



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

"Alam Takambang Jadi Guru"

TUGAS AKHIR – MSN1.62.8004

PENGARUH VARIASI *LEADING EDGE* TERHADAP KARAKTERISTIK
AERODINAMIKA BODI KERETA DEREK

Willy Hardi Vernando

NIM 19338073

Dosen Pembimbing

Sri Rizki Putri Primandari, M.T.,Ph.D

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Padang

2024

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Variasi *Leading Edge* terhadap Karakteristik Aerodinamika Bodi Kereta Derek
Nama : Willy Hardi Vernando
Nim : 19338073
Tahun Masuk : 2019
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang , 31 Mei 2024

Disetujui oleh
Pembimbing



Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D

NIP. 198303062023212035

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Mesin FT-UNP



Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd

NIP. 198001142010121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

*Dinyatakan lulus setelah mempertahankan tugas akhir di depan tim penguji
Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.*

Judul : Pengaruh Variasi *Leading Edge* terhadap Karakteristik Aerodinamika Bodi Kereta Derek
Nama : Willy Hardi Vernando
Nim : 19338073
Tahun Masuk : 2019
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 31 Mei 2024

Tim penguji

Nama

Tanda tangan

1. Ketua : Sri Rizki Putri Primandari, M.T.,Ph.D



2. Anggota : Dr. Arwizet K, ST, MT.



3. Anggota : Dr. Randi Purnama Putra, S.Pd., M.T



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan judul “ Pengaruh Variasi *Leading Edge* terhadap Karakteristik Aerodinamika Bodi Kereta Derek ” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah di tulis atau di pulikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada kemungkinan hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 31 Mei 2024
Saya yang menyatakan,

Willy Hardi Vernando
NIM 19338073

ABSTRAK

Willy Hardi Vernando, 2024. Pengaruh Variasi Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Bodi Kereta Derek. Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Aerodinamika merupakan salah satu ilmu yang mempelajari aliran fluida yang bergerak pada suatu benda. Adapun gaya drag merupakan gaya yang ditimbulkan oleh gerakan suatu benda dengan arah yang berlawanan terhadap gerak relatif benda padat dengan fluida. Bentuk bodi kereta yang aerodinamis dapat mempengaruhi terhadap pengurangan pemakaian bahan bakar dan meminimalisir gaya hambat yang menghambat laju kereta, bodi kereta dapat dikatakan aerodinamis apabila gaya hambat (koefisien drag) yang dihasilkan bernilai rendah. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien *drag* pada model kereta derek standar dan kereta derek yang dimodifikasi pada kemiringan sudut *leading edge*, dan melihat karakteristik aliran udara berdasarkan *velocity contour*, *velocity streamline*, dan *pressure contour* pada model kereta derek standar dan modifikasi pada *leading edge*. Metode penelitian yang digunakan yaitu simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan menggunakan *Software Solidwork Research License 2021*. Pada simulasi CFD, koefisien *drag* (Cd) pada kereta derek standar yaitu 1.2, pada kemiringan sudut *leading edge* 41.4° yaitu 0.454, pada kemiringan sudut *leading edge* 47.4° yaitu 0.436, dan pada kemiringan sudut *leading edge* 53.4° yaitu 0.426. Dimana penurunan nilai koefisien *drag* (Cd) yang paling optimal dihasilkan pada kemiringan sudut *leading edge* 53.4°. Karena merupakan nilai koefisien drag (Cd) yang paling kecil dibandingkan dengan model kereta derek lainnya. Berdasarkan data yang didapatkan penerapan variasi kemiringan sudut *leading edge* yang diterapkan ini mempengaruhi terhadap koefisien *drag* (Cd) yang dihasilkan. Dengan berkurangnya nilai koefisien drag (Cd) dapat mengurangi gaya hambat yang terjadi pada kereta derek, sehingga model kereta derek yang divariasikan ini lebih aerodinamis dan penggunaan bahan bakar lebih efisien.

Kata kunci : *Aerodinamika, leading edge, computational fluid dynamics, kereta derek.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *“Pengaruh Variasi Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Bodi Kereta DereK”*.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan bagian dari pemenuhan persyaratan Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis sangat menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari semua pihak, penulis tidak mungkin dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Arwizet K, ST, MT dan bapak Dr. Randi Purnama Putra, S.Pd., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Andre Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik yang telah membimbing dalam bidang akademis.
4. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin.
6. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staff Administrasi Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang yang telah membimbing penulis selama kuliah.
7. Teristimewa kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.

