

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *SIDE SKIRT* TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh:

**ILHAM ANANDA
D021 19 1081**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *SIDE SKIRT* TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

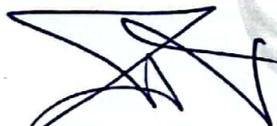
Ilham Ananda
D021 19 1081

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. Hafaluddin, ST., MT
NIP 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ilham Ananda
NIM : D021 19 1081
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *SIDE SKIRT* TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN”

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



Ilham Ananda

ABSTRAK

ILHAM ANANDA. *Analisis Pengaruh Penambahan Fin dan Side Skirt Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan* (dibimbing oleh Rustan Tarakka dan Andi Amijoyo Mochtar)

Berbagai jenis mobil penumpang telah beredar di Indonesia, baik model, kapasitas mesin maupun merek. Namun masyarakat Indonesia kebanyakan mengedepankan kapasitas penumpang dalam mobil. Sehingga mobil penumpang yang banyak diminati di Indonesia cenderung pada bentuk *Multi Purpose Vehicle* (MPV) atau sering disebut mobil keluarga (*family van*). Mobil ini mampu banyak penumpang dengan bentuk (*body*) yang kurang *streamline* sehingga memiliki drag tinggi. Sehingga kebanyakan penelitian akan melakukan pendekatan dengan menggunakan objek *Reversed Ahmed body* yang berbentuk menyerupai mobil keluarga. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan *side skirt* pada model kendaraan. 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 (CP), dan koefisien drag (CD). 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 Fin 1, Fin 2, dan Fin 3 yang berjarak 11.5 mm dari dinding belakang model uji. Selain itu terdapat kontrol pasif berupa *side skirt* yang diletakkan dibagian bawah kendaraan. 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 *side skirt* dapat menunda separasi aliran dan memperkecil olakan pada bagian belakang model uji dan juga mereduksi nilai koefisien drag. Dengan penurunan koefisien drag terbesar didapatkan pada model uji penambahan *side skirt* dan kombinasi fin 1 yaitu sebesar 14.491% untuk pendekatan komputasi dan 14.954% untuk pendekatan eksperimental.

Kata kunci : CFD, fin, side skirt, karakteristik aliran, koefisien tekanan, koefisien drag.

ABSTRACT

ILHAM ANANDA. *Comparative Analysis of the Effects of Adding Fins and Side Skirts on Aerodynamic Resistance in Vehicle Models* (supervised by Mr. Rustan Tarakka and Mr. Andi Amijoyo Mochtar).

Various types of passenger cars have been circulating in Indonesia, encompassing differences in terms of models, engine capacities, and brands. However, the majority of Indonesian society prioritizes passenger capacity within cars. As a result, passenger cars that are highly favored in Indonesia tend to be in the form of Multi Purpose Vehicles (MPV), often referred to as family vans. These vehicles are capable of accommodating numerous passengers and have a less streamlined body shape, leading to higher drag. Consequently, many studies adopt an approach using a Reversed Ahmed body, which resembles a family van, as the test object. The objective of this study is to understand the influence of passive controls, such as fins and side skirts, on vehicle models. The research is conducted through two approaches: computational using Computational Fluid Dynamics (CFD) software, and experimental using a Subsonic Wind Tunnel available in the fluid mechanics laboratory. In the computational approach, data is gathered regarding flow characteristics, pressure coefficients (CP), and drag coefficients (CD). On the other hand, the experimental approach focuses solely on validating the drag coefficient using a load cell device. Three types of fins are employed, each with three variations in position: Fin 1, Fin 2, and Fin 3, all positioned 11.5 mm from the rear wall of the test model. Additionally, a passive control in the form of a side skirt is placed underneath the vehicle. Upstream velocities tested include 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, and 22.2 m/s. Research outcomes reveal that the addition of passive controls like fins and side skirts can delay flow separation and reduce turbulence at the rear of the test model, consequently diminishing the drag coefficient. The most significant reduction in drag coefficient is observed in the test model with the addition of side skirts and a combination of Fin 1, amounting to 14.491% in the computational approach and 14.954% in the experimental approach.

