

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* TERHADAP HAMBATAN
AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN DENGAN GEOMETRI
MUKA 30° DAN 35°**

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUH. RIEZQA ASHIDQI LUTHFIANDRIE

D021 18 1505



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* TERHADAP
HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN
DENGAN GEOMETRI 30° DAN 35°**

Disusun dan diajukan oleh

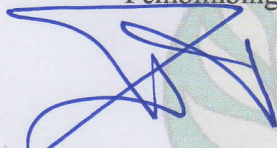
MUH. RIEZQA ASHIDQI LUTHFIANDRIE
(D021 18 1505)

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

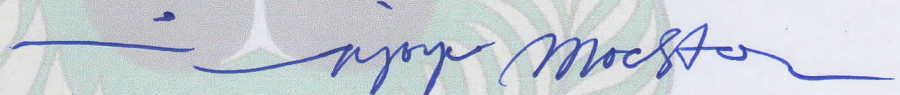
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

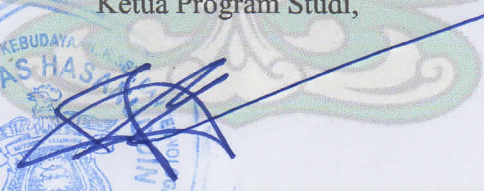
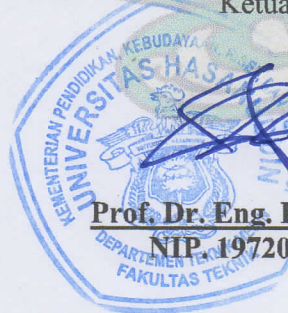


Dr. Ir. Rustan Tarakka S.T., M.T.
NIP. 19750827 200501 1 002



Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Sc.
NIP. 19760216 201012 1 002

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Riezqa Ashidqi Luthfiandrie
NIM : D021181505
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Analisis Pengaruh Penambahan *Fin* Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada
Model Kendaraan Dengan Geometri 30° Dan 35°

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 Juni 2023

Yang Menyatakan



Muh. Riezqa Ashidqi Luthfiandrie

ABSTRAK

MUH RIEZQA ASHIDQI LUTHFIANDRIE, *Analisis Pengaruh Penambahan Fin Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 30° dan 35°* (dibimbing oleh Rustan Tarakka dan Andi Amijoyo Mochtar)

Aerodinamika (ilmu gaya gerak) berasal dari bahasa Yunani yaitu air = udara dan dynamic = gaya gerak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang Bergeraknya suatu benda di dalam udara. Tahanan Aerodinamika, gaya angkat aerodinamik, dan momen angkut aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi. Peningkatan penekanan pada penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam memperbaiki unjuk kerja aerodinamika pada jalan raya. Seiring dengan terus berkembangnya teknologi, para engineer industri otomotif berusaha menekan koefisien gaya tahanan (C_d) seminimal mungkin, sehingga konsumsi bahan bakar dapat diminimalisir.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* terhadap hambatan aerodinamika pada model kendaraan dengan geometri muka 30° dan 35°.

Penelitian dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan komputasi memanfaatkan program *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan pendekatan eksperimental dengan menggunakan *Subsonic wind Tunnel* yang tersedia di laboratorium mekanika fluida. Untuk pendekatan komputasi diperoleh data berupa karakteristik aliran, koefisien tekanan (C_p), dan koefisien *drag* (C_D). Namun pada pendekatan eksperimental hanya difokuskan untuk memvalidasi koefisien *drag* memanfaatkan perangkat *load cell*. Terdapat tiga jenis *fin* yang digunakan dan penempatan posisi *fin* yaitu 1.5 mm yang diukur dari dinding belakang model uji. Kecepatan *upstream* yang dialirkan masing-masing 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, 22.2 m/s.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penambahan kontrol pasif berupa *fin* dapat menunda separasi aliran dan memperkecil olakan pada bagian belakang model uji. Nilai koefisien tekanan minimum mampu ditingkatkan dan mengurangi nilai koefisien *drag*.