8. Rekan-rekan mahasiswa Departement Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
9. Semua pihak yang tidak disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Walaupun demikian, dalam Tugas Akhir ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini.

Padang, 31 Mei 2024

Willy Hardi Vernando
NIM. 19338073

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Aerodinamika	6
B. Faktor Yang Mempengaruhi Aerodinamika	6
C. Karakteristik Aerodinamika.....	7
D. <i>Computational Fluid Dynamic</i>	12
E. <i>SolidWork Flow Simulation</i>	13
G. Penelitian Relevan.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
A. Jenis Penelitian	19

B. Waktu Penelitian.....	19
C. Tahap Penelitian	19
D. <i>Mesh Independent Test</i>	27
E. Variabel penelitian.....	27
F. Alat dan Bahan	29
G. Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Analisa <i>Mesh Independent</i>	31
B. Koefisien Drag (Cd) Pada Model Kereta Derek Standar dan Kemiringan <i>Leading Edge</i> 41.4, 47.4, 53.4.....	32
C. <i>Pressure Contour, Velocity Streamline, Velocity Contour</i> , Pada Model Kereta Derek Standar dan Kemiringan Sudut <i>Leading Edge</i>	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
A. Kesimpulan.....	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Frontal Area</i>	9
Gambar 2. Separasi Aliran Pada Benda Tegak.....	10
Gambar 3. Bentuk <i>leading edge</i>	11
Gambar 4. <i>One-Dimension Element</i> dengan 2 node (Sun, 2022).....	15
Gambar 5. (a) <i>Constant-strain triangle</i> (b) <i>Linear strain triangle</i> (Sun, 2022)....	15
Gambar 6. (a) Tetrahedron element, (b) Pentahedral element, (c) Rectangular element, (d) Hexahedral element (Sun, 2022).....	16
Gambar 7. Model (a) Kereta Derek Standar, (b) Modifikasi <i>Leading Edge</i> 41.4°, (c) Modifikasi <i>Leading Edge</i> 47.4°, (d) Modifikasi <i>Leading Edge</i> 53.4°.	22
Gambar 8. Model Domain Simulasi.....	22
Gambar 9. Kondisi Batas (<i>Boundary Condition</i>).....	26
Gambar 10. <i>Result</i> Simulasi	27
Gambar 11. Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 12. Grafik Nilai Koefisien Drag dan Waktu Running Pada Setiap Ukuran Mesh	31
Gambar 13. Variasi Nilai Koefisien Drag (C_d).....	32
Gambar 14. <i>Pressure Contour</i> (a) model kereta derek standar(b) Variasi kemiringan <i>leading edge</i> 41.4° (c) Variasi kemiringan <i>leading edge</i> 47.4° (d) Variasi kemiringan <i>leading edge</i> 53.4°	34
Gambar 15. <i>Velocity Streamline</i> (a) Kereta Derek Standar (b) Kemiringan <i>Leading</i> <i>Edge</i> 41.4° (c) Kemiringan <i>Leading Edge</i> 47.4° (d) Kemiringan <i>Leading Edge</i> 53.4°	36
Gambar 16. Aliran balik (<i>wake</i>)	37
Gambar 17. <i>Velocity Contour</i> (a) Kereta Derek Standar (b) Kemiringan <i>Leading</i> <i>Edge</i> 41.4° (c) Kemiringan <i>Leading Edge</i> 47.4° (d) Kemiringan <i>Leading Edge</i> 53.4°	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bilangan Reynold.....	12
Tabel 2. Deskripsi Kereta derek	20
Tabel 3. Spesifikasi Kereta Derek	20
Tabel 4. Parameter Input	25

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat di bidang industri khususnya di kereta api, serta diiringi juga dengan penggunaan konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia yang mengalami peningkatan. Hal ini menyebabkan persediaan bahan bakar semakin berkurang, sehingga banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dari pemakaian bahan bakar minyak tersebut. Efisiensi bahan bakar itu tidak hanya bergantung pada mesinnya saja, melainkan desain suatu kendaraan juga harus diperhatikan aspek aerodinamis pada bodi kendaraan tersebut.

