUR

SURABAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**“ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL KALIMASADA TIPE
URBAN CONCEPT EV (ELECTRIC VEHICLE) DENGAN PENDEKATAN
CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)”**

Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu dan
Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Sains,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Disusun oleh:

Nama : Wahyu Aditya Setya Putra

NPM : 20036010009

Kosentrasi : Manufaktur

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi

Hari/Tanggal: Kamis, 4 Juli 2024

Telah Disahkan Oleh:

1. Tim Penguji

Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NPT. 21119940726300

Dosen Pembimbing Penelitian

Ahmad Khairul Faizin, ST., MSc.
NPT. 21119930120299

2.

Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 20219940311205

Koordinator Program Studi
Teknik Mesin

Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik & Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP.
NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Aditya Setya Putra
NPM : 20036010009
Fakultas / Program Studi : Teknik dan Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi / Tugas Akhir : Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Kalimasada Tipe *Urban Concept EV (Electric Vehicle)* Dengan Pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya saya sertakan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur maupun instansi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, Juli 2024

Yang menyatakan,



Wahyu Aditya Setya Putra

NPM. 20036010009

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dengan segala keterbatasannya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT., IPU. Selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik & Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing penelitian tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Novel Karaman, M.T. selaku dosen wali Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
6. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I ujian skripsi.
7. Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S. selaku dosen penguji II ujian skripsi.
8. Keluarga tercinta, terutama Ayah dan Ibu, terima kasih atas semua doa, dukungan serta harapan – harapannya pada penulis dalam menyelesaikan skripsi dan laporan ini.
9. Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan support selama menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini di masa depan.