Kata Kunci : CFD, *fin*, karakteristik aliran, koefisien tekanan, koefisien *drag*

ABSTRACT

MUH RIEZQA ASHIDQI LUTHFIANDRIE, *Analysis the effect of a parallel fin on aerodynamic drag on a vehicle model with a 30° and 35° front geometry* (supervised by Rustan Tarakka and Andi Amijoyo Mochtar)

Aerodynamics (science of motion) comes from the Greek words water = air and dynamic = force of motion. It can be concluded that aerodynamics is the study of the movement of an object in the air. Increased emphasis on fuel and energy savings has spurred new relevance in improving vehicle aerodynamic performance. Along with technological developments, automotive industry engineers are trying to keep the drag coefficient (C_d) to a minimum, so that fuel consumption can be minimized.

The purpose of this research is to determine the effect of passive control of a parallel fin on aerodynamic drag on a vehicle model with a 30° and 35° front geometry.

The research was conducted using two approaches, namely the computational approach using the Computational Fluid Dynamics (CFD) program and the experimental approach using the Subsonic wind tunnel available in the fluid mechanic's laboratory. For the computational approach, data are obtained in the form of flow characteristics, pressure coefficient (CP), and drag coefficient (CD). However, the experimental approach is only focused on validating the drag coefficient using a load cell device. There are three types of fins used and a variations in position, namely 1.5 mm measured from the back wall of the test model. The upstream velocities are 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, 22.2 m/s.

The results showed that the addition of passive controls in the form of fins and dimples in parallel configuration could delay the flow separation and reduce the turbulence at the back of the test model. The value of the minimum pressure coefficient can be increased and reduced the value of the drag coefficient

Keywords: CFD, *fin*, flow characteristics, pressure coefficient, *drag* coefficient

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan	5
2.2. Lapisan Batas	6
2.3. Separasi Aliran	7
2.4. Drag Aerodinamika	8
2.5. Streamline	8
2.6. Model Bluff Body Kendaraan	9
2.7. <i>Fin</i>	9
BAB III.....	11
METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2. Objek Penelitian	11
3.3. Pendekatan Komputasi	15
3.4. Pendekatan Eksperimen	18
3.5. Diagram Alir	21
BAB IV	22

HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Karakteristik Aliran	22
4.1.1. Karakteristik aliran pada model uji 30°	22
4.1.2. Karakteristik aliran pada model uji 35°	24
4.2. Koefisien Tekanan (C_P).....	27
4.2.1 Koefisien Tekanan (C_P) Model Uji 30°	28
4.2.2 Koefisien Tekanan (C_P) Model Uji 35°	37
4.3. Koefisien <i>Drag</i>	47
4.3.1. Pendekatan Komputasi	47
a. Koefisien <i>Drag</i> (C_D) model uji 30°	47
b. Koefisien <i>Drag</i> (C_D) model uji 35°	52
4.3.2. Pendekatan Eksperimental.....	56
a. Koefisien <i>Drag</i> (C_D) model uji 30°	56
b. Koefisien <i>Drag</i> (C_D) model uji 35°	61
4.3.3. Perbandingan Nilai Koefisien <i>Drag</i> (C_D) antara pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimental	65
4.3.4 Perbandingan Koefisien <i>Drag</i> Antara Model Uji 30° dan 35°	74
4.3.4.1 Pendekatan Komputasi	74
4.3.4.2 Pendekatan Eksperimental.....	75
BAB V.....	77
PENUTUP.....	77
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
Lampiran	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan	6
Gambar 2 Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk pada pelat datar (Munson, 2002).....	7
Gambar 3 Model uji sudut kemiringan bagian depan $\phi=25^\circ$ (Tarakka R, at al, 2018).....	7
Gambar 4 Model body Ahmed (Ahmed et al., 1984).	9
Gambar 5 Grid <i>Fin</i> yang dipasang pada Peluru Kendali	10
Gambar 6 Ilustrasi penempatan <i>fins</i> pada area bawah lambung kapal.....	10
Gambar 7 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 30°	11
Gambar 8 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 35°	12
Gambar 9 Geometri bluff body model kendaraan yang telah dimodifikasi dengan penambahan <i>fin</i> pada sisi atasnya.....	12
Gambar 10 3 Dimensi <i>fin</i> 1	13
Gambar 11 Dimensi <i>fin</i> 2	13
Gambar 12 Dimensi <i>fin</i> 3	14
Gambar 13 Dimensi model uji dengan geometri muka 30° yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i>	14
Gambar 14 Dimensi model uji dengan geometri muka 35° yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i>	15
Gambar 15 Lokasi pengambilan data medan tekanan	17
Gambar 16 Wind Tunnel.....	18
Gambar 17 Sketsa penempatan model uji pada load cell dan kalibrasi	19
Gambar 18 Diagram Alir	21
Gambar 19 Karakteristik aliran pada model uji tanpa <i>fin</i>	22
Gambar 20 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 1	22
Gambar 21 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2.....	23
Gambar 22 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3.....	23
Gambar 23 Karakteristik aliran pada model uji tanpa <i>fin</i>	24
Gambar 24 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 1	25
Gambar 25 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2.....	25
Gambar 26 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3.....	26
Gambar 27 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 30° tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	28
Gambar 28 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	29
Gambar 29 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	30
Gambar 30 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	31
Gambar 31 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 30° tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	33

