

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *SPOILER* PADA MODEL
KENDARAAN DENGAN GEOMETRI MUKA 30°**

Disusun dan diajukan oleh:

**FAIRUZ ADHIM
D021 19 1052**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *SPOILER* PADA MODEL
KENDARAAN DENGAN GEOMETRI MUKA 30°**

Disusun dan diajukan oleh

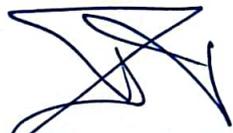
Fairuz Adhim
D021 19 1052

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

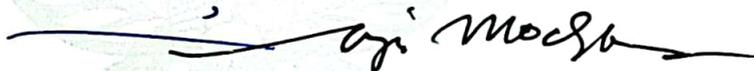
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Rusan 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 : Fairuz Adhim
NIM : D021 19 1052
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *SPOILER* PADA KENDARAAN MODEL
DENGAN GEOMETRI MUKA 30°”

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



Fairuz Adhim

ABSTRAK

FAIRUZ ADHIM. *Analisis Perbandingan Fin dan Spoiler Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 30°* (dibimbing oleh Rustan Tarakka dan Andi Amijoyo Mochtar)

Dunia otomotif berkembang sangat pesat sebagai dampak kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat khususnya di bidang transportasi. Sebagai salah satu jenis kendaraan umum yang banyak diminati, mobil keluarga dalam bentuk mobil *multi purpose van* (MPV) memiliki kelebihan dan kekurangan. Kekurangannya, salah satu ciri khasnya adalah permintaan mesin berkapasitas relatif lebih besar yang berarti konsumsi bahan bakar lebih besar dibanding rekan-rekannya yang lebih kompak. Model kendaraan Ahmed adalah model *bluff-body* yang sangat disederhanakan yang sering digunakan sebagai tolok ukur dalam penelitian aerodinamika kendaraan. Sejumlah penelitian eksperimental dan studi numerik telah dilakukan dengan menggunakan model Ahmed. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan *spoiler* pada model kendaraan dengan geometri muka 30°. 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 tiga variasi posisi yaitu 1.5 mm, 11.5 mm, dan 21.5 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 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* dan *spoiler* tidak dapat menunda separasi aliran dan memperbesar olakan pada bagian belakang model uji dan juga meningkatkan nilai koefisien *drag*. Dengan peningkatan koefisien *drag* terkecil didapatkan pada model uji penambahan *spoiler* dan kombinasi *fin* posisi X_3 yaitu sebesar 4.412% untuk pendekatan komputasi dan 2.257% untuk pendekatan eksperimental.

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

ABSTRACT

FAIRUZ ADHIM. *Analysis of the effect of fins and spoilers on vehicle models with a 30° front geometry* (supervised by Rustan Tarakka and Andi Amijoyo Mochtar)