Penyusun

Juli 2024

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | ix |
| DAFTAR NOTASI..... | x |
| INTISARI | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Batasan Penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II DASAR TEORI | 5 |
| 2.1. Mekanika Fluida (Udara)..... | 5 |
| 2.2. Sifat – Sifat Fluida (Udara)..... | 7 |
| 2.2.1. Densitas..... | 8 |
| 2.2.2. Viskositas..... | 9 |
| 2.3. Teori Aliran Eksternal | 10 |
| 2.3.1 Lapisan Batas (<i>Boundary layer</i>) | 11 |
| 2.3.2 Aliran Laminar, Turbulen, dan Transisi | 12 |
| 2.3.3 Bilangan <i>Reynolds</i> | 13 |
| 2.3.4 Aliran <i>Viscous</i> dan Aliran <i>Inviscous</i> | 13 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| 2.3.5 | Aliran <i>Incompressible</i> dan Aliran <i>Compressible</i> | 14 |
| 2.3.6 | Aliran <i>Steady</i> dan Aliran <i>Unsteady</i> | 15 |
| 2.3.7 | Separasi Aliran Pada Lapisan Batas | 16 |
| 2.4. | Prinsip Aerodinamika | 18 |
| 2.5. | Aerodinamika Pada Kendaraan Mobil..... | 19 |
| 2.5.1 | Separasi Aliran..... | 21 |
| 2.6. | Gaya Aerodinamika | 22 |
| 2.6.1 | <i>Drag Force</i> | 22 |
| 2.6.2 | <i>Lift Force</i> | 24 |
| 2.6.1 | <i>Down Force</i> | 25 |
| 2.6.2 | <i>Side Force</i> | 26 |
| 2.7. | Perkembangan Koefisien Gaya Hambat terhadap Bentuk Kendaraan | 27 |
| 2.7.1 | Pengaruh Koefisien Gaya Hambat terhadap <i>Reynold Number</i> | 27 |
| 2.8. | <i>Software</i> Perancangan Desain..... | 28 |
| 2.9. | Dinamika Aliran Fluida Secara CFD | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 33 |
| 3.1. | Lokasi dan Waktu Penelitian | 33 |
| 3.1.1. | Lokasi..... | 33 |
| 3.1.2. | Waktu..... | 33 |
| 3.2. | Peralatan dan Bahan..... | 33 |
| 3.3. | Diagram Alir Metode Penelitian..... | 34 |
| 3.4. | Teknik Pengumpulan Data..... | 35 |
| 3.5. | Variabel Penelitian..... | 35 |
| 3.5.1. | Variabel Bebas | 35 |
| 3.5.2. | Variabel Terikat | 35 |
| 3.5.3. | Variabel Kontrol | 36 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 3.6. | Metode Penelitian | 36 |
| 3.6.1. | Tahapan <i>Preprocessing</i> | 36 |
| 3.6.2. | Tahapan <i>Processing</i> | 36 |
| 3.6.3. | Tahapan <i>Postprocessing</i> | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 37 |
| 4.1. | Distribusi Aliran | 37 |
| 4.2. | Analisis Hasil Simulasi | 38 |
| 4.2.1. | Hasil <i>Meshing</i> Bodi Mobil Kalimasada | 38 |
| 4.2.2. | Gaya Aerodinamis | 39 |
| 4.2.3. | Gaya Hambat | 40 |
| 4.2.4. | Gaya Angkat | 41 |
| 4.3. | Kontur Aerodinamika Bodi Mobil Kalimasada | 43 |
| 4.3.1. | Kontur Distribusi <i>Velocity</i> | 44 |
| 4.3.2. | Kontur Distribusi <i>Pressure</i> | 45 |
| 4.4. | Validasi Keakurasian Hasil Simulasi | 47 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 49 |
| 5.1. | Kesimpulan | 49 |
| 5.2. | Saran | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 51 |
| LAMPIRAN | | 54 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1. Perbedaan aliran laminar (kiri) dan aliran turbulen (kanan)..... | 5 |
| Gambar 2. 2. Perbedaan sifat fluida yang disebabkan oleh gaya geser (<i>Shear Force</i>) | 6 |
| Gambar 2.3. Klasifikasi aliran fluida..... | 7 |
| Gambar 2. 4. Aliran udara (<i>streamlines</i>) pada bentuk kereta peluru dan bola | 10 |
| Gambar 2. 5. Lapisan batas atau <i>Boundary layer</i> pada sebuah plat datar | 11 |
| Gambar 2. 6. Aliran Laminar (a), Transisi (b), dan Turbulen (c). | 12 |
| Gambar 2. 7 Perbedaan antara fluida ideal dan <i>viscous</i> | 14 |
| Gambar 2. 8. <i>Boundary layer flow</i> dengan <i>pressure gradient</i> | 17 |
| Gambar 2. 9. Detail aliran di sekitar <i>airfoil</i> | 17 |
| Gambar 2. 10. aliran fluida pada saat melewati bodi kendaraan | 18 |
| Gambar 2. 11. Pola aliran udara pada kendaraan visual 2D | 19 |
| Gambar 2. 12 Bentuk <i>frontal</i> area terhadap nilai C_D pada kendaraan | 20 |
| Gambar 2. 13. Karakteristik aliran pada saat melewati bodi kendaraan..... | 21 |
| Gambar 2. 14. Gaya dan momen aerodinamis pada kendaraan..... | 22 |
| Gambar 2. 15. Gaya hambat yang terjadi pada mobil balap yang bergerak..... | 23 |
| Gambar 2.16. Perkembangan pada bentuk geometri bodi kendaraan terhadap nilai C_D | 27 |
| Gambar 2. 17 Koefisien gaya hambat untuk silinder dan bentuk dasar lainnya..... | 28 |
| Gambar 2. 18 <i>Project schematic</i> simulasi <i>fluent</i> pada <i>software</i> ansys | 29 |
| Gambar 2. 19. Geometri desain bodi mobil listrik Kalimasada tipe <i>urban concept</i> .. | 30 |
| Gambar 2. 20. Pemodelan domain komputasi terhadap bentuk bodi kendaraan | 30 |
| Gambar 2. 21 Pemberian nama kondisi batas pada domain pemodelan..... | 32 |
| Gambar 3.1. Diagram alir metode penelitian..... | 34 |
| Gambar 4.1. Grafik perbandingan Reynold Number (Re) terhadap variasi laju aliran udara (<i>Velocity</i>)..... | 37 |
| Gambar 4.2. Hasil <i>meshing</i> pada pemodelan domain komputasi bodi mobil Kalimasada | 38 |
| Gambar 4.3. Grafik hubungan antara gaya hambat terhadap laju kecepatan aliran .. | 40 |
| Gambar 4.4. Grafik hubungan antara <i>coefficient drag</i> terhadap laju kecepatan aliran | 41 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.5 Grafik hubungan antara gaya angkat terhadap laju kecepatan aliran..... | 42 |
| Gambar 4.6. Grafik hubungan antara <i>coefficient lift</i> terhadap laju kecepatan aliran. | 43 |
| Gambar 4.7. Kontur distribusi <i>velocity</i> (a) 8,3 m/s ; (b) 11,1 m/s ; (c) 13,8 m/s..... | 44 |
| Gambar 4.8 Kontur <i>wake</i> bagian belakang mobil (a) kecepatan 8,3 m/s ; (b) kecepatan 11,1 m/s ; (c) kecepatan 13,8 m/s | 45 |
| Gambar 4.9. Kontur distribusi <i>pressure</i> (a) 8,3 m/s (b) 11,1 m/s (c) 13,8 m/s..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan penelitian | 33 |
| Tabel 4.1. Persentase peningkatan nilai C_D dan C_L terhadap variasi laju kecepatan. 39 | |
| Tabel 4.2. Perbandingan nilai <i>coefficient drag</i> peneliti terdahulu dengan penelitian sekarang sebagai parameter keakurasian | 47 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Skema proyek proses simulasi aerodinamika pada bodi mobil Kalimasada dengan <i>software</i> Ansys <i>Fluent</i> | 54 |
| Lampiran 2. Parameter proses <i>meshing</i> | 55 |
| Lampiran 3. Parameter <i>setup</i> simulasi aerodinamis pada <i>software</i> Ansys <i>Fluent</i> | 56 |
| Lampiran 4. Spesifikasi material bodi mobil Kalimasada | 57 |
| Lampiran 5. Tabel properti udara bertekanan 1 atm..... | 58 |
| Lampiran 6. Proyeksi geometri gambar 2D bodi mobil Kalimasada tipe urban <i>concept ev (electric vehicle)</i> dengan <i>software</i> solidworks..... | 59 |
| Lampiran 7. Perhitungan gaya aerodinamis gaya hambat, koefisien gaya hambat, gaya angkat, dan koefisien gaya angkat | 60 |
| Lampiran 8. Perhitungan analisis distribusi aliran..... | 63 |
| Lampiran 9. Visualisasi 3D kontur <i>pressure</i> simulasi aerodinamika bodi mobil listrik Kalimasada | 64 |
| Lampiran 10. Visualisasi distribusi aliran <i>streamline</i> proses simulasi aerodinamika pada bodi mobil listrik Kalimasada..... | 65 |
| Lampiran 11. Visualisasi kontur distribusi <i>velocity</i> terhadap laju arah aliran (a) 8,3 m/s, (b) 11,1 m/s, (c) 13,8 m/s | 66 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|--------------|---|--|
| F | = | Gaya (N) |
| Re | = | Bilangan <i>Reynolds</i> |
| ρ | = | Densitas / Massa Jenis (kg/m^3) |
| P | = | Tekanan fluida (Pa) |
| T | = | Temperatur ($^{\circ}\text{C}$ atau K) |
| γ | = | Berat Spesifik (N/m^3) |
| m | = | Massa (kg) |
| V | = | <i>Volume</i> (m^3) |
| μ | = | Viskositas Dinamis (kg/ms) |
| ν | = | Viskositas Kinematic (m^2/s) |
| β_a | = | Sudut serang angin (<i>degrees</i>) |
| C_D | = | <i>Coefficient drag</i> |
| C_L | = | <i>Coefficient lift</i> |
| C_P | = | <i>Pressure Coefficient</i> |
| F_s | = | <i>Force Side</i> (N) |
| F_D | = | Gaya hambat (N) |
| A | = | Area (m^2) |
| V | = | Kecepatan (m/s) |
| L | = | Panjang karakteristik kendaraan (m) |
| W | = | Lebar dimensi benda (m) |
| H | = | Tinggi dimensi benda (m) |
| g | = | Percepatan gravitasi (m/s) |
| τ | = | Tegangan geser (N/m^2) |
| A | = | Luas permukaan (m^2) |
| V_a | = | Kecepatan relative angin kendaraan (m/dt) |
| ∂v | = | Perubahan kecepatan (m/s) |
| ∂t | = | Perubahan terhadap waktu (s) |
| \emptyset | = | Energi potensial gravitasi per satuan massa (<i>joule</i>) |