Gambar 32 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1...	34
Gambar 33 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2...	35
Gambar 34 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3...	36
Gambar 35 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	37
Gambar 36 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	39
Gambar 37 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	41
Gambar 38 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1...	42
Gambar 39 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	43
Gambar 40 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2...	44
Gambar 41 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	45
Gambar 42 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada.....	46
Gambar 43 Nilai koefisien Drag model uji tanpa <i>fin</i>	48
Gambar 44 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	49
Gambar 45 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	50
Gambar 46 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	51
Gambar 47 Nilai koefisien Drag model uji tanpa kontrol.....	52
Gambar 48 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	53
Gambar 49 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	54
Gambar 50 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	55
Gambar 51 Nilai koefisien Drag model uji tanpa kontrol.....	57
Gambar 52 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	58
Gambar 53 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	59
Gambar 54 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	60
Gambar 55 Nilai koefisien Drag model uji tanpa kontrol.....	61
Gambar 56 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	62
Gambar 57 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	63
Gambar 58 Hubungan nilai koefisien drag pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	64

Gambar 59 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	66
Gambar 60 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	67
Gambar 61 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	68
Gambar 62 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	69
Gambar 63 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa <i>fin</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	70
Gambar 64 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	71
Gambar 65 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	72
Gambar 66 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	73
Gambar 67 Grafik Perbandingan Koefisien Drag Model Uji 30 dan 35	75
Gambar 68 Grafik Perbandingan Koefisien Drag Model Uji 30° dan 35°	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi batas model kendaraan.....	16
Tabel 2 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 30° tanpa <i>fin</i> kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	28
Tabel 3 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 30° dengan <i>fin</i> 1 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	29
Tabel 4 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 30° dengan <i>fin</i> 2 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	30
Tabel 5 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 30° dengan <i>fin</i> 3 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	31
Tabel 6 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 30° tanpa <i>fin</i> kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	33
Tabel 7 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 30° dengan <i>fin</i> 1 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	34
Tabel 8 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 30° dengan <i>fin</i> 2 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	35
Tabel 9 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 30° dengan <i>fin</i> 3 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	36
Tabel 10 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa <i>fin</i> kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	37
Tabel 11 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa <i>fin</i> kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	39
Tabel 12 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 35° dengan <i>fin</i> 1 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	41
Tabel 13 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 35° dengan <i>fin</i> 1 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	42
Tabel 14 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 35° dengan <i>fin</i> 2 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	43
Tabel 15 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 35° dengan <i>fin</i> 2 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	44
Tabel 16 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji 35° dengan <i>fin</i> 3 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	45
Tabel 17 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji 35° dengan <i>fin</i> 3 kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	46
Tabel 18 Nilai koefisien drag pada model uji tanpa kontrol	47
Tabel 19 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 1	48
Tabel 20 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 2	49
Tabel 21 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 3	50
Tabel 22 Nilai koefisien drag pada model uji tanpa <i>fin</i>	52
Tabel 23 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 1	53
Tabel 24 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 2	54
Tabel 25 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 3	55
Tabel 26 Nilai koefisien drag pada model uji tanpa <i>fin</i>	56
Tabel 27 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 1	57

Tabel 28 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 2	58
Tabel 29 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 3	59
Tabel 30 Nilai koefisien drag pada model uji tanpa <i>fin</i>	61
Tabel 31 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 1	62
Tabel 32 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 2	63
Tabel 33 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>fin</i> 3	64
Tabel 34 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa <i>fin</i>	65
Tabel 35 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1	66
Tabel 36 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2	67
Tabel 37 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3	68
Tabel 38 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa <i>fin</i>	69
Tabel 39 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1	70
Tabel 40 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2	71
Tabel 41 Perbandingan Nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3	72
Tabel 42 Perbandingan Koefisien Drag Model 30° dan 35°	74
Tabel 43 Perbandingan Koefisien Drag Model 30° dan 35°	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik Aliran Model Uji 30° Pada $U_0 = 11.1$ m/s.....	87
Lampiran 2. Karakteristik Aliran Model Uji 30° Pada $U_0 = 13.9$ m/s.....	88
Lampiran 3. Karakteristik Aliran Model Uji 30° Pada $U_0 = 16.7$ m/s.....	89
Lampiran 4. Karakteristik Aliran Model Uji 30° Pada $U_0 = 19.4$ m/s.....	91
Lampiran 5. Karakteristik Aliran Model Uji 35° Pada $U_0 = 11.1$ m/s.....	92
Lampiran 6. Karakteristik Aliran Model Uji 35° Pada $U_0 = 13.9$ m/s.....	94
Lampiran 7. Karakteristik Aliran Model Uji 35° Pada $U_0 = 16.7$ m/s.....	95
Lampiran 8. Karakteristik Aliran Model Uji 35° Pada $U_0 = 19.4$ m/s.....	97
Lampiran 8. Koef. Tekanan Pada Model Uji 30°.....	99
Lampiran 9. Koefisien Tekanan Model Uji 35°.....	131
Lampiran 10. Dokumentasi.....	1

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri otomotif menjadi industri terpopuler untuk diteliti setelah kedirgantaraan. Dahulu mobil masih kasar dan mentah, tetapi seiring berjalannya waktu pabrikan mulai memperbaiki kondisi kerja mobil serta meningkatkan efisiensi kerjanya. Semua dimulai dari mesin, dan setelah mendapatkan desain mesin terbaik dengan mendekati potensi maksimumnya dan pendapatan menurun dari sebelumnya. Pabrikan membelok ke dalam area yang lebih banyak kinerja. Sekarang mereka mendesain setiap komponen dari setiap kendaraan untuk bekerja di efisiensi tertingginya dan seringan mungkin. Area lain dimana perlu dikerjakan adalah aerodinamika. Dengan keuntungan besar dalam kinerja yang dihasilkan oleh mobil balap, membuat produsen mobil komersil sekarang melawan tren dan lebih tertarik untuk menggabungkan desain yang lebih aerodinamis ke mobil mereka. (Ahmed, A. dan Murtaza M. A., 2016)

Dengan demikian penelitian fenomena aliran tersebut menjadi sangat penting jika dikaitkan dengan krisis energi yang melanda dunia saat ini. Untuk benda yang bergerak dalam fluida viscous, gaya *drag* (gaya hambat) dan gaya *lift* (gaya angkat) erat hubungannya dengan separasi aliran (Chew et al., 1997). Adanya separasi aliran akan menyebabkan timbulnya wake di belakang silinder yang mengakibatkan *drag* (hambatan). Semakin cepat terjadinya separasi aliran, *wake* akan semakin lebar sehingga *drag* semakin besar.

Secara umum, kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mengalami hambatan aerodinamika yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan aliran udara yang bersentuhan secara langsung pada permukaan kendaraan. Desain kendaraan dengan pola aliran fluida yang teratur di sekitar kendaraan akan memberikan efek positif terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan. Rustan Tarakka et al (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh geometri muka terhadap koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan 25°, 30°, dan 35° dengan kecepatan *upstream* diset pada kecepatan 13.9 m/s. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa

koefisien hambatan aerodinamika terkecil adalah 1,7012 yang terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan 30°

Pada tahun 2016 penelitian yang dilakukan oleh Marsaut Maurit Rumapea et al dengan menambahkan *fin* pada rudder kapal menemukan bahwa dengan penambahan 2 *fin* dapat mengurangi nilai drag sebesar 64% dari nilai drag tanpa menggunakan *fin* dan mempunyai rasio L/D tertinggi sebesar 8.16. Penelitian serupa juga telah dilakukan Yosafat Nugraha Putra et al pada tahun 2017 menemukan bahwa penambahan *fin* pada centerbulb kapal Katamaran mampu mengurangi hambatan total sebesar 20% yaitu 1.65 N pada kecepatan tinggi dengan Fraude Number = 0.35, jumlah *fin* yang ditambahkan sebanyak 6 buah, serta dengan ukuran lebar *fin* 0.13 m.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan judul

**: “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* TERHADAP
HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN DENGAN
GEOMETRI MUKA 30° DAN 35° ”**

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik aliran udara pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*?
2. Bagaimana nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa kontrol udara dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*?
3. Bagaimana nilai koefisien drag pada model kendaraan tanpa kontrol udara dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis karakteristik aliran udara pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*.
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*.

3. Menganalisis nilai koefisien drag pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan dengan menggunakan kontrol pasif berupa *fin*.

1.4. Batasan Masalah

Dengan melihat bahwa luasnya permasalahan yang perlu dikaji dan data-data pengujian yang dibutuhkan maka dalam penelitian ini, kami membatasi dalam beberapa hal diantaranya adalah :

1. Fluida uji merupakan udara yang dianggap fluida tak mampu mampat dan mengalir secara seragam pada aliran bebas yang berjarak jauh di hulu.
2. Model uji berbentuk *bluff body* model kendaraan (*modified/reversed Ahmed body*) 1:6 dari *Ahmed body* versi original. Geometri model dengan panjang ($l=0,174$ m), lebar ($w=0,06483$ m) dan tinggi ($h=0,048$ m).
3. Kemiringan sudut pada bagian depan model uji adalah 30° dan 35° terhadap sumbu horizontal.
4. Kecepatan aliran *upstream* 11,1 m/s (40 km/jam), 13,9 m/s (50 km/jam), 16,7 m/s (60 km/jam), 19,4 m/s (70 km/jam), dan 22,2 m/s (80 km/jam).
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *fin*.
6. *Fin* yang digunakan dimodifikasi dengan jari-jari kelengkungan bagian belakang (R)= 2.00.
7. Jumlah *fin* yang digunakan adalah 3 *fin*.
8. Posisi penempatan *fin* berjarak 1,5 mm dari bagian belakang mobil.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis menambah pengetahuan baru mengenai pengaruh *fin* terhadap hambatan aerodinamis pada *bluff body* model kendaraan dan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi akademik sebagai bahan referensi dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

3. Bagi industri memberi masukan serta referensi kepada pihak industri otomotif mengenai pengaruh *fin* dalam memproduksi kendaraan ramah lingkungan serta efisien.

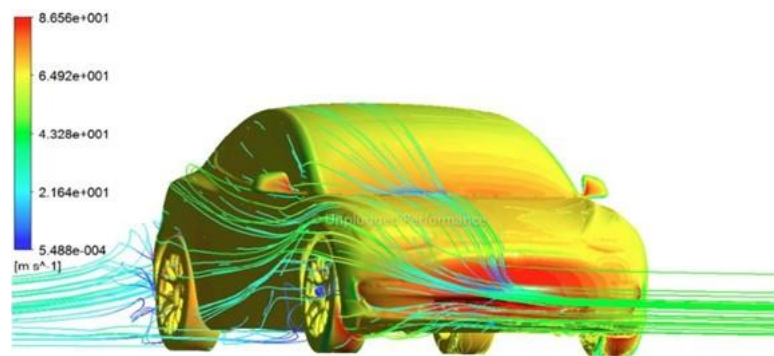
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan

Arus di sekitar kendaraan seperti mobil, bus, dan truk di bawah kondisi operasi normal pada dasarnya bergejolak. Biasanya dicirikan dengan pemisahan dan sirkulasi skala besar, formasi aliran yang kompleks, pusaran yang persisten dan interaksi aliran lapisan batas pada kendaraan dan tanah. Saat mengembangkan kendaraan yang baru sangat penting untuk desainer untuk memahami secara menyeluruh struktur aliran di sekitar kendaraan. Hal ini mempengaruhi karakteristik utama seperti bentuk kendaraan, hambatan *drag*, konsumsi bahan bakar, kebisingan dan retensi jalan. Secara tradisional, perancang kendaraan telah memahami aliran udara di sekitar kendaraan melalui pengujian terowongan angin yang ekstensif. Computational Fluid Dynamics (CFD) telah cukup matang sebagai teknologi untuk memungkinkannya untuk menghitung jumlah seperti drag and lift untuk jalan kendaraan tanpa pengujian terowongan angin resor. Namun, model komputasi sangat besar dan bahkan dengan prosesor canggih mungkin perlu beberapa hari waktu CPU untuk mendapatkannya sebuah solusi. Untuk mengurangi ini ke skala waktu yang dapat diterima oleh perancang kendaraan (dalam sehari), perlu untuk gunakan teknik komputasi yang disederhanakan dan mengadopsi model untuk jelaskan efek rata-rata turbulensi . Sayangnya, model sederhana turbulensi sering gagal menghitung aliran dengan benar misalnya posisi pemisahan aliran pada kemiringan belakang sangat penting dalam menentukan hambatan aerodinamis tetapi fitur ini sangat sulit untuk menghitung menggunakan model turbulensi sederhana. Maka untuk produsen kendaraan jalan raya, CFD saat ini tunduk pada penelitian daripada alat desain, dan kunci untuk memahami aerodinamis kendaraan masih menggunakan terowongan angin. (Khan., R.S dan Umale., S., 2014)

Pada sebuah mobil balap, terdapat *Gurney Flap* (GF) yang merupakan suplemen kecil dipasang tegak lurus ke sisi tekanan sayap di sepanjang *trailing*

edge yang membawa serangkaian aerodinamis pada mobil. Pada kendaraan balap, komponen ini memiliki ketinggian 1%-5% sebagai rasio antara tingginya dan sayap. Efek makroskopik dari *flap* adalah peningkatan defleksi aliran karena resirkulasi aliran pada sisi tekanan dan peningkatan tekanan dasar yang lebih rendah di *trailing edge*. (Zerihan, J. dan Zhang, X., 2001) Ini meningkatkan aerodinamis *airfoil* dan *downforce*. Efek lokal dari gelembung pemisahan sisi hisap di ketinggian rendah dari tanah dapat meningkatkan hambatan terkait. Namun demikian, aerodinamis efisiensi (*downforce/drag*) dengan dimensi *flap* yang tepat dapat meningkat sehubungan dengan konfigurasi *airfoil* dasar. (Jeffrey, D et al, 2000) Adapun fenomena aerodinamika pada kendaraan ditunjukkan pada gambar 2.1.

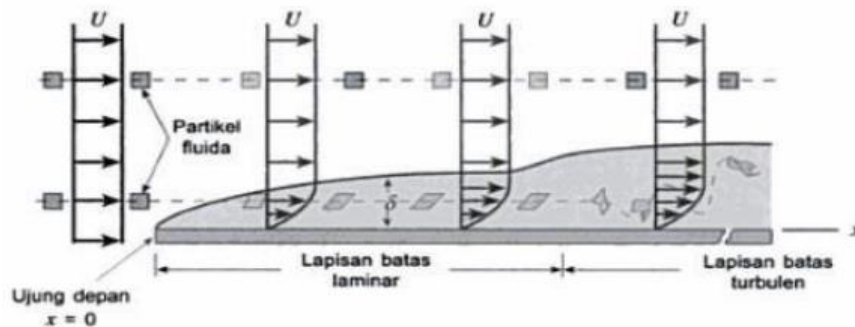


Gambar 1 Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan

2.2. Lapisan Batas

Lapisan batas merupakan sebuah lapisan yang terbentuk pada permukaan sebuah benda yang terendam dalam aliran fluida dimana daerah efek-efek viskos sangat penting dan fluida diluarnya seakan-akan inviscid.

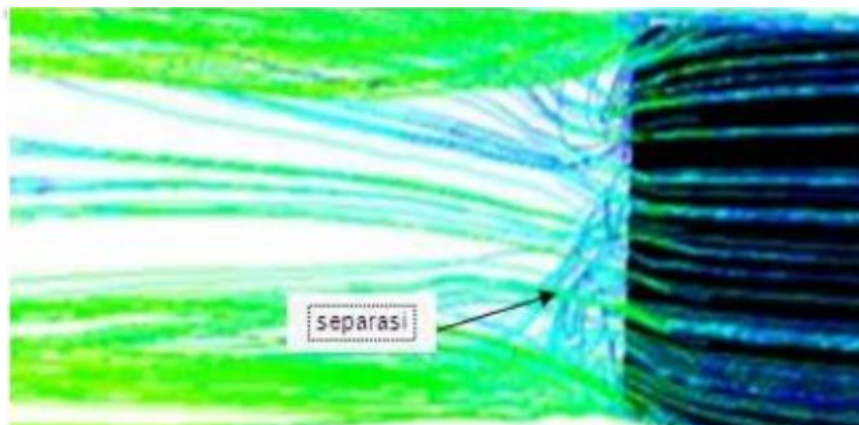
Proses pembentukan lapisan batas divisualisasikan dengan membayangkan aliran sepanjang pelat datar. Gambar di bawah menunjukkan situasi di mana lapisan batas terbentuk pada pelat datar panjang tak terbatas yang dilalui oleh fluida viskos tak mampu-mampat. Jika permukaannya melengkung (seperti silinder atau *airfoil*), struktur lapisan batas menjadi lebih kompleks. Misalkan aliran seragam fluida tak mampu-mampat dengan kecepatan aliran bebas U mendekati pelat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2 Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk pada pelat datar (Munson, 2002)

2.3. Separasi Aliran

Separasi Aliran adalah suatu keadaan dimana aliran udara yang bergerak sepanjang permukaan suatu benda tidak mampu lagi melekat pada permukaan tersebut. Ketika fluida melewati suatu benda dan diasumsikan bahwa fluida mengalir menempel pada benda tersebut, idealnya distribusi tekanan pada kedua sisi harus tetap sama tetapi dalam beberapa kasus lapisan batas memisahkan keluar dari benda, dalam hal ini, tekanan berada di satu sisi menjadi sangat rendah. Kemunculan penurunan tekanan ini terjadi secara tiba-tiba, terjadi pada sisi yang aliran udaranya paling cepat. Perbedaan tekanan ini akan mengakibatkan *drag* pada benda tersebut. Seperti pada gambar 2.3, aliran yang berputar kembali, dan menjadi turbulen diakibatkan oleh separasi aliran, untuk mengisi daerah dengan tekanan yang lebih rendah. (Yogatama. M, 2018).



Gambar 3 Model uji sudut kemiringan bagian depan $\phi=25^\circ$ (Tarakka R, at al, 2018)

2.4. Drag Aerodinamika

Suatu benda yang bergerak melewati fluida akan mengalami interaksi antara permukaan benda tersebut terhadap fluida yang mengalir atau dilaluinya. Tegangan geser (τ_w) yang diakibatkan oleh efek viskositas dan tegangan normal yang diakibatkan oleh distribusi tekanan (p) menjadi sumber interaksi tersebut. *Drag* pada sebuah benda terdiri dari dua bagian, yaitu *drag* gesekan yang diakibatkan oleh gaya gesek, dan *drag* tekanan yang diakibatkan oleh tekanan. *Drag* dapat dituliskan dalam bilangan tak berdimensi yang disebut dengan koefisien *drag*. Koefisien *drag* merupakan sebuah gaya dari fluida yang mengalir melalui permukaan benda searah aliran. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien drag dapat dituliskan sebagai berikut (Cengel & Cimbala, 2006) :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A}$$

Dimana :

C_D = Koefisien drag

ρ = Density (kg/m³)

F_D = Drag force atau Gaya drag (N)

A = Luas daerah yang mengalami gesekan (m²)

U = Kecepatan fluida (m/s)

Drag tekanan (C_p) merupakan bagian dari drag yang langsung disebabkan oleh tekanan P terhadap sebuah benda. Drag ini sering disebut sebagai drag bentuk karena ketergantungan yang sangat kuat pada bentuk dari kendaraan. Drag tekanan adalah fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi arah elemen permukaan dimana gaya tekan tersebut bekerja (Munson, 2003).

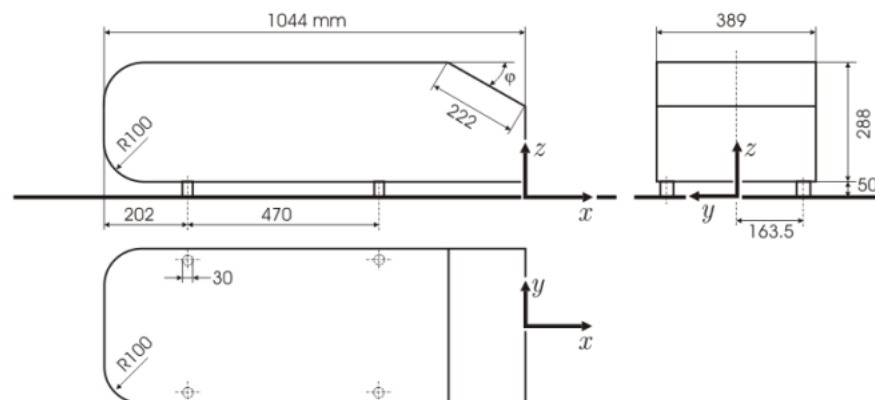
2.5. Streamline

Karakteristik suatu aliran sangat bergantung pada seberapa banyak bagian yang dibuat mulus. Klasifikasi aliran pada bentuk benda dapat tergantung pada apakah benda tersebut dibuat mulus mengikuti garis arus (*streamlined*) atau tumpul. Secara umum, benda-benda *streamlined* (seperti airfoil, mobil balap, dan

lain-lain.) memiliki pengaruh kecil pada fluida yang mengelilinginya, dibandingkan dengan pengaruh yang dimiliki benda tumpul (misalnya parasut, gedung-gedung, dan lain-lain) pada fluida. Biasanya, tapi tidak selalu, akan lebih mudah untuk mendorong sebuah benda *streamlined* melewati suatu fluida daripada mendorong sebuah benda tumpul yang ukurannya sama agar bergerak dengan kecepatan yang sama (Munson, 2002).

2.6. Model Bluff Body Kendaraan

Untuk menggambarkan fenomena fisik aliran pada sebuah kendaraan digunakan model kendaraan. Salah satu model geometris kendaraan yang sering digunakan adalah model Ahmed body. Model Ahmed body merupakan bentuk yang paling baik dalam penyerderhanaan bentuk kendaraan untuk menganalisis hambatan aerodinamika.



Gambar 4 Model body Ahmed (Ahmed et al., 1984).

Modifikasi model Ahmed body original dengan memberikan sudut kemiringan 25° dan 35° terhadap bidang horisontal pada bagian belakang melalui pendekatan numerik dan eksperimen memberikan hasil penurunan hambatan aerodinamika (Daniel Krentel et al., 2010).

2.7. Fin

Grid Fin, adalah perkembangan yang relatif baru pada teknologi peluru kendali (Fleeman, E.L., 2001). Tidak seperti *fin* planar konvensional, *Grid fin* tidak mengalami stall pada sudut serang yang tinggi. Hal ini mengarah pada karakteristik stabilitas dan kontrol yang lebih efektif di menengah dan sudut

serangan yang besar (Simpson, G.M. and A. J. Sadler, 1998). Hal yang menarik tentang *fin* ini adalah, bahwa mereka sejajar menghadap ke arah aliran udara (Sharma, N. dan Kumar, R., 2019)



Gambar 5 Grid *Fin* yang dipasang pada Peluru Kendali

Gambar 2.5 Grid *Fin* yang dipasang pada Peluru Kendali

Selain diaplikasikan pada peluru kendali, *fin* juga dapat diaplikasikan pada lambung kiri dan kanan bawah kapal atau biasa disebut *fin stabilizer*. *Fin stabilizer* menjaga keseimbangan kapal saat berada di atas air dan beroperasi berdasarkan prinsip kontrol posisi *fin*. Perangkat ini dirancang untuk mengurangi efek gerakan *roll* (oleng) kapal yang disebabkan oleh gelombang air laut. Pengujian terhadap tahanan kapal akibat adanya *fins* pada area lambung kapal juga sudah dilakukan menggunakan software maxsurf oleh Wishnu Willy Permata et al (2013). Pengujian ini telah menunjukkan bahwa penambahan *fin* meningkatkan tahanan di bagian bawah lambung dan tidak mempengaruhi stabilitas kapal, namun aliran turbulen pada area bawah kapal menjadi hal yang perlu dikaji kembali pada penelitian tersebut mengingat tingkat ketelitian software maxsurf tidak sedetail analisa menggunakan metode CFD.



Gambar 6 Ilustrasi penempatan *fins* pada area bawah lambung kapal