

**SKRIPSI**

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

**Disusun dan diajukan oleh:**

**AGUNG TRI SAPUTRA  
D021 19 1021**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *SPOILER* TERHADAP  
HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN  
DENGAN GEOMETRI MUKA 35°**

Disusun dan diajukan oleh

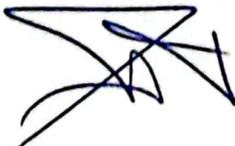
**AGUNG TRI SAPUTRA  
D021 19 1021**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 31 Agustus 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

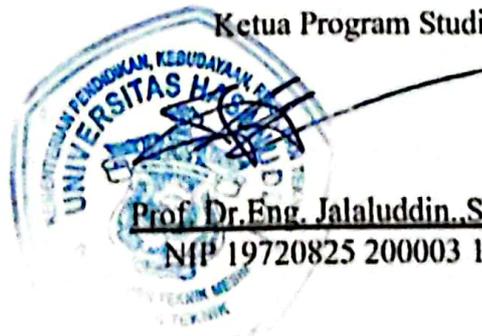


Dr. RUSTAN TARAKKA, ST., MT.  
NIP 19750827 200501 1 002



Dr. Eng. Andi AMIJOYO MOCHTAR, ST., M. Sc.  
NIP 19760216 201012 1 002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. JALALUDDIN, ST., MT  
NIP 19720825 200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : AGUNG TRI SAPUTRA  
NIM : D021 19 1021  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

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

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan 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 atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan 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 dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 31 Agustus 2023

Yang menyatakan

  
  
AGUNG TRI SAPUTRA

## ABSTRAK

**AGUNG TRI SAPUTRA.** *Analisis Pengaruh Fin Dan Spoiler Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°* (dibimbing oleh Rustan Tarakka dan Andi Amijoyo Mochtar)

Di era globalisasi saat ini, kebutuhan manusia akan teknologi semakin meningkat utamanya pada sektor industri mobil. Peningkatan kendaraan mobil di seluruh dunia membuat penambahan permasalahan lingkungan akibat emisi yang dihasilkan juga semakin meningkat. *Ahmed body* merupakan sebuah pemodelan kendaraan yang disederhanakan dan diharapkan dapat menggambarkan pemodelan turbulensi pada geometri kendaraan lain yang menyerupainya. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan *spoiler* konfigurasi 0° pada model kendaraan *ahmed body* dengan geometri muka 35°. Penelitian dilakukan melalui dua pendekatan yaitu pendekatan komputasi dengan 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* ( $C_D$ ). Sedangkan pada pendekatan eksperimental hanya difokuskan untuk memvalidasi koefisien *drag* dengan memanfaatkan perangkat *load cell*. Terdapat tiga jenis *fin* yang digunakan dengan variasi posisi yaitu 11.5 mm yang diukur dari dinding belakang model uji. Selain itu terdapat kontrol pasif berupa *spoiler* dengan sudut 0° yang diletakkan setelah *fin*. Kecepatan *upstream* yang dialirkan masing-masing sebesar 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 *spoiler* dan kombinasi 3 model *fin* dapat memperbesar terjadinya olakan pada bagian belakang model uji, meningkatkan nilai koefisien *drag* dan meningkatkan nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji. Dengan peningkatan koefisien *drag* terkecil didapatkan pada model uji penambahan *spoiler* dan kombinasi *fin* 1 yaitu sebesar 1.334% untuk pendekatan komputasi dan 1.347% untuk pendekatan eksperimental.

Kata kunci : CFD, *fin*, *spoiler*, karakteristik aliran, koefisien tekanan, koefisien *drag*.

## ABSTRACT

**AGUNG TRI SAPUTRA.** *Analysis of the Effects of Fins and Spoilers on Aerodynamic Resistance in Vehicle Models with a 35° Frontal Geometry* (supervised by Rustan Tarakka and Andi Amijoyo Mochtar)

In the current era of globalization, the human need for technology is increasing, particularly in the automotive industry sector. The worldwide increase in the number of automobiles contributes to a growing environmental issue due to increased emissions. The Ahmed body serves as a simplified vehicle model that is expected to represent turbulence modeling for similar vehicle geometries. The objective of this research is to investigate the impact of passive controls, such as fins and a 0° spoiler configuration, on an Ahmed body vehicle model with a 35° frontal geometry. The study employs two approaches: computational analysis using Computational Fluid Dynamics (CFD) software and experimental analysis using a Subsonic Wind Tunnel available in the fluid mechanics laboratory. The computational approach provides data on flow characteristics, pressure coefficients (CP), and drag coefficients (CD). Meanwhile, the experimental approach focuses solely on validating the drag coefficient using load cell equipment. Three types of fins are utilized with variations in positions, measured 11.5 mm from the rear wall of the test model. Additionally, a passive control in the form of a 0° spoiler is placed after the fins. Upstream velocities of 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, and 22.2 m/s are tested. The research results reveal that the addition of passive controls like spoilers and a combination of 3 fin models can increase disturbances at the rear of the test model, raise the drag coefficient, and elevate pressure coefficients on the upper part of the test model. The smallest increase in drag coefficient is observed in the model with a spoiler and a combination of fin 1, amounting to 1.334% for computational analysis and 1.347% for experimental analysis.