The automotive world is developing very rapidly as the impact of scientific and technological advances to meet the needs of society in particular in the field of transport. It is characterized by increasing world car production to meet the high demand of the market. As one of the most popular types of public vehicles, a family car in the form of a *multi-purpose van* (MPV) has its advantages and disadvantages. Its disadvantage, one of its characteristics, is the demand for relatively larger capacity engines, which means greater fuel consumption than its more compact counterparts. The Ahmed vehicle model is a highly simplified *bluff-body* model that is often used as a measure in vehicle aerodynamics research. A number of experimental and numerical studies have been carried out using the Ahmed model. The aim of this study is to find out the influence of passive controls of *fin* and *spoiler* on a vehicle model with a 30° face geometry. The research was carried out with two approaches, a computing approach using the *Computational Fluid Dynamics* (CFD) program and an experimental approach using *Subsonic wind Tunnel* available in the fluid mechanics laboratory. For the compute approach data were obtained such as flow characteristics, pressure coefficients (C_P), and *drag* coefficients (C_D). There are three types of fin used and three variations of position: 1.5 mm, 11.5 mm, and 21.5 mm measured from the rear wall of the test model. In addition, there is a passive control of a *spoiler* with a 0° angle placed after the fin. The *upstream* speeds were delivered at 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, 22.2 m/sec respectively. The results of the study showed that the addition of passive controls such as *fin* and *spoilers* could not delay the flow separation and enlarge the application on the back of the test model and also increase the value of the drag coefficient. The value of the minimum pressure coefficient can be deducted and add to the value of a *drag* factor. The smallest increase in drag coefficient was obtained in the test model with the addition of a spoiler and a combination of fin at position X₃, which amounted to 4.412% for the computational approach and 2.257% for the experimental approach.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	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 Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Lapisan Batas	6
2.2 Separasi Aliran	7
2.3 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	8
2.4 Distribusi Tekanan Aliran.....	9
2.5 Drag Aerodinamika.....	10
2.6 <i>Spoiler</i>	11
2.7 <i>Fin</i>	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Objek Penelitian	14
3.3 Pendekatan Komputasi.....	16
3.4 Pendekatan Eksperimental	20
3.5 Diagram Alir Penelitian	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Karakteristik Aliran.....	25
4.2 Koefisien Tekanan (C_p)	34
4.3 Koefisien <i>Drag</i>	84
BAB V. PENUTUP.....	101
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur lapisan batas (Faruk & Kamiran, 2012)	6
Gambar 2 Pemisahan aliran selama permukaan melengkung (Cengel & Cimbala, 2006)	7
Gambar 3 Distribusi tekanan pada permukaan mobil (Munson, 2002)	9
Gambar 4 Tampilan samping model Ahmed dilengkapi rear spoiler, dan konfigurasi spoiler (Cheng & Mansor, 2017)	11
Gambar 5 Gambar 2. 5. Distribusi CC_{pp} terhadap centerline (Cheng & Mansor, 2017)	12
Gambar 6 Posisi fin stabilizer pada kapal patroli (Joko Susilo et al., 2013)	13
Gambar 7 Pengaplikasian Fin pada Centerbulb (Yosafat Nugraha Putra et al., 2017)	14
Gambar 8 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 30°	15
Gambar 9 Dimensi model <i>fin</i>	15
Gambar 10 Dimensi model <i>spoiler</i>	16
Gambar 11 Dimensi model uji yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i> dan <i>spoiler</i>	16
Gambar 12 Lokasi pengambilan data medan tekanan model tanpa kontro	19
Gambar 13 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif	19
Gambar 14 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif	20
Gambar 15 <i>Wind tunnel</i>	21
Gambar 16 Sketsa penempatan model uji pada load cell dan kalibrasi	22
Gambar 17 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 18 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	26
Gambar 19 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>spoiler</i> dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	28
Gambar 20 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>spoiler</i> dan <i>fin</i> pada posisi X_1 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	30
Gambar 21 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>spoiler</i> dan <i>fin</i> pada posisi X_2 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	31

Gambar 22 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>spoiler</i> dan <i>fin</i> pada posisi X_3 dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	33
Gambar 23 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	35
Gambar 24 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	37
Gambar 25 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	38
Gambar 26 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	40
Gambar 27 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	41
Gambar 28 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	43
Gambar 29 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	44
Gambar 30 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	46
Gambar 31 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	48
Gambar 32 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1	49
Gambar 33 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	51
Gambar 34 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1	53
Gambar 35 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	55
Gambar 36 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2	57
Gambar 37 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan	

spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	58
Gambar 38 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2	60
Gambar 39 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	62
Gambar 40 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3	64
Gambar 41 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	66
Gambar 42 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3	67
Gambar 43 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	70
Gambar 44 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	71
Gambar 45 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	72
Gambar 46 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	74
Gambar 47 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	75
Gambar 48 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	77
Gambar 49 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan spoiler konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	78

Gambar 50 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	80
Gambar 51 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	81
Gambar 52 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	83
Gambar 53 Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada variasi kecepatan bilangan <i>Reynold</i>	87
Gambar 54 Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada variasi kecepatan bilangan <i>Reynold</i>	91
Gambar 55 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi bilangan <i>Reynold</i>	93
Gambar 56 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan variasi bilangan <i>Reynold</i>	94
Gambar 57 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_1 dengan variasi bilangan <i>Reynold</i>	96
Gambar 58 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_2 dengan variasi bilangan <i>Reynold</i>	97
Gambar 59 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_3 dengan variasi bilangan <i>Reynold</i>	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi batas model kendaraan.....	17
Tabel 2 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	35
Tabel 3 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol	36
Tabel 4 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	38
Tabel 5 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol	39
Tabel 6 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	41
Tabel 7 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0°	42
Tabel 8 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	44
Tabel 9 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0°	45
Tabel 10 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	47
Tabel 11 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1	49
Tabel 12 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	50
Tabel 13 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_1	52
Tabel 14 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	54
Tabel 15 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2	56
Tabel 16 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2 untuk kecepatan <i>upstream</i>	