Keywords : CFD, fin, side skirt, flow characteristics, pressure coefficient, drag coefficient.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
KATA PENGANTAR	xiv
BAB 1 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 LANDASAN TEORI	5
2.1. Lapisan Batas	5
2.2. Separasi Aliran.....	6
2.3. Distribusi Tekanan Aliran.....	7
2.4. <i>Drag</i> Aerodinamika	8
2.5. Bluff Body	9
2.6. <i>Side skirt</i>	10
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.....	18
3.4. Pendekatan Eksperimental	22
3.5. Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26

4.1. Karakteristik Aliran	26
4.2. Koefisien Tekanan (CP).....	35
4.3. Koefisien <i>Drag</i>	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Karakteristik dari lapisan batas pada pelat datar (Munson, 2002)	5
Gambar 2 Separasi Aliran pada Benda Tegak (Cengel & Cimbala, 2006).....	7
Gambar 3 Distribusi tekanan pada mobil (Munson, 2002)	7
Gambar 4 Ahmed Body (S. R. Ahmed et al,1984)	10
Gambar 5 Jenis-jenis <i>Side skirt</i> pada mobil sedan (Arif Wahyu Budiarto, 2013) .	11
Gambar 6 Dimensi <i>Side skirt</i> (Richard Stephen, 2021)	11
Gambar 7 <i>Side skirt</i> pada mobil truk (Bae Geun Hwang et al,2016).....	12
Gambar 8 Pengaplikasian <i>Fin</i> pada Centerbulb (Yosafat Nugraha Putra et al, 2017).....	12
Gambar 9 Ilustrasi penempatan <i>Fin</i> pada area bawah lambung kapal (Joko Susilo, 2014).....	13
Gambar 10 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 35°	15
Gambar 11 Dimensi model <i>Fin</i> 1	15
Gambar 12 Dimensi model <i>Fin</i> 2.....	16
Gambar 13 Dimensi model <i>Fin</i> 3.....	16
Gambar 14 Dimensi model <i>Side skirt</i>	17
Gambar 15 Dimensi model uji yang telah dimodifikasi dengan penambahan <i>Fin</i> dan <i>Side skirt</i>	17
Gambar 16 Lokasi pengambilan data medan tekanan model tanpa kontrol	20
Gambar 17 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif	21
Gambar 18 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian belakang dengan kontrol pasif.....	21
Gambar 19 Wind tunnel	22
Gambar 20 Sketsa Penempatan model Uji pada load cell dan kalibrasi	23
Gambar 21 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 22 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol (tanpa <i>Fin</i> dan <i>Side</i> <i>skirt</i>) dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	27
Gambar 23 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	29
Gambar 24 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>Fin</i> 1 dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	31
Gambar 25 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>Fin</i> 2 dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	32
Gambar 26 Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>Fin</i> 3 dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	34
Gambar 27 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	36
Gambar 28 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol pada kecepatan <i>Upstream</i> 22.2 m/s.....	37
Gambar 29 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	39
Gambar 30 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol pada kecepatan <i>Upstream</i> 22.2 m/s	40

Gambar 31	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	41
Gambar 32	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	43
Gambar 33	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	44
Gambar 34	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s.....	46
Gambar 35	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 1</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	47
Gambar 36	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 1</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	48
Gambar 37	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 1</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	50
Gambar 38	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 1</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	51
Gambar 39	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 2</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	53
Gambar 40	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 2</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	54
Gambar 41	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 2</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	56
Gambar 42	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 2</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	57
Gambar 43	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 3</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	59
Gambar 44	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin 3</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	60
Gambar 45	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 3</i> dan <i>Side skirt</i> dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	62
Gambar 46	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin 3</i> dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	63
Gambar 47	Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	65
Gambar 48	Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	66
Gambar 49	Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	67
Gambar 50	Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	68
Gambar 51	Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	69

Gambar 52 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	70
Gambar 53 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	71
Gambar 54 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	72
Gambar 55 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	73
Gambar 56 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	74
Gambar 57 Nilai koefisien <i>drag</i> model uji tanpa kontrol	76
Gambar 58 Nilai koefisien <i>drag</i> model uji dengan <i>Side skirt</i>	77
Gambar 59 Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>Side skirt</i> pada variasi kecepatan <i>Upstream</i>	78
Gambar 60 Nilai koefisien <i>drag</i> model uji tanpa kontrol	80
Gambar 61 Nilai koefisien <i>drag</i> model uji dengan <i>Side skirt</i>	81
Gambar 62 Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>Side skirt</i> pada variasi kecepatan <i>Upstream</i>	82
Gambar 63 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i>	84
Gambar 64 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i> untuk model uji penambahan <i>Side skirt</i>	85
Gambar 65 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i> untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 1 dan <i>Side skirt</i>	86
Gambar 66 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i> untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 2 dan <i>Side skirt</i>	87
Gambar 67 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>Upstream</i> untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 3 dan <i>Side skirt</i>	88