Keywords: CFD, fin, spoiler, flow characteristics, pressure coefficient, drag coefficient.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xiv
KATA PENGANTAR .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Lapisan Batas .....	5
2.2. Separasi Aliran.....	6
2.3. <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	7
2.4. Distribusi Tekanan aliran .....	8
2.5. <i>Drag</i> Aerodinamika .....	10
2.6. <i>Fin</i> .....	11
2.7. <i>Spoiler</i> .....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.2. Objek Penelitian.....	14
3.3. Pendekatan Komputasi.....	18
3.4. Pendekatan Eksperimental .....	22
3.5. Diagram Alir .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	26
4.1. Karakteristik Aliran.....	26
4.2. Koefisien Tekanan ( $C_p$ ) .....	35
4.3. Koefisien <i>Drag</i> .....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1. Kesimpulan .....	91
5.2. Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA .....	93
LAMPIRAN.....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur lapisan batas pada pelat datar .....	6
Gambar 2 Perbandingan separasi aliran dan <i>attached flow</i> pada <i>airfoil</i> .....	8
Gambar 3 Distribusi tekanan pada mobil .....	10
Gambar 4 <i>Fin shape</i> pada model anoda korban .....	12
Gambar 5 Variasi fin pada lambung kapal supply vessel. ....	13
Gambar 6 Penambahan aksesoris spoiler pada kendaraan .....	13
Gambar 7 (a). Mobil tanpa aksesoris spoiler, (b) Mobil dengan penambahan spoiler .....	14
Gambar 8 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 35° .....	16
Gambar 9 Dimensi model <i>fin</i> 1 .....	16
Gambar 10 Dimensi model <i>fin</i> 2 .....	17
Gambar 11 Dimensi model <i>fin</i> 3 .....	17
Gambar 12 Dimensi model <i>spoiler</i> .....	18
Gambar 13 Dimensi model uji yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i> dan <i>spoiler</i> .....	18
Gambar 14 Lokasi pengambilan data medan tekanan model tanpa kontrol aliran .....	21
Gambar 15 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif .....	22
Gambar 16 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian belakang dengan kontrol pasif .....	22
Gambar 17 <i>Wind Tunnel</i> .....	23
Gambar 18 Sketsa Penempatan model Uji pada <i>load cell</i> dan kalibrasi .....	24
Gambar 19 Diagram alir penelitian .....	26
Gambar 20 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol aliran dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	27
Gambar 21 Karakteristik aliran pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	29
Gambar 22 Karakteristik aliran pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	31
Gambar 23 Karakteristik aliran pada model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	33
Gambar 24 Karakteristik aliran pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	34
Gambar 25 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	37
Gambar 26 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	38
Gambar 27 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	39
Gambar 28 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	40
Gambar 29 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	42

Gambar 30	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	43
Gambar 31	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	45
Gambar 32	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	46
Gambar 33	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	48
Gambar 34	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 1 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	50
Gambar 35	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	51
Gambar 36	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 1 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	52
Gambar 37	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	55
Gambar 38	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 2 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	56
Gambar 39	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	58
Gambar 40	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 2 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	59
Gambar 41	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	61
Gambar 42	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	63
Gambar 43	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> .....	64
Gambar 44	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	65
Gambar 45	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s.....	68

Gambar 46	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s.....	69
Gambar 47	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s.....	70
Gambar 48	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s.....	71
Gambar 49	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	72
Gambar 50	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s.....	73
Gambar 51	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s.....	74
Gambar 52	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s.....	75
Gambar 53	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s.....	76
Gambar 54	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	77
Gambar 55	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> komputasi .....	80
Gambar 56	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> eksperimental .....	83
Gambar 57	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol aliran dengan variasi nilai Reynold .....	84
Gambar 58	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan variasi nilai Reynold .....	85
Gambar 59	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 1 dengan variasi nilai Reynold.....	86
Gambar 60	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 2 dengan variasi nilai Reynold.....	88
Gambar 61	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 dengan variasi nilai Reynold.....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Kondisi batas model kendaraan .....	20
Tabel 2	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran.....	36
Tabel 3	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	38
Tabel 4	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran.....	39
Tabel 5	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	40
Tabel 6	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° .....	41
Tabel 7	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	43
Tabel 8	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° .....	45
Tabel 9	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	46
Tabel 10	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 1.....	48
Tabel 11	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 1 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	49
Tabel 12	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 1 .....	51
Tabel 13	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 1 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	52
Tabel 14	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 2.....	54
Tabel 15	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 2 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	56
Tabel 16	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 2 .....	57
Tabel 17	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 2 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	59
Tabel 18	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 3.....	61
Tabel 19	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 3 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	62
Tabel 20	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan kombinasi <i>fin</i> 3 .....	64

Tabel 21	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi <i>fin</i> 3 pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	65
Tabel 22	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s .....	67
Tabel 23	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s .....	68
Tabel 24	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s .....	69
Tabel 25	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s .....	70
Tabel 26	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	71
Tabel 27	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s .....	72
Tabel 28	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s .....	73
Tabel 29	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s .....	74
Tabel 30	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s .....	75
Tabel 31	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dengan kombinasi variasi model <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s .....	76
Tabel 32	Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi pada model uji tanpa kontrol aliran.....	79
Tabel 33	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ komputasi.....	79
Tabel 34	Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi model <i>fin</i> komputasi.....	80
Tabel 35	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol aliran eksperimental .....	81
Tabel 36	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ eksperimental.....	82
Tabel 37	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan kombinasi model <i>fin</i> eksperimental.....	82
Tabel 38	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol aliran.....	84
Tabel 39	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ .....	85