22.2 m/s	58
Tabel 17 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_2	59
Tabel 18 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	62
Tabel 19 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3	64
Tabel 20 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3 untuk kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	65
Tabel 21 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> pada posisi X_3	67
Tabel 22 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s.....	69
Tabel 23 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s.....	71
Tabel 24 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s.....	72
Tabel 25 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s.....	73
Tabel 26 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	75
Tabel 27 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s.....	76
Tabel 28 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s.....	78
Tabel 29 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model	

uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s.....	79
Tabel 30 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s.....	81
Tabel 31 Perbandingan nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol aliran dan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan kombinasi variasi posisi <i>fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s.....	82
Tabel 32 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol	85
Tabel 33 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° ...	85
Tabel 34 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i>	86
Tabel 35 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol	88
Tabel 36 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° ...	89
Tabel 37 Nilai koefisien drag pada model uji dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i>	90
Tabel 38 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol	92
Tabel 39 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0°	94
Tabel 40 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_1	95
Tabel 41 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_2	97
Tabel 42 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dan <i>fin</i> posisi X_3	98

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
l	Panjang
w	Lebar
h	Tinggi
X_1	21.5 mm
X_2	11.5 mm
X_3	1.5 mm
C_D	Koefisien <i>Drag</i>
ρ	Density
F_D	Gaya <i>Drag</i>
A	Luas daerah yang mengalami gesekan
U	Kecepatan <i>Upstream</i>
τ_w	Tegangan geser
P	Tekanan
C_P	Koefisien Tekanan
P_0	Tekanan <i>streamline</i> atau garis pusat
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
MPV	<i>Multi Purpose Vehicle</i>
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
Re	Bilangan Reynold

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai koefisien tekanan (C_p) tanpa kontrol	105
Lampiran 2 Nilai koefisien tekanan (C_p) dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0°	115
Lampiran 3 Nilai koefisien tekanan (C_p) dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan <i>fin</i> posisi depan.....	125
Lampiran 4 Nilai koefisien tekanan (C_p) dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan <i>fin</i> posisi tengah.....	135
Lampiran 5 Nilai koefisien tekanan (C_p) dengan <i>spoiler</i> konfigurasi sudut 0° dengan <i>fin</i> posisi belakang	145
Lampiran 6 Nilai koefisien <i>drag</i> (C_D) dengan pendekatan komputasi	155
Lampiran 7 Nilai koefisien <i>drag</i> (C_D) dengan pendekatan eksperimental	158
Lampiran 8 Dokumentasi	161

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* Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 30°”. 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 Asri Yusnita dan Bapak Edal Ilham serta kakak yakni Devi Maghfira dan Ismira Luthfia 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 Hafrison 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. Kepada Salsabilah Nurfajrina sebagai pasangan maupun teman yang selalu meluangkan waktu untuk membantu, memberikan semangat, memberi saran dan kritik dan diskusi dalam penyusunan skripsi dari awal hingga akhir.
8. Partner penelitian yaitu Muh. Dzulfaqar Syaifullah, Agung Tri Saputra dan Ilham Ananda sebagai teman kerja sama dan diskusi mengenai masalah penelitian. Semua masalah yang harusnya sulit dilalui menjadi gampang ketika bekerja sama.
9. Asisten-asisten Laboratorium Mekanika Fluida yaitu Kanda Muh. Alif Wahab Adhichahya, M. Adam Padanrangi, A. Muhammad Rafli Risal, Andrian Saputra Tanyawan, Alfriandi Kansasi Issan, M. Dimaz Putranto dan Febry Valentino yang telah menjadi partner sesama asisten yang selalu menjadi tempat bercerita dan berdiskusi mengenai masalah mekanika fluida.
10. Saudara Henry Dwiputra Hafid yang telah membantu penulis dalam penulisan format skripsi sehingga skripsi dapat sesuai dengan prosedur.
11. Teman-teman Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas yang selalu menyediakan tempat untuk penulis beristirahat setelah melakukan pengambilan data sekaligus teman bercanda dan jalan.
12. 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

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia otomotif berkembang sangat pesat sebagai dampak kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat khususnya di bidang transportasi. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya produksi mobil dunia untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat penjualan mobil yang sangat tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya. Produsen mobil seperti Toyota, Suzuki, Daihatsu, Mitsubishi dan lain lain berkompetisi dalam menghasilkan produk terbaik dengan melakukan berbagai perubahan yang inovatif. Jenis mobil yang diproduksi sangat beraneka ragam baik dari segi desain model, ukuran, kapasitas mesin maupun mereknya (Rustan Tarakka *et al.*, 2016).