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi Batas Model Kendaraan	19
Tabel 2 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol	36
Tabel 3 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol pada kecepatan <i>Upstream</i> 22.2 m/s	37
Tabel 4 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol	38
Tabel 5 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol pada kecepatan <i>Upstream</i> 22.2 m/s	40
Tabel 6 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Side skirt</i>	41
Tabel 7 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	43
Tabel 8 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Side skirt</i>	44
Tabel 9 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	45
Tabel 10 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 1 dan <i>Side skirt</i>	47
Tabel 11 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 1 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	48
Tabel 12 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 1 dan <i>Side skirt</i>	49
Tabel 13 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 1 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	51
Tabel 14 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 2 dan <i>Side skirt</i>	52
Tabel 15 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 2 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	54
Tabel 16 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 2 dan <i>Side skirt</i>	55
Tabel 17 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 2 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	57
Tabel 18 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 3 dan <i>Side skirt</i>	58
Tabel 19 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan <i>Fin</i> 3 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	60
Tabel 20 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 3 dan <i>Side skirt</i>	61
Tabel 21 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan <i>Fin</i> 3 dan <i>side skirt</i> pada kecepatan 22.2 m/s	63
Tabel 22 Perbandingan koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	64

Tabel 23 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	65
Tabel 24 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	66
Tabel 25 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	67
Tabel 26 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian belakang model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	68
Tabel 27 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 11.1 m/s	70
Tabel 28 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 13.9 m/s	71
Tabel 29 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 16.7 m/s	72
Tabel 30 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 19.4 m/s	73
Tabel 31 Perbandingan koefisien tekanan (C_p) dengan tanpa kontrol aliran dan <i>side skirt</i> dengan kombinasi variasi model <i>Fin</i> pada bagian atas model uji pada kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	74
Tabel 32 Nilai koefisien <i>drag</i> tanpa kontrol	75
Tabel 33 Nilai koefisien <i>drag</i> dengan <i>Side skirt</i>	76
Tabel 34 Nilai koefisien <i>drag</i> dengan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>Side skirt</i>	77
Tabel 35 Nilai koefisien <i>drag</i> tanpa kontrol	79
Tabel 36 Nilai koefisien <i>drag</i> dengan <i>Side skirt</i>	80
Tabel 37 Nilai koefisien <i>drag</i> dengan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>Side skirt</i>	81
Tabel 38 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol	83
Tabel 39 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan dan <i>Side skirt</i>	85
Tabel 40 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 1 dan <i>Side skirt</i>	86
Tabel 41 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 2 dan <i>Side skirt</i>	87
Tabel 42 Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>Fin</i> 3 dan <i>Side skirt</i>	88

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
l	Panjang
w	Lebar
h	Tinggi
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>
SUV	<i>Sport Utility Vehicle</i>
MPV	<i>Multi Purpose Vehicle</i>
SRC	<i>Secondary Cabin Roof</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. Koefisien Tekanan (C_p) Tanpa Kontrol.....	96
Lampiran 2. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>Side skirt</i>	106
Lampiran 3. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>Fin 1</i> dan <i>Side skirt</i>	116
Lampiran 4. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>Fin 2</i> dan <i>Side skirt</i>	126
Lampiran 5. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>Fin 3</i> dan <i>Side skirt</i>	136
Lampiran 6. Nilai koefisien <i>drag</i> (C_D) pada model uji dengan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>side skirt</i> dengan pendekatan komputasi.....	146
Lampiran 7. Nilai koefisien <i>drag</i> (C_D) pada model uji dengan 3 jenis <i>Fin</i> dan <i>side skirt</i> dengan pendekatan eksperimental.....	149
Lampiran 8. Mesh benda uji.....	152
Lampiran 9. Dokumentasi.....	154