Tabel 40	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan <i>fin</i> 1 .....	86
Tabel 41	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan <i>fin</i> 2 .....	87
Tabel 42	Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut $0^\circ$ dan <i>fin</i> 3 .....	89

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel dan grafik koefisien tekanan ( $C_p$ ) tanpa kontrol aliran.....	99
Lampiran 2 Tabel dan grafik koefisien tekanan ( $C_p$ ) spoiler .....	109
Lampiran 3 Tabel dan grafik koefisien tekanan ( $C_p$ ) <i>fin</i> 1 dan <i>spoiler</i> .....	119
Lampiran 4 Tabel dan grafik koefisien tekanan ( $C_p$ ) <i>fin</i> 2 dan <i>spoiler</i> .....	129
Lampiran 5 Tabel dan grafik koefisien tekanan ( $C_p$ ) <i>fin</i> 3 dan <i>spoiler</i> .....	139
Lampiran 6 Tabel dan grafik nilai koefisien drag ( $C_D$ ) komputasi dan eksperimental .....	149
Lampiran 7 <i>Mesh</i> model uji .....	152
Lampiran 8 Dokumentasi .....	155

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
$C_p$	Koefisien tekanan
$P$	Tekanan pada permukaan model uji
$P_0$	Tekanan streamline atau garis arus
$\rho$	Massa jenis fluida
$U_o$	Kecepatan <i>upstream</i>
$C_D$	Koefisien <i>drag</i>
$F_D$	<i>Drag force</i> atau Gaya <i>drag</i>
$A$	Luas daerah yang mengalami gesekan
$U$	Kecepatan fluida (m/s)
$l$	Panjang
$w$	Lebar
$h$	Tinggi
$\tau_w$	Tegangan geser
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
MPV	<i>Multi Purpose Vehicle</i>
Re	Bilangan Reynold
$z/w$	Perbandingan antara lebar <i>grid</i> dengan lebar model
$y/h$	Perbandingan antara tinggi <i>grid</i> dan tinggi model
$x/l$	Perbandingan antara panjang <i>grid</i> dan panjang model

## KATA PENGANTAR

Puji dan puja syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa memberikan nikmat rezeki dan kesehatan. Hanya karena kebaikan Kasih Sayang dan Berkat-Nya lah yang menuntun penulis dalam mengerjakan skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaruh *Fin* dan *Spoiler* Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang terdalam untuk kedua orangtua yakni Ibu Hasri Deli dan Bapak Abustan Rauf serta saudara saya yakni Aldiansyah, Herdianto dan Della Suci Ramadhani atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikan sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Allah Yang Maha Esa lagi Maha Penyayang senantiasa memberikan rezeki yang berlimpah, melindungi, menganugrahi kesehatan, kekuatan, keharmonisan, dan kebaikan bagi kita semua.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yakni :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Rustan Tarakka, S.T, M.T., dan Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Sc. selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT., dan Gerard Antonini Duma, ST., selaku penguji 1 dan penguji 2 yang senantiasa memberikan koreksi-koreksi, masukan, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Laborant Mekanika Fluida Bapak Hafriison Salamba, ST. yang telah membimbing penulis selama menjadi asisten lab mekanika fluida, Bapak Mansyur, Kak Yaya, dan Kak Shita yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus segala administrasi pada saat seminar dan pengumpulan map merah.
7. Partner penelitian yaitu M. Dzulfaqar Syaifullah, Fairuz Adhim dan Ilham Ananda sebagai teman kerja sama dan diskusi mengenai masalah penelitian. Semua masalah yang harusnya sulit dilalui menjadi mudah ketika dihadapi bersama.
8. Asisten-asisten Laboratorium Mekanika Fluida yaitu Kanda Muh. Alif Wahab Adhichahya, Andrian Saputra Tanyawan, Muh. Adam Padanrangi, Muhammad Dimaz Putranto, A. Muhammad Rafli Risal, Alfriandi Kansasi Issan dan Febry Valentino yang telah menjadi partner sesama asisten yang selalu menjadi tempat bercerita dan berdiskusi mengenai masalah mekanika fluida.
9. Teman-teman Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas yang selalu menyediakan tempat bagi penulis untuk beristirahat setelah melakukan pengambilan data sekaligus teman diskusi yang baik.
10. Saudara seperjuangan Bruzhlezz 19 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerjasamanya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap adanya kritik maupun saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan juga bagi peneliti selanjutnya. Terima kasih.