Sebagai salah satu jenis kendaraan umum yang banyak diminati, mobil keluarga dalam bentuk mobil *multi purpose van* (MPV) memiliki kelebihan dan kekurangan. Kekurangannya, salah satu ciri khasnya adalah permintaan mesin berkapasitas relatif lebih besar yang berarti konsumsi bahan bakar lebih besar dibanding rekan-rekannya yang lebih kompak. Tipe ini juga umumnya memiliki bentuk dasar *bluff body* untuk memaksimalkan volume ruang kompartemen penumpang. Dari segi aerodinamika, bentuk ini menghasilkan hambatan aerodinamis yang lebih besar karena terjadinya pemisahan aliran yang sangat besar di bagian belakang bodi kendaraan sehingga konsumsi energi kendaraan menjadi lebih tinggi.

Hambatan aerodinamis menyumbang sekitar setengah dari pengeluaran energi mekanik kendaraan yang berjalan pada kecepatan jalan raya rata-rata sekitar 55 hingga 60 mph. Model kendaraan Ahmed adalah model *bluff-body* yang sangat disederhanakan yang sering digunakan sebagai tolok ukur dalam penelitian aerodinamika kendaraan. Sejumlah penelitian eksperimental dan studi numerik telah dilakukan dengan menggunakan model Ahmed. (Rustan Tarakka *et al.*, 2019).

Tahun 2007 penelitian yang dilakukan oleh Deddy Djunaedi mengenai pengujian *rear spoiler* pada mobil sedan Mitsubishi Lancer Evo VIII menunjukkan bahwa setiap penambahan *rear spoiler* dan semakin besar luas frontal dari *rear spoiler* maka koefisien *lift* berkurang dan koefisien *drag* meningkat. Selain itu pada tahun 2022 penelitian yang dilakukan oleh Moch. Aziz Kurniawan *et al.* yang meneliti studi karakteristik aliran udara kendaraan dengan penambahan *spoiler* belakang standard dan lebih panjang. Dari penelitian tersebut terdapat Pemasangan spoiler belakang standard dan lebih panjang relatif meningkatkan nilai distribusi tekanan (C_p) bagian belakang *centre line* permukaan atas model uji kendaraan. Hal ini terjadi karena dengan penambahan panjang permukaan model uji kendaraan mengakibatkan defisit momentum aliran semakin besar akibat gaya geser. Pemasangan *spoiler* belakang yang lebih panjang mengalami defisit momentum aliran akibat gaya geser paling besar sehingga terjadi peningkatan nilai distribusi tekanan (C_p) yang paling tinggi sebesar 4,7% dibandingkan tanpa menggunakan *spoiler* belakang. Dalam hal defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model kendaraan pemasangan juga terjadi peningkatan. Peningkatan defisit momentum aliran di belakang model kendaraan juga pada penggunaan *spoiler* belakang yang lebih panjang sebesar 1,27 % dibandingkan tanpa menggunakan *spoiler* belakang. Nilai koefisien *lift* pressure (C_{LP}) dan Nilai koefisien drag pressure (C_{DP}) didapatkan dari perhitungan nilai distribusi tekanan (C_p). Pemasangan spoiler belakang relatif menurunkan nilai C_{LP} dan relatif meningkatkan nilai C_{DP} . Penggunaan spoiler belakang lebih panjang mengakibatkan Penurunan nilai C_{LP} yang paling besar hingga 0,11% dan meningkatkan nilai C_{DP} hingga 0,06% dibandingkan model kendaraan tanpa menggunakan spoiler belakang.

Pada tahun 2017 penelitian yang dilakukan Yosafat Nugraha Putra *et al.* 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. 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* Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 30°**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain :

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

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain :

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

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

1.4 Batasan Penelitian

Agar dalam penulisan penelitian ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah yaitu:

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 30° 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 *fin* dan *spoiler*
6. Tipe *spoiler* yang digunakan *rear spoiler*.
7. Jumlah *fin* yang digunakan ada 1 *fin*.
8. Jumlah variasi jarak *fin* dari bagian belakang mobil X_1 dengan jarak 21,5 mm , X_2 jarak 11,5 mm, dan X_3 jarak 11,5 mm.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

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.