KATA PENGANTAR

Puji dan puja syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang senantiasa memberikan nikmat rezeki dan kesehatan. Hanya karena kebaikan Kasih Sayang dan Berkah-Nya lah yang menuntun penulis dalam mengerjakan skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan *Fin* Dan *Side Skirt* Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan”. 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 Emy Musfriani dan Bapak Imran serta kedua saudara yakni Alda Ananda dan Nasywah Afifah Ananda 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 Bapak 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. Staf Departemen Teknik Mesin terkhusus Bapak Hafrison Salamba, ST. yang telah membantu penulis dalam pembuatan instalasi, 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 Shara Aulia Ramadhani 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 Fairuz Adhim sebagai teman kerja sama dan diskusi mengenai masalah penelitian. Semua masalah yang harusnya sulit dilalui menjadi gampang ketika bekerja sama.
9. Teman-teman Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas yang selalu menyediakan tempat untuk penulis beristirahat setelah melakukan pengambilan data sekaligus teman bercanda dan jalan.
10. Saudara seperjuangan Bruzhlezz 19 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerjasamanya.
11. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata terkhusus keluarga Posko 5 Desa Langkura yang telah memberikan dukungan dan semangatnya semasa penelitian.

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 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan merupakan suatu alat transportasi yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Kendaraan mempunyai beberapa jenis seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, hingga kendaraan yang digunakan untuk balapan. Kendaraan terdiri dari berbagai komponen didalamnya, beberapa komponen utamanya terdiri dari mesin, *frame*/rangka kendaraan, dan bodi kendaraan. Salah satu komponen yang paling penting dalam kendaraan adalah bodi kendaraan, dengan perkembangan teknologi yang semakin maju bentuk dari bodi sebuah kendaraan sangatlah diperhitungkan untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu (Yudi Prihadnyana *et al.*, 2017).

Berbagai jenis mobil penumpang telah beredar di Indonesia, baik model, kapasitas mesin maupun merek. Namun masyarakat Indonesia kebanyakan mengedepankan kapasitas penumpang yang dapat ditampung dalam mobil. Sehingga mobil penumpang yang banyak diminati di Indonesia cenderung pada bentuk *Multi Purpose Vehicle* (MPV) atau sering disebut mobil keluarga (*family van*). Mobil ini mampu memuat 5-7 orang penumpang dengan bentuk (*body*) yang kurang *streamline* sehingga memiliki *drag* tinggi (Budarso Harinaldi *et al.*, 2012). Sehingga kebanyakan penelitian akan melakukan pendekatan dengan menggunakan objek *Reversed Ahmed body* yang berbentuk menyerupai mobil keluarga.

Sementara pengaruh aerodinamik yang bekerja pada kendaraan dapat dipecahkan menjadi tiga komponen gaya, yaitu: gaya tahanan udara (*Drag*), gaya angkat (*lift*), dan gaya samping (*side force*). Dalam perhitungan tahanan aerodinamik kendaraan, ketiga gaya itu perlu mendapat perhatian. Berbagai parameter yang mempengaruhi tahanan aerodinamik pada kendaraan mobil dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok: (1) parameter posisi, yang menyatakan kedudukan kendaraan terhadap bidang permukaan jalan, (2) parameter fungsional, yang menyatakan kondisi bagian kendaraan yang mempunyai tugas tertentu seperti kaca jendela terbuka atau tertutup, (3) parameter bentuk, yang menyatakan bentuk

badan kendaraan yang dapat dikuantifikasikan, seperti kemiringan permukaan atas (Ahmad Yusuf, 2017).

Bentuk bodi direkayasa sedemikian rupa untuk menghasilkan karakteristik aerodinamika yang optimal. Pengujian hambatan udara dan koefisien angkat dapat dianalisa dengan menggunakan dua cara yaitu dengan menggunakan terowongan angin (*wind tunnel*) dan *software computation fluid dynamic* (CFD) atau komputasi dan simulasi numerik (CFD) melalui komputer (Darwin & Salim, 2013). Kelebihan *software* dibandingkan dengan pengujian-pengujian melalui (*wind tunnel*) dapat menganalisis aerodinamika baik dalam ukuran kendaraan yang sebenarnya maupun dalam ukuran skala dengan tepat. (Ariyanto *et al*, 2022).

Berkaitan dengan hal tersebut, banyak riset-riset dalam bidang aerodinamika kendaraan roda empat yang telah dilakukan secara eksperimental dan numerik untuk mengembangkan desain agar lebih efisien. salah satunya dengan menggunakan penerapan kontrol aktif maupun kontrol pasif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arif Wahyu Budiarto pada tahun 2013 dengan menambahkan *Side skirt* pada model kendaraan sedan untuk model *Side skirt I* memiliki *coefisient drag* (cd) sebesar 0,11 menghasilkan gaya *drag* (fd) 6,21 kg m/s², model *Side skirt II* memiliki nilai *coefisient drag* (cd) 0,19 menghasilkan gaya *drag* (fd) 11,6 kg m/s². Juga pada tahun 2005 Cooper *et al*, mendemonstrasikan penghematan bahan bakar yang efektif dari perangkat tambahan pengurang hambatan termasuk *Side skirt* trailer. Koefisien *drag* yang dihasilkan berkurang sekitar 9,5% dengan pemasangan *Side skirt* panjang pada kecepatan angin 24,6 m/s dan sudut yaw nol. Hal serupa juga dilakukan oleh Landman *et al*, pada tahun 2009 pada sebuah trailer traktor modern dengan mengadopsi perangkat tambahan, termasuk *Side skirt*, penutup celah penuh, dan panel belakang yang meruncing. Koefisien *drag Side skirt* yang diuji berkurang di kisaran 15,7% menjadi 19,9%.

Pada tahun 2016 penelitian yang dilakukan oleh Marsaut Maurit Rumapea *et al* dengan menambahkan *Fin* pada rudder kapal menemukan bahwa dengan penambahan 2 *Fin* dapat mengurangi nilai *drag* sebesar 64% dari nilai *drag* tanpa menggunakan *Fin* dan mempunyai rasio L/D tertinggi sebesar 8.16. Penelitian serupa juga telah dilakukan Yosafat Nugraha Putra *et al* pada tahun 2017

menemukan bahwa penambahan *Fin* pada *centerbulb* kapal Katamaran mampu mengurangi hambatan total sebesar 20% yaitu 1.65 N pada kecepatan tinggi dengan Fraude Number = 0.35, jumlah *Fin* yang ditambahkan sebanyak 6 buah, serta dengan ukuran lebar *Fin* 0.13 m.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : “ **Analisis Pengaruh Penambahan *Fin* Dan *Side skirt* Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan** ”

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

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

1.3. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis karakteristik aliran pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *Fin* dan *Side skirt*
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *Fin* dan *Side skirt*
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *Fin* dan *Side skirt*

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 35° 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 *Side skirt*.
6. Jumlah *Fin* yang digunakan ada 3 *Fin*.
7. Jumlah *Side skirt* yang digunakan ada 1 *Side skirt*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

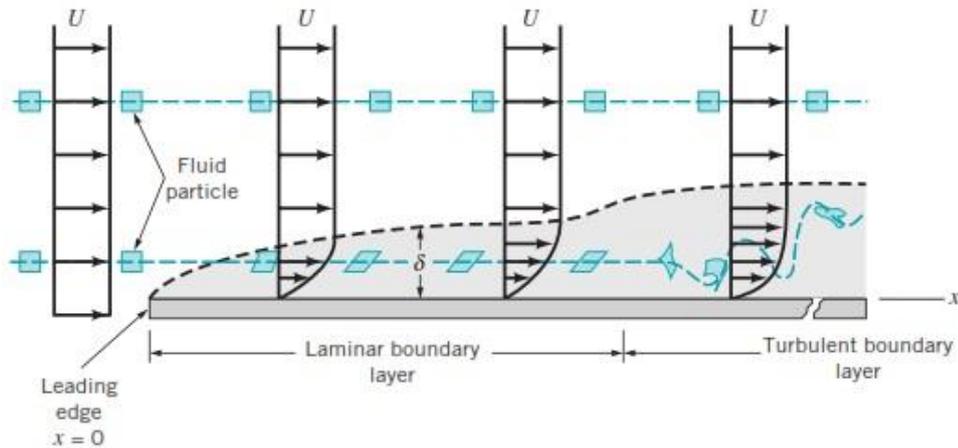
1. Bagi Penulis
Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Universitas
Sebagai referensi untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya dilingkup Departemen Teknik Mesin dan juga merupakan pustaka tambahan yang menunjang proses perkuliahan.dan penyusunan tugas akhir.
3. Bagi Industri
Hasil penelitian ini diharapkan dapat memerikan kontribusi dan referensi pada dunia otomotif serta kemajuan industri otomotif.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Lapisan Batas

Lapisan batas adalah lapisan yang terbentuk pada permukaan suatu benda yang dilewati aliran fluida, dimana area efek-efek viskos dan faktor gesekan antara fluida dengan permukaan benda hingga pada kondisi *inviscid* (Ludwing Prandtl, 1874-1953). Aliran *inviscid* adalah aliran dimana gesekan, konduktifitas panas dan difusi massa dapat diabaikan (Anderson, 2001).

Proses pembentukan lapisan batas divisualisasikan dengan membayangkan aliran di sepanjang sebuah pelat rata. Situasi dimana lapisan batas terbentuk pada sebuah plat datar dengan panjang tak terhingga yang disepanjangnya mengalir suatu fluida viskos, tak mampu-mampat seperti yang di tunjukkan pada gambar di bawah ini. Jika permukaannya melengkung (misalnya sebuah silinder bundar atau airfoil), struktur lapisan batas akan lebih rumit. Seperti yang terlihat pada gambar 1, misalkan ada aliran seragam sebuah fluida tak dapat mampat mendekati pelat dengan kecepatan arus bebas U .



Gambar 1 Karakteristik dari lapisan batas pada pelat datar (Munson, 2002)

Ketika bilangan Reynolds nilainya besar, hanya fluida di dalam lapisan batas relative tipis pada pelat yang akan merasakan efek dari pelat. Artinya selain di daerah dekat plat, kecepatan aliran pada dasarnya akan sebesar $V = U$, yaitu kecepatan hulu. Untuk pelat datar dengan panjang tak terhingga yang membentang dari $x = 0$ sampai $x = \infty$, untuk mendefinisikan bilangan Reynolds ini dinilai agak

susah dikarenakan salah satu parameternya yaitu panjang karakteristik tidak diketahui serta pelat tidak memiliki ketebalan dan panjangnya tidak terbatas.

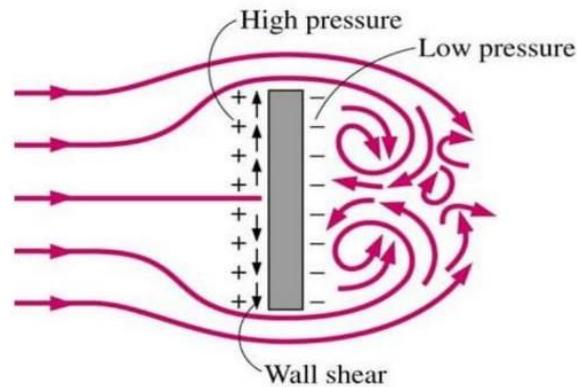
Lapisan batas menebal dalam arah yang sama dengan arah aliran, akibatnya perubahan kecepatan dari nol di permukaan pelat hingga u_s pada jarak δ semakin jauh menjadi semakin besar. Jika fluida mencapai tepi sebelah depan, tegangan geser yang besar terbentuk dekat dengan permukaan pelat karena partikel-partikel fluida yang tiba di situ terpaksa berhenti dan partikel-partikel yang cukup dekat dan normal terhadap pelat dihambat oleh geseran viscous (Munson, 2002).

2.2. Separasi Aliran

Separasi didefinisikan sebagai kondisi dimana aliran udara yang mengalir disepanjang permukaan benda tidak mampu lagi menempel pada permukaan tersebut. Separasi aliran berakibat pada terbentuknya aliran balik disekitar benda. Aliran yang bergerak secara teratur akan terpecah saat terjadinya separasi dan mengakibatkan terjadinya penurunan distribusi tekanan dan menimbulkan gaya *drag* (Anderson, 2001).

Pada kendaraan, separasi aliran yang terjadi sangat kompleks. Separasi aliran pada bagian bawah *body*, roda, dinding bagian samping, tepi atas dan samping kaca belakang, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kompleksitas aliran. Perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang kendaraan merupakan kontributor utama dari keseluruhan *drag* yang disebabkan oleh adanya separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. (Brunn *et al*, 2007., Bruneau, 2010)