Gowa, 31 Agustus 2023

AGUNG TRI SAPUTRA

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi saat ini, kebutuhan manusia akan teknologi semakin meningkat utamanya pada sektor industri mobil. Peningkatan kendaraan mobil di seluruh dunia membuat penambahan permasalahan lingkungan akibat emisi yang dihasilkan juga semakin meningkat. Tidak hanya permasalahan emisi, faktor pengurangan hambatan aerodinamika kendaraan juga menjadi permasalahan penting yang perlu dihadapi industri mobil saat ini (Jienlei Wang et al, 2014)

Stabilitas mobil menjadi permasalahan utama mengenai kenyamanan pengendara akibat besarnya hambatan aerodinamika yang diterima. Hambatan aerodinamika terjadi akibat aliran fluida yang bergerak secara teratur kemudian terpecah menciptakan separasi aliran yang mengakibatkan penurunan tekanan secara drastis (Rustan Tarakka et al, 2018).

Hambatan aerodinamika dapat berkurang dengan menggunakan metode-metode yang ditinjau dari dinamika fluida, yaitu dengan melakukan modifikasi aliran secara lokal, menunda atau memindahkan posisi separasi, dan mengurangi berkembangnya zona sirkulasi pada bagian belakang dari struktur pusaran yang terseparasi.

Penggunaan sistem pasif pada kontrol aliran saat ini lebih sering digunakan karena alasan biaya yang lebih murah. Untuk dapat melakukan kontrol aliran kita perlu memodifikasi distribusi tekanan pada dinding bagian belakang dan pada kaca belakang (*rear window*) atau dengan mobil yang memakai berbagai jenis perangkat, seperti penggunaan *spoiler* atau *fin* yang dapat digunakan untuk mengubah geometri aliran secara lokal (Ramon Trisno et al, 2018)

Suatu Pemodelan yang paling banyak ditemui dalam simulasi dan penelitian mengenai aerodinamika adalah *Ahmed body*. *Ahmed body* sendiri merupakan sebuah kendaraan yang disederhanakan dan diharapkan dapat menggambarkan pemodelan turbulensi pada geometri kendaraan lain yang menyerupainya. *Ahmed body* memiliki bentuk kubus serta *fillet* di bagian depan sehingga hampir berbentuk menyerupai setengah bola. Pada bagian belakang

terdapat bentuk miring, yang dapat diubah besaran derajatnya (Marga Yogatama et al, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Moch.Aziz Kurniawan et al pada tahun 2022 dengan penambahan aksesoris *spoiler* belakang pada model kendaraan menyerupai MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan perbandingan 1:20 didapatkan peningkatan nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ) sebesar 4,7% dan peningkatan nilai koefisien lift pressure ( $C_{LP}$ ) sebesar 0,11% dibandingkan dengan model kendaraan tanpa penambahan *spoiler* belakang. Dan juga pada tahun 2018 sebuah penelitian yang dilakukan oleh M.Zaid Nawaneet al dengan penambahan spoiler (rear wing) pada mobil tipe sedan menggunakan ANSYS. Didapatkan dari penelitian tersebut terjadi pengurangan terhadap nilai koefisien lift ( $C_L$ ) dan peningkatan dari koefisien drag ( $C_D$ ), yaitu pada model *spoiler* 1 didapatkan bahwa *spoiler* 1 dapat mengurangi nilai koefisien lift ( $C_L$ ) sebesar 1,39% dan meningkatkan nilai koefisien drag ( $C_D$ ) sebesar 26,68% dari mobil sedan tanpa penggunaan *spoiler*. Sedangkan mobil dengan penggunaan *spoiler* 3 dapat mengurangi koefisien lift ( $C_L$ ) sebesar 510,77% dan meningkatkan nilai koefisien drag ( $C_D$ ) sebesar 47,07% dari mobil sedan tanpa penggunaan *spoiler*.

Pada tahun 2018 penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Naufal Syafiq et al dengan penambahan variasi fin pada *centerbulb* kapal Katamaran didapatkan nilai hambatan total mengalami penurunan. Pada *Fraude Number* 0,35 didapatkan nilai hambatan total dapat diperkecil hingga -20,91%. Serta pada *Fraude Number* 0,69 didapatkan hambatan yang paling besar hingga -8,54%. Selain itu pada tahun 2016 sebuah penelitian yang dilakukan M. M. Rumapea et al dengan Variasi yang menggunakan perbedaan jumlah fin pada *rudder* dengan panjang *chord fin* sebesar 36 % dari panjang *chord* kemudi. Didapatkan besar nilai drag pada kemudi tanpa menggunakan fin sebesar 1305,3 kN, nilai drag untuk kemudi dengan 1 fin sebesar 1242,8 kN, nilai drag pada kemudi dengan 2 fin sebesar 473,6 kN dan nilai drag pada kemudi dengan 3 fin sebesar 849,9 kN. Dari penelitian tersebut diketahui kemudi dengan nilai drag paling rendah adalah kemudi dengan menggunakan 2 fin, dimana perubahan nilai hambatnya sebesar 64 % dari nilai drag kemudi tanpa menggunakan fin, sehingga dengan hasil ini, kemudi dengan menggunakan 2 fin merupakan kemudi dengan nilai drag paling

optimal dengan nilai *drag* sebesar 473,6 kN dan mempunyai nilai rasio L/D tertinggi yaitu sebesar 8,16.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : “**Analisis Pengaruh *Fin* Dan *Spoiler* Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°**”

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik aliran pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*?
2. Bagaimana nilai koefisien tekanan pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*?
3. Bagaimana nilai koefisien *drag* pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki beberapa tujuan yaitu :