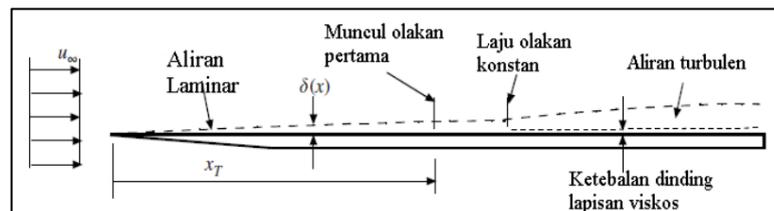
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lapisan Batas

Lapisan batas adalah lapisan tipis pada *solid surface* yang terbatas pada daerah yang sangat sempit dekat dengan permukaan kontur dimana kecepatan fluida tidak *uniform* sebagai pengaruh dari gaya viskos yang muncul akibat adanya viskositas. Gambar 1 memperlihatkan suatu fluida itu mengalir dengan distribusi kecepatan yang sama atau *uniform* u_{∞} dimana ketika melewati suatu *solid surface* aliran tersebut mengalami distribusi kecepatan yang berbeda yang dipengaruhi oleh adanya permukaan padat (Faruk & Kamiran, 2012).

Distribusi kecepatan ini dimulai dari titik di permukaan padat tersebut, dimana aliran fluida tersebut mempunyai kecepatan nol kemudian semakin besar ketika menjauhi permukaan dari bodi tersebut. Pengaruh tegangan geser akan hilang pada posisi tertentu dan kecepatan fluida mencapai nilai kecepatan fluida *nonviscous* ($u = 0,99u_{\infty}$) dan posisi tersebut merupakan batas daerah *viscous* (lapisan batas) dengan bagian *nonviscous*. Jarak yang diukur dari permukaan padat arah normal hingga posisi tersebut disebut dengan tebal lapisan batas (Faruk & Kamiran, 2012).



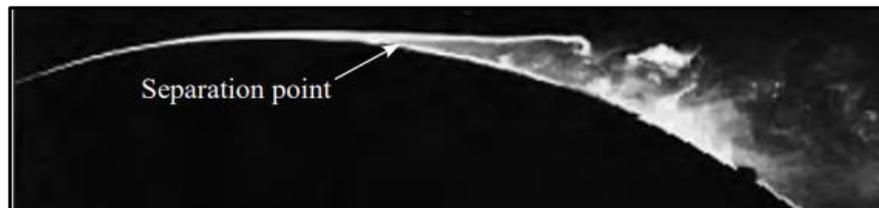
Gambar 1 Struktur lapisan batas (Faruk & Kamiran, 2012)

Jika bilangan Reynolds cukup besar, hanya fluida pada lapisan batas yang relatif tipis pada pelat yang akan merasakan pengaruh pelat. Artinya selain di daerah sebelah pelat kecepatan aliran pada dasarnya $\mathbf{V} = U \mathbf{i}$, yaitu kecepatan hulu. Untuk pelat datar yang panjangnya tak terhingga memanjang dari $x = 0$ ke $x = \infty$, untuk mendefinisikan bilangan Reynolds cenderung sulit karena tidak ada panjang karakteristik serta pelat tidak memiliki ketebalan dan panjangnya tidak

terbatas. Untuk pelat dengan panjang terbatas, jelas bahwa panjang pelat ℓ , dapat digunakan sebagai panjang karakteristik. Untuk pelat yang panjangnya tak terbatas kita gunakan x , jarak koordinat sepanjang pelat dari tepi depan, sebagai panjang karakteristik dan tentukan bilangan Reynolds sebagai $Re_x = U_x/v$ (Munson *et al.*, 2013).

2.2 Separasi Aliran

Separasi aliran merupakan suatu peristiwa dimana fluida dipaksa mengalir di atas permukaan yang melengkung, seperti sisi belakang silinder dengan kecepatan yang cukup tinggi, lapisan batas tidak dapat lagi melekat pada permukaan, dan pada titik tertentu ia terpisah dari permukaan (Cengel & Cimbala, 2006). Gaya hambat yang bekerja pada kendaraan erat hubungannya dengan karakteristik aliran yang terbentuk dan distribusi tekanan pada bagian belakang kendaraan. Kedua faktor tersebut dipengaruhi oleh separasi aliran yang terjadi tepat pada ujung atas bagian belakang kendaraan, dimana separasi aliran merupakan penyebab utama timbulnya hambatan aerodinamika. (Gopal & Senthilkumar, 2013).