Aerodinamika merupakan salah satu cabang ilmu yang mempelajari sifat-sifat benda akibat pengaruh aliran udara. Pada suatu kendaraan, ciri-ciri aerodinamis kendaraan berkaitan dengan kecepatan kendaraan tersebut, semakin aerodinamis suatu kendaraan maka pergerakan kendaraan tersebut semakin lancar atau tidak terlalu terhalang oleh angin (Hariandja, 1998). Perubahan aerodinamika sekecil apapun akan mempengaruhi aliran udara pada keret, karena aliran udara tersebut berubah seiring dengan komponen yang divariasikan terutama pada bagian ujung *leading edge* (Hidayat & Wailanduw, 2018).

Kereta derek merupakan sebuah kereta yang digunakan untuk melakukan perbaikan rel kereta api. Kereta derek dilengkapi dengan crane dibelakang kabin kereta dan dikategorikan sebagai kereta perbaikan berkecepatan rendah yang mampu melaju sampai 100km/jam. Model dari kereta ini belum aerodinamis yang dikarenakan bentuk depan dari kereta derek berbentuk datar atau bertipe *bluff* sehingga perlunya modifikasi pada kemiringan sudut *leading edge*.

Modifikasi *leading edge*, penambahan *side skirt*, *rear spoiler*, *roof spoiler* dan *diffuser* dimana modifikasi tersebut memiliki fungsi untuk mengontrol gaya-gaya aerodinamis yang terjadi pada kendaraan. Perubahan

geometri *leading edge* bodi kendaraan diperlukan untuk mengurangi gaya *drag* hingga sekecil mungkin. Pengurangan gaya *drag* dilakukan karena gaya *drag* berpengaruh terhadap besarnya konsumsi bahan bakar dari kendaraan (Mustafa & Wailanduw, 2018). Maka dari itu agar penggunaan bahan bakar lebih efisien dilakukanlah modifikasi tersebut. Sebelumnya Mustafa dan Wailanduw (2018) pernah meneliti *leading edge* bodi kendaraan, menyatakan bahwa untuk perbaikan pengurangan dari gaya *drag* salah satunya dapat memvariasikan sudut kemiringan *leading edge* yang cenderung menurunkan nilai dari gaya *drag* tersebut tanpa memperhatikan penampilan/estetika kereta tersebut. Pada penelitian di atas modifikasi *leading edge* baru diterapkan pada kendaraan seperti bus. Oleh karena itu pada penelitian kali ini dengan variasi yang sama yaitu kemiringan sudut *leading edge* akan diterapkan pada kereta derek. Pentingnya modifikasi yang dilakukan pada kereta derek ini berguna untuk meminimalisir nilai koefisien drag (C_d) yang dihasilkan oleh kereta derek standar, karena area depan dari kereta derek standar ini berbentuk datar atau bertipe bluff yang tentunya akan mengalami perlambatan akibat tumbukan udara dengan bagian depan kereta. Sehingga aliran udara dari *free stream* seolah-olah berhenti dan tekanan yang terjadi dibagian depan bodi kereta semakin tinggi.

Untuk mengetahui analisis dari variasi *leading edge* terhadap gaya aerodinamika pada kendaraan dapat dilakukan beberapa metode. Menurut (Katz, 2006) penganalisaan data dibedakan menjadi 3 metode yaitu: pengujian *wind tunnel* (terowongan angin), simulasi menggunakan software berbasis *computational fluid dynamics* (CFD) atau biasa disebut metode perhitungan atau metode numerik, dan yang terakhir pengujian di jalan (*road test*). *Computational fluid dynamics* (CFD) merupakan suatu cara untuk menganalisa suatu sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena fisik lainnya. Metode simulasi memiliki kelemahan, menyatakan simulasi CFD memberikan solusi dengan kesalahan atau ketidakpastian dalam hasil. Ketidakakuratan yang terjadi karena

simulasi menggunakan pendekatan sistem kontinue dan terbatas (Mustafa & Wailanduw, 2018).

Pada penelitian Hidayat & Wailanduw (2018) juga membahas tentang variasi sudut kemiringan *leading edge* terhadap karakteristik aerodinamika kendaraan. Berdasarkan hasil penelitian diatas bahwa pemvariasian sudut kemiringan *leading edge* cenderung menurunkan nilai *Coefficient Drag Pressure*(C_{DP}). Semakin kecil nilai dari *Coefficient Drag Pressure*(C_{DP}) maka gaya hambat yang dihasilkan juga semakin kecil. Efek dari dari gaya hambat ini berpengaruh juga terhadap penggunaan bahan bakar atau efisiensi bahan bakar.

Alasan peneliti yang menggunakan kereta derek sebagai objek penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar nilai koefisien drag yang dihasilkan dari bentuk kereta derek standar dan modifikasi yang mempengaruhi terhadap efisiensi bahan bakar yang digunakan. Berhubungan juga peneliti sudah pernah melakukan simulasi CFD pada kereta derek ini sebagai tugas akhir pada saat mengikuti program Magang Bersertifikat dan Studi Independen yang dilaksanakan di PT. INKA (Persero) Madiun, Jawa Timur, dengan tujuan untuk mengetahui tekanan diarea disamping kereta derek. Maka dari itu peneliti mengambil kerek derek ini sebagai objek penelitian guna untuk keberlanjutan dari riset yang sudah pernah dilakukan sebelumnya dan untuk peneltian kali ini dengan malakukan modifikasi *leading edge*.

Berdasarkan beberapa penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa pengimplementasian ilmu aerodinamika tidak hanya pada kendaraan kecil saja, tetapi juga perlu diterapkan pada kendaraan yang berukuran sedang atau berat seperti kereta derek. Karena model standar depan kereta derek berbentuk datar dan juga penerapan pengimplementasian dari variasi *leading edge* belum pernah diterapkan, sehingga perlunya memodifikasi *leading edge* pada sebuah kereta derek. Penelitian ini bertujuan agar dapat melihat perubahan nilai koefisien *drag* (C_d) dari model kereta derek standar serta modifikasi pada *leading edge* yang nantinya dapat mempengaruhi

bahan bakar yang digunakan, dimana semakin kecil koefisien drag (C_d) yang dihasilkan maka penggunaan bahan lebih efisien. Tidak hanya pada nilai koefisien drag (C_d) saja, tetapi juga untuk melihat karakteristik aliran udara *berdasarkan velocity contour, velocity streamline, dan pressure contour* di sekitar model kereta standar dan modifikasi pada *leading edge*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut ini:

1. Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang industri kereta, penggunaan konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan.
2. Kereta derek yang berbentuk standar memiliki desain yang belum aerodinamis sehingga mempengaruhi terhadap koefisien drag.
3. Koefisien drag mempengaruhi laju sebuah kendaraan sehingga penggunaan bahan bakar tidak efisien.
4. Modifikasi *leading edge* pada kendaraan sudah pernah diteliti namun penerapan variasi ini pada model kereta derek belum pernah diterapkan, apakah bisa menurunkan nilai koefisien dragnya atau tidak?
5. Banyaknya sudut yang terbentuk pada sebuah model kereta juga mempengaruhi terhadap aliran fluida yang melewatinya.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi untuk menganalisa nilai koefisien drag dan karakteristik aerodinamika bodi kereta derek. Analisa dilakukan dengan cara simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan *Software SolidWork Research License 2021*.

D. Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang menjadi sumber pertimbangan untuk melaksanakan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai koefisien *drag* pada model kereta standar dan modifikasi pada *leading edge*?

2. Bagaimana karakteristik aliran udara dengan melihat *velocity contour*, *velocity streamline*, dan *pressure contour* di model kereta standar dan modifikasi pada *leading edge*?

E. Tujuan Penelitian

1. Melihat perubahan nilai koefisien *drag* dari model kereta derek standar dan modifikasi pada *leading edge*.
2. Melihat karakteristik aliran udara berdasarkan *velocity contour*, *velocity streamline*, dan *pressure contour* di sekitar model kereta standar dan modifikasi pada *leading edge*?

F. Manfaat Penelitian

1. Teoritis
 - a. Berdasarkan dari analisa yang akan dilakukan dapat melihat nilai koefisien *drag* dari model kereta standar dan modifikasi pada *leading edge*.
 - b. Dapat digunakan sebagai sumber literatur dan rujukan bagi peneliti jika bekerja masih berhubungan analisa atau simulasi serta kalangan mahasiswa.
 - c. Dapat menemukan kemiringan dari *leading edge* yang sesuai sehingga memberikan pengaruh terhadap penurunan koefisien *drag* pada kereta derek tersebut.
2. Praktis
 - a. Mengaplikasikan *Software Solidwork Research License 2021* sebagai perangkat lunak pengujian gaya *drag*.
 - b. Sebagai rujukan dan referensi pada perpustakaan Universitas Negeri Padang dan diharapkan dapat mendorong peneliti untuk mengkaji hal serupa secara mendalam.
 - c. Mengetahui karakteristik aliran udara dari kereta derek terhadap modifikasi *leading edge* dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*.