INTISARI

Mobil Kalimasada merupakan salah satu jenis kendaraan bertenaga listrik yang dikembangkan dan dirancang oleh mahasiswa teknik mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dalam ajang perlombaan kontes mobil hemat energi yang diadakan oleh pihak kementerian pendidikan, kebudayaan, riset, dan teknologi. Tujuan dari analisis penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai koefisien gaya hambat dan koefisien gaya angkat serta dapat memahami visualisasi kontur distribusi tekanan maupun kecepatan pada fluida udara yang melintasi bentuk bodi mobil listrik Kalimasada dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Variasi kecepatan pada proses simulasi aerodinamis kendaraan meliputi 8,3 m/s, 11,1 m/s, dan 13,8 m/s. Hasil yang didapatkan pada proses simulasi aerodinamis pada bentuk bodi mobil Kalimasada diperoleh nilai koefisien gaya hambat tertinggi sebesar 0,268 pada kecepatan 8,3 m/s, dan nilai koefisien gaya hambat terendah sebesar 0,261 pada kecepatan 13,8 m/s, dengan rata-rata nilai koefisien gaya hambat sebesar 0,264. Kemudian pada hasil nilai koefisien gaya angkat terendah sebesar -0,111 pada kecepatan 8,3 m/s, dan nilai tertinggi koefisien gaya angkat sebesar -0,130 pada kecepatan 13,8 m/s, dengan nilai rata – rata koefisien gaya angkat sebesar -0,121. Seiring bertambahnya laju kecepatan, maka nilai koefisien gaya hambat bodi mobil listrik Kalimasada semakin tinggi Hasil penelitian yang diharapkan adalah dapat memberi kontribusi dan hasil desain kendaraan terutama pada kendaraan listrik menjadi lebih optimal, dengan harapannya pada penelitian lanjutan dapat membuat produk kendaraan dapat dimanfaatkan oleh kepentingan internal kampus.

Kata Kunci: Aerodinamika, koefisien gaya hambat, koefisien gaya hambat, mobil listrik Kalimasada