Gambar 2 Pemisahan aliran selama permukaan melengkung (Cengel & Cimbala, 2006)

Sebagian besar gaya hambatan aerodinamika yang muncul pada kendaraan disebabkan adanya tekanan rendah dan pemisahan aliran di bagian buritan kendaraan. Dengan makin cepat terbentuknya pemisahan aliran, maka akan makin besar pula potensi terbentuknya *wake* di belakang kendaraan. Keadaan tersebut memiliki dampak pada kurang optimalnya kecepatan kendaraan, yang berkaitan dengan meningkatnya penggunaan bahan bakar sehingga menurunkan efisiensi dan performa kendaraan (Ragavan *et al.*, 2014).

Pada kendaraan, separasi aliran yang terjadi sangat kompleks. Separasi aliran terjadi di seluruh bagian luar kendaraan. Hal ini memberikan pengaruh

yang signifikan terhadap kompleksitas aliran. Perbedaan tekanan ini menimbulkan fenomena hisapan kearah belakang akibat aliran balik yang terjadi pada bagian belakang kendaraan (Brunn *et al.*, 2007).

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).

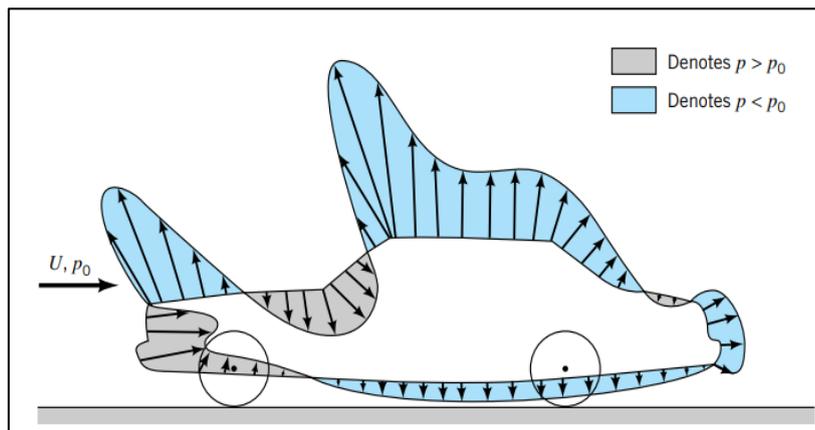
Menurut Ramon Trisno *et al* terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam penggunaan CFD, yaitu tahap *pre-processing*, tahap CFD *solver*, dan tahap *post-processing*.

- 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

Tekanan *Drag* (C_p) adalah bagian dari drag yang disebabkan langsung oleh tekanan P pada suatu benda. Ini sering disebut sebagai *form drag* karena ketergantungannya yang kuat pada bentuk atau bentuk objek. Tekanan *drag* adalah fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi elemen permukaan di mana gaya tekanan bekerja. Sebagai contoh, gaya tekanan pada salah satu sisi pelat datar yang sejajar dengan aliran mungkin sangat besar, tetapi tidak memberikan kontribusi terhadap *drag* karena gaya tersebut bekerja pada arah tegak lurus terhadap kecepatan *upstream*. Sebaliknya gaya tekanan pada pelat datar yang tegak lurus terhadap aliran menghasilkan *drag* secara keseluruhan (Munson, 2002).



Gambar 3 Distribusi tekanan pada permukaan mobil (Munson, 2002)

Karena adanya efek viskositas dari udara maka hal ini akan menyebabkan timbulnya *boundary layer* di sepanjang permukaan kendaraan sehingga timbul gradien kecepatan pada permukaan kendaraan. Adanya gradien kecepatan menyebabkan kecepatan aliran udara pada permukaan kendaraan sangat bervariasi tergantung dari bentuk dan jenis kendaraan tersebut. Dengan adanya gradien kecepatan maka akan timbul distribusi tekanan di sepanjang permukaan kendaraan. Distribusi tekanan menentukan daya angkat, *pitching moment*, *form drag* dari mobil, serta posisi dari pusat tekanan. Tekanan biasa ditunjukkan dengan koefisien tekanan. Koefisien tekanan adalah selisih antara pengukuran

lokal dengan tekanan aliran bebas dibagi dengan tekanan dinamis.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien tekanan 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)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

U_0 = kecepatan *upstream* (m/s)

2.5 Drag Aerodinamika

Benda yang bergerak melewati fluida, akan mengalami interaksi pada permukaan benda tersebut dengan fluida yang mengalir atau dilaluinya. Interaksi tersebut merupakan gaya dan momen yang bersumber dari tegangan geser (T_w), yang diakibatkan oleh efek viskos, dan tegangan normal yang diakibatkan oleh distribusi tekanan (p). Dengan p berarah tegak lurus ke arah pusat dan τ tangensial dengan terhadap permukaan. *Drag* pada sebuah benda dapat dipecah menjadi dua bagian, yaitu *drag* yang diakibatkan oleh gaya gesek, yaitu *drag* gesekan dan *drag* yang diakibatkan oleh tekanan, yaitu *drag* tekanan.

Sebagian besar *drag* dari suatu benda didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan di terowongan angin yang dilakukan berkali-kali. *Drag* dapat dituliskan dalam bilangan takberdimensi yang disebut sebagai Koefisien *Drag*, C_D , yaitu perbandingan antara *Drag* dengan *Dynamic Pressure Freestream*, $\frac{1}{2} \rho U^2$, dengan persamaan yang dapat dituliskan sebagai berikut (Marga & Ramon, 2018).

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

Dengan:

C_D = Koefisien *drag*

ρ = *Density* (kg/m^3)

F_D = *Drag force* atau *Gaya drag* (N)

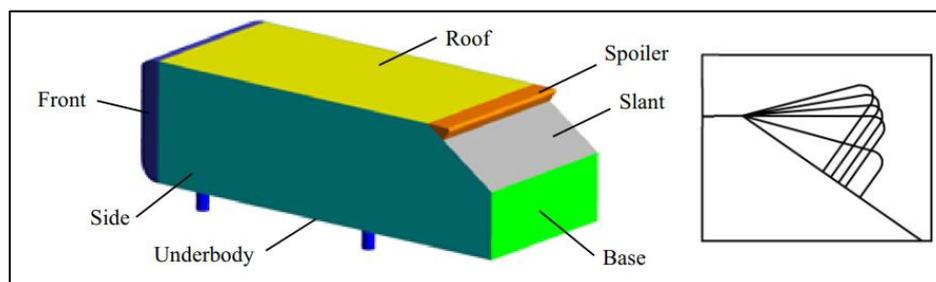
A = Luas daerah yang mengalami gesekan (m^2)

U = Kecepatan fluida (m/s)

2.6 Spoiler

Spoiler digunakan sebagai alat untuk meminimalkan pergerakan udara yang tidak menguntungkan di sekitar kendaraan dan dapat dibagi menjadi *front spoiler* dan *rear spoiler*. *Front spoiler* terhubung dengan bumper yang digunakan untuk mengarahkan aliran udara dari ban ke bagian bawah *body* mobil. *Rear spoiler* diletakkan di bagian tutup bagasi kendaraan penumpang. *Spoiler* yang ditambahkan dapat meredakan aliran udara yang melewati kendaraan, yang meminimalkan turbulensi di bagian belakang kendaraan, menambahkan lebih banyak tekanan ke bawah bagian belakang dan mengurangi gaya angkat yang bekerja di bagasi belakang (Xu-xia & Eric, 2011).

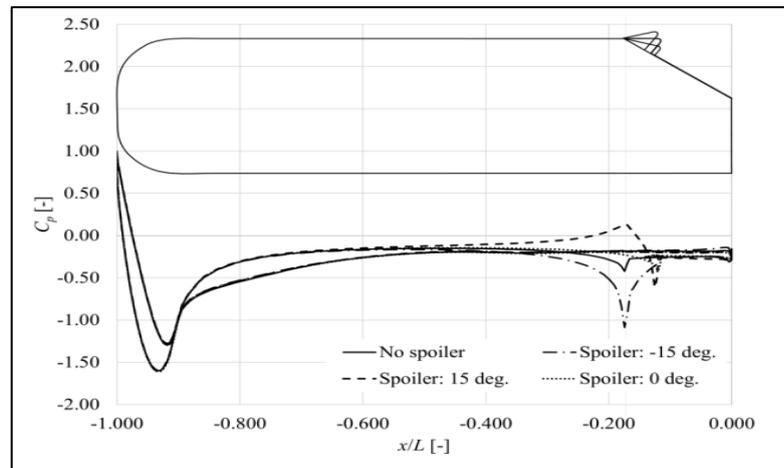
Percobaan yang dilakukan oleh Cheng dan Mansor pada tahun 2017 menggunakan *ahmed body* yang terlihat pada Gambar 4 dengan sudut miring 35° dengan *spoiler* sudut pitch -15° , 0° , 5° , 10° , and 15° . Dengan Panjang spoiler yaitu 66,6 mm, yang setara dengan 30% panjang bagian miring.



Gambar 4 Tampilan samping model Ahmed dilengkapi *rear spoiler*, dan konfigurasi spoiler (Cheng & Mansor, 2017)

Terlihat pada Gambar 5 membandingkan pengaruh sudut spoiler pada distribusi sepanjang garis tengah model. Seperti yang diharapkan, C_p pada bagian depan hampir identik dalam semua kasus. Namun, mulai dari bagian tengah *body*, penyimpangan secara bertahap menjadi lebih jelas di sepanjang *body* bagian atas. Pada model 0° dan 15° diperlihatkan C_p lebih tinggi dibandingkan dengan model tanpa *spoiler*. Sementara itu, model -15° menunjukkan penurunan C_p yang

signifikan terutama di bagian ujung *rear roof*, dan nilai memuncak di persimpangan *rear roof* (Cheng & Mansor, 2017).



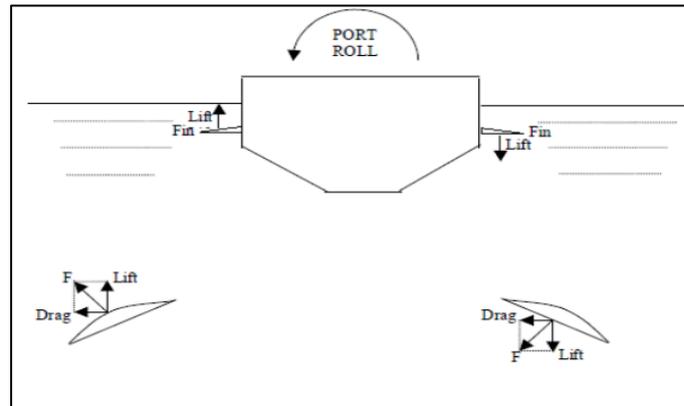
Gambar 5 Distribusi C_p terhadap *centerline* (Cheng & Mansor, 2017)

Hasilnya menunjukkan bahwa gaya angkat aerodinamis menurun hampir secara linier dengan sudut kemiringan *spoiler*, dan disertai dengan peningkatan *drag* aerodinamis. Namun, pengurangan *lift* dan *drag* dapat dicapai jika *spoiler* dikonfigurasi pada 0° - sejajar dengan atap. Sebaliknya, pada sudut *spoiler* negatif, penggunaan *spoiler* belakang kontraproduktif terhadap pengurangan gaya angkat dan tarikan. Selain itu, saat *spoiler* digunakan bagian *body* utama yang berkontribusi pada pengurangan gaya angkat adalah model atap, terutama di bagian belakang tempat *spoiler* dipasang (Cheng & Mansor, 2017).

2.7 Fin

Fin stabilizer adalah suatu peralatan *roll damping system* yang dipasang pada lambung kanan dan kiri kapal bagian bawah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada di atas air dan bekerjanya berdasarkan prinsip pengontrolan posisi *fin*. Peralatan ini dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gerakan *roll* (oleng) kapal yang disebabkan gelombang air laut. Pada masa kini banyak modifikasi yang dilakukan dan mencoba mengubah prinsip *Fin stabilizer* untuk digunakan pada kapal *supply vessel* untuk mengatur aliran fluida di bawah lambung kapal dengan tujuan mengarahkan aliran fluida bawah lambung kapal agar terpusat dan menuju ke *propeller* dengan sempurna untuk

menambah gaya dorong yang dihasilkan oleh kapal (Joko Susilo *et al.*, 2013).



Gambar 6 Posisi *fin stabilizer* pada kapal patroli (Joko Susilo *et al.*, 2013)

Selain sebagai *fin stabilizer*, fin juga dapat digunakan pada *centerbulb* dimana sepasang *fin* berbentuk pipih memanjang yang diaplikasikan pada *centerbulb* memiliki pengaruh pada hambatan dan *vertical motion* pada kapal katamaran tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai *heave motion* dan *pitch motion* lebih baik pada semua variasi kecepatan yang dilakukan dalam pengujian serta nilai koefisien hambatan sisa yang lebih kecil dibandingkan tanpa pengaplikasian *fin* pada *centerbulb* (Zotti, 2007).



Gambar 7 Pengaplikasian *Fin* pada *Centerbulb* (Yosafat Nugraha Putra *et al.*, 2017)