1. Menganalisis karakteristik aliran pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* pada model kendaraan dengan geometri muka 35° tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *spoiler* konfigurasi sudut 0° dan kombinasi 3 model *fin*

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi diri berdasarkan kondisi berikut :

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*) berdimensi 1 : 6 dari *Ahmed body* versi original. Geometri model berupa 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  $35^\circ$  terhadap sumbu horizontal
4. Kecepatan aliran *upstream* 11,1 m/s (40 km/h), 13,9 m/s (50 km/h), 16,7 m/s (60 km/h), 19,4 m/s (70km/h), dan 22,2 m/s (80 km/h)
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *spoiler* dan *fin*
6. Jenis spoiler yang digunakan rear spoiler konfigurasi  $0^\circ$
7. Jumlah variasi *fin* yang digunakan ada 3 *fin*
8. Jarak *fin* dari bagian belakang mobil adalah 11,5 mm

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas

Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi generasi - generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

3. Bagi Industri

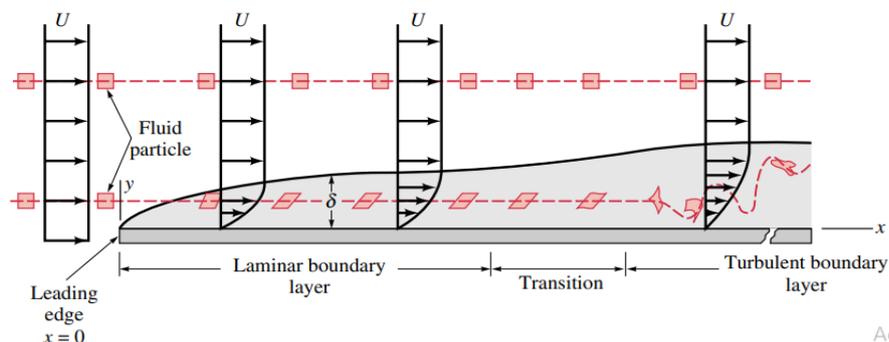
Sebagai referensi bagi industri otomotif untuk memproduksi kendaraan ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan bahan bakar.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lapisan Batas

Lapisan batas (*boundary layer*) merupakan sebuah konsep yang digunakan pada aliran yang mengalami hambatan dimana pada daerah nya efek gesekan terlihat dengan jelas. Analisis lapisan batas dapat dilakukan saat profil kecepatan pada bagian masuk sebuah pipa masih dalam tahap perkembangan dengan jarak dari penampang masuk, dimana ditemukan pola aliran yang terjadi adalah pola aliran yang tidak setimbang. Pada awal penampang pipa kecepatan profil kecepatan akan mengalami keseragaman, dan mengalami perubahan profil kecepatan pada saat fluida mengalir menuju hilir sampai saat gaya gesekan memperlambat fluida yang terjadi di dekat dinding sehingga profik kecepatan akhir yang tidak setimbang terpenuhi. Fluida yang terdapat di dekat dinding pipa telah mengalami gesekan, sedangkan pada daerah tengah pipa fluida tidak dipengaruhi oleh gesekan (Ridwan, 1999).

Struktur dari aliran lapisan batas dapat diperoleh dengan mempertimbangkan efek yang terjadi pada sebuah partikel fluida yang mengalir pada lapisan batas. Terlihat sebuah plat kecil yang berbentuk persegi panjang sedang mempertahankan bentuk struktur awalnya dilihat pada Gambar 1. Aliran pada lapisan batas mengalami transisi menjadi aliran turbulen pada jarak tertentu menuju hilir yang mengakibatkan partikel fluida menjadi sangat terdistorsi.



Gambar 1 Struktur lapisan batas pada pelat datar (Michael J.Moran, 2003)

Suatu fluida mendekati pelat dengan kecepatan *upstream* seragam  $U$ . Karena viskositas fluida tidak bernilai nol, yang menyebabkan fluida tersebut

menempel pada permukaan pelat. Fluida yang telah menempel pada permukaan pelat membutuhkan suatu daerah dimana kecepatan fluida berubah dari nol pada permukaan menjadi  $U$  dengan jarak agak jauh dari permukaan. Lapisan yang reaktif tipis yang berada di sebelah permukaan pelat disebut sebagai lapisan batas hidronamik. Diluar dari lapisan batas aliran fluida yang terjadi dengan kecepatan sejajar  $U$  pada pelat dimana pelat tersebut dianggap seakan-akan tidak ada (Michael J.Moran, 2003).

Defenisi tebal lapisan batas diartikan sebagai tebal sesungguhnya dari daerah aliran yang mengalami hambatan. Untuk mendalami metode pendekatan yang dilakukan untuk perhitungan pertumbuhan lapisan batas yang melalui pelat datar, dengan menggunakan sebuah model sederhana dimana kita memisalkan kecepatan mencapai aliran bebas yang sesuai pada jarak  $\delta$  dari pelat dan tebal lapisan batas  $\delta$  mengalami perubahan sepanjang pelat (Ridwan, 1999).

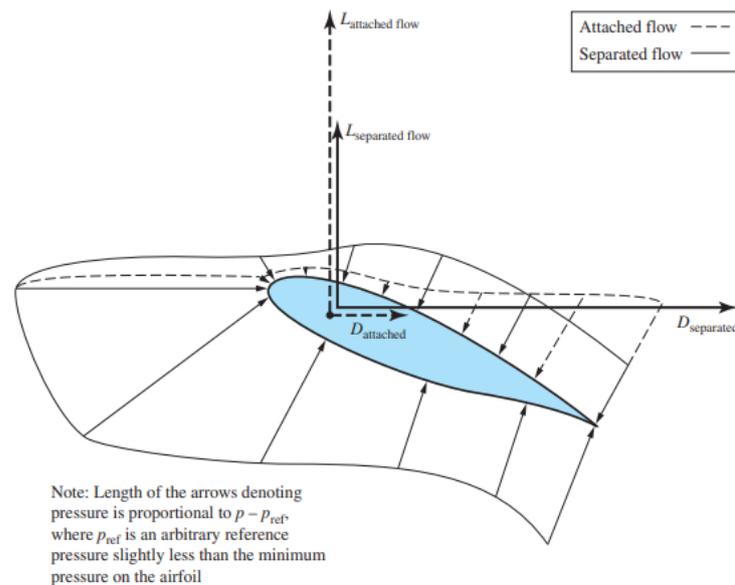
## 2.2. Separasi Aliran

Separasi aliran dapat didefenisikan sebagai kondisi dimana aliran fluida yang mengalir disepanjang permukaan suatu benda sudah tidak dapat lagi menempel pada permukaan benda tersebut. Aliran yang awalnya bergerak secara teratur akan terpecah pada saat terjadinya separasi sehingga menyebabkan adanya penurunan distribusi tekanan serta menimbulkan gaya hambat (Anderson, 2001)

Tekanan *drag* yang terjadi pada airfoil disebabkan karena adanya separasi aliran yang terjadi. Tekanan yang terjadi pada permukaan belakang sebuah *airfoil* menghasilkan gaya ke arah depan dimana hal tersebut berlawanan dengan tekanan yang terjadi pada permukaan depan *airfoil* yang menghasilkan gaya ke arah belakang. Namun apabila aliran dipisahkan sebagian pada permukaan atas bagian belakang, tekanan yang terjadi pada permukaan bagian belakang yang mengarah ke depan akan berkurang dan tekanan yang terjadi pada permukaan depan yang mengarah ke belakang tidak sepenuhnya berlawanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya hambatan tekanan bersih pada *airfoil* karena adanya separasi aliran.

Pada Gambar 2 diperlihatkan Gambaran perbandingan separasi aliran dan *attached flow* pada sebuah *airfoil*. Sebuah airfoil pada sudut serang yang besar dengan separasi aliran ditunjukkan melalui distribusi tekanan permukaan yang

diGambarkan dengan tanda panah *solid*, dimana tekanannya selalu normal pada permukaan. Hal tersebut menyebabkan semua tanda panah diGambarkan tegak lurus terhadap permukaan. Besarnya tekanan yang dihasilkan diGambarkan melalui panjang dari tanda panah. Garis panah putus-putus diGambarkan sebagai *attached flow* (aliran yang menyatu) (Anderson, 2017).



Gambar 2 Perbandingan separasi aliran dan attached flow pada airfoil (Anderson, 2017).

Pada tiap aliran fluida utamanya pada aliran *viscous*, jika bertemu dengan suatu gangguan seperti benda atau permukaan *solid*, maka aliran tersebut akan mengalami separasi dikarenakan *vorticity* yang besar sehingga energi atau momentum yang ada tidak dapat mengatasi *adverse pressure gradient* pada permukaan solid tersebut. *Vorticity* yang terjadi mengakibatkan terbentuknya *vortex* pada bagian belakang separasi (Yulistiyanto, 2012).

### 2.3. Computational Fluid Dynamics (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah salah satu ilmu dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berkaitan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD yaitu untuk melakukan prediksi secara akurat mengenai permasalahan yang terjadi pada aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena tersebut. Penggunaan

CFD tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran yang dilakukan secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat berkurang (M.Naufal Syafiq et al, 2018).

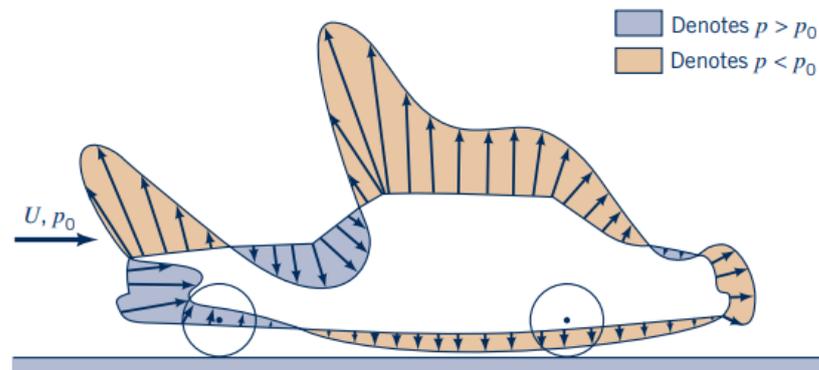
Menurut Ramon Trisno et al terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam penggunaan CFD, yaitu tahap *pre-processing*, tahap CFD *solver*, dan tahap *post-processing*.

- Tahap *Pre-Processing* : Pada tahap awal ini yang perlu dilakukan adalah memasukkan parameter-parameter yang terdapat pada permasalahan ke dalam program CFD dengan melakukan penyesuaian input yang diberikan, sehingga permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan baik pada program CFD.
- Tahap CFD *Solver* : Pada tahap ini semua parameter yang telah dimasukkan ke dalam program CFD kemudian akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan iterasi. Apabila hasil iterasi yang dikeluarkan adalah konvergen maka dapat disimpulkan iterasi yang telah dilakukan dikatakan berhasil, tetapi jika hasil iterasi yang dikeluarkan adalah divergen maka terdapat kesalahan input yang dilakukan pada tahap sebelumnya.
- Tahap *Post-Processing* : Pada tahap terakhir ini hal yang perlu dilakukan adalah melihat hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap CFD *solver*. Hasil yang didapatkan pada tahapan ini dapat dilihat dengan beberapa bentuk, yaitu *X-Y Plot*, *Vector Plot*, *Kontur Plot*, *Report*, dan Animasi.

#### **2.4. Distribusi Tekanan Aliran**

*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. Sebagai contoh, gaya tekan pada kedua sisi plat datar sejajar aliran mungkin saja sangat besar, tetapi gaya tersebut tidak berkontribusi pada *drag* karena gaya tersebut bekerja pada arah tegak lurus terhadap kecepatan *upstream*. Sebaliknya gaya tekanan pada plat datar yang tegak

lurus aliran menyebabkan *drag* secara keseluruhan (Munson, 2002).



Gambar 3 Distribusi tekanan pada mobil (Munson et al, 2013).

Pada Gambar 3 Terjadi distribusi tekanan pada mobil, dimana sebagian besar dari distribusi didapatkan dengan analisis persamaan Bernoulli sederhana. Terdapat beberapa lokasi pada mobil yang memiliki aliran berkecepatan tinggi dengan tekanan yang rendah seperti pada bagian atap dan *hood*. Sementara pada bagian lainnya seperti pada bagian *grill* mobil dan kaca depan memiliki aliran yang berkecepatan rendah dengan tekanan yang tinggi (Munson et al, 2013).

Untuk menghitung koefisien tekanan, digunakan persamaan sebagai berikut (Munson, 2002):

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho U_0^2} \quad (1)$$

Dengan,

- $C_p$  = Koefisien tekanan
- $P$  = tekanan pada permukaan model uji ( $P_a$ )
- $P_0$  = tekanan streamline atau garis arus ( $P_a$ )
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )
- $U_0$  = kecepatan *upstream* ( $m/s$ )

## 2.5. Drag Aerodinamika

*Pressure drag* merupakan bagian dari gaya hambat yang diakibatkan langsung oleh tekanan ( $p$ ) yang terjadi pada suatu benda. Pada umumnya disebut sebagai *form drag* dikarenakan ketergantungannya yang kuat pada bentuk atau *form* dari sebuah obyek. *Pressure drag* juga dapat diartikan sebagai fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi yang terjadi pada permukaan tempat gaya tekan tersebut bekerja. Contohnya, gaya tekanan yang sangat besar pada kedua sisi pelat datar yang sejajar dengan aliran tidak memberikan kontribusi terhadap hambatan karena bekerja dalam arah normal terhadap kecepatan *upstream*. Sedangkan di sisi lainnya gaya pada pelat datar yang normal terhadap aliran akan memberikan seluruh hambatan (Munson et al, 2013).

*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 (Munson, 2002) :

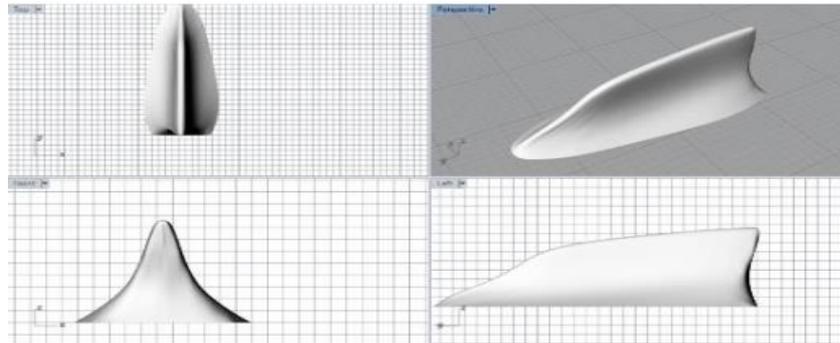
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \quad (2)$$

Dimana,

- $C_D$  = Koefisien *drag*
- $\rho$  = *Density* ( $\text{kg/m}^3$ )
- $F_D$  = *Drag force* atau *Gaya drag* (N)
- $A$  = Luas daerah yang mengalami gesekan ( $\text{m}^2$ )
- $U$  = Kecepatan fluida (m/s)

## 2.6. *Fin*

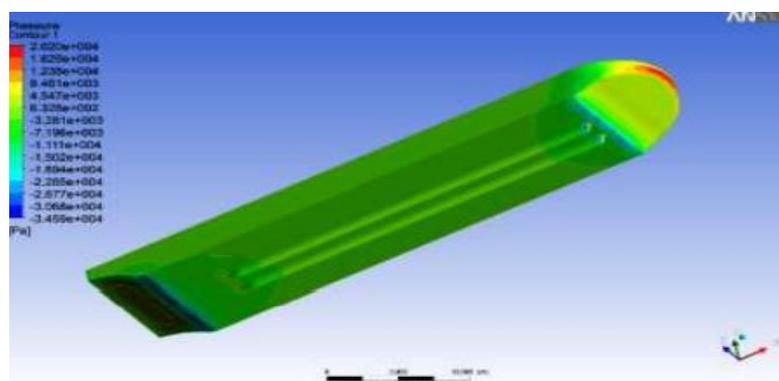
*Fins*/sirip atau biasa disebut *bilge keel* adalah sebuah aksesoris yang ditempatkan pada lambung kapal dengan tujuan untuk menjaga stabilitas kapal saat terjadi *rolling* akibat gelombang air laut serta dapat dipasang pada area bilga agar dapat menjaga kapal tetap dalam kondisi stabil (Joko Susilo, 2014)



Gambar 4 *Fin shape* pada model anoda korban (Ridwan Muhammad, 2019)

*Fin*/sirip yang diletakkan didepan sebuah baling-baling biasanya digunakan untuk meningkatkan aliran air yang masuk ke *propeller*, jika ditempatkan pada bagian boss baling-baling fungsi *fin* diharapkan dapat mengurangi kavitasi pada aliran bebasnya (Andi Hendrawan, 2019).

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh M.M.Rumapea et al pada tahun 2016 yang menggunakan *fin* yang dipasang pada *rudder* yang bertujuan untuk mengurangi hambatan kemudi. Penambahan *fin* ini dilakukan untuk menimbulkan gaya *lift* yang dapat mempengaruhi pengurangan hambatan pada kemudi kapal. Penggunaan *rudder fin* dapat menghemat biaya dan menjaga lingkungan karena dapat mengurangi gas emisi serta mengurangi konsumsi bahan bakar.



Gambar 5 Variasi *fin* pada lambung kapal supply vessel (Joko Susilo, 2014)

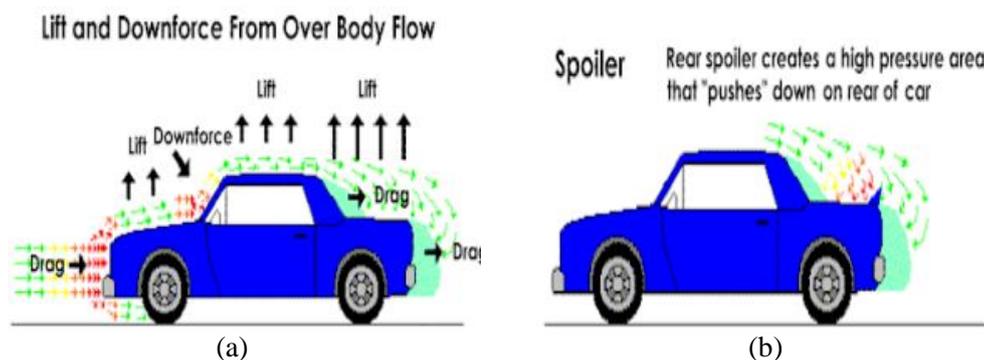
## 2.7. Spoiler

*Spoiler/lip* merupakan sebuah aksesoris yang terletak pada bagian belakang (diatas bagasi/atap mobil belakang) yang berguna untuk menampung tekanan gerak udara yang mengalir dari arah depan melalui bagian atas mobil yang mengakibatkan tekanan udara akan semakin kuat dan menambah daya cengkraman ban serta pengendalian mobil akan lebih baik (Ardiansyah Rahman et al, 2014).



Gambar 6 Penambahan aksesoris spoiler pada kendaraan (Agustinus P.I. et al, 2016)

Menurut (Agustinus Purna Irawan et al, 2016) “pada umumnya *spoiler* digunakan sebagai aksesoris yang memiliki dua fungsi yaitu sebagai komponen yang berkaitan dengan aerodinamika mobil dan sebagai aksesoris penambahan estetika. Fungsi *spoiler* sebagai komponen yang berkaitan dengan aerodinamika pada mobil yaitu dapat mengurangi terjadinya gaya *drag* saat mobil melaju dengan kecepatan tertentu”.



Gambar 7 (a). Mobil tanpa aksesoris *spoiler*, (b) Mobil dengan penambahan *spoiler* (Sandy Minkah Kyei, 2014)

Seperti terlihat pada Gambar 7 pada sisi kiri mobil tanpa menggunakan *spoiler*, saat mobil tersebut berakselerasi terdapat gaya *drag* yang berlawanan dengan arah mobil sehingga dapat disimpulkan bahwa gaya *drag* timbul setiap

kali terdapat kecepatan. Untuk meminimalisir gaya *drag* yang terjadi maka mesin mobil akan menghasilkan lebih banyak tenaga, dimana hal tersebut mengakibatkan pembakaran pada bahan bakar lebih banyak.

*Spoiler* belakang dirancang khusus pada bagian belakang mobil yang bertujuan untuk mengganggu pergerakan partikel udara dan menambah stabilitas gerak mobil saat melaju di jalanan. (Sandy Minkah Kyei, 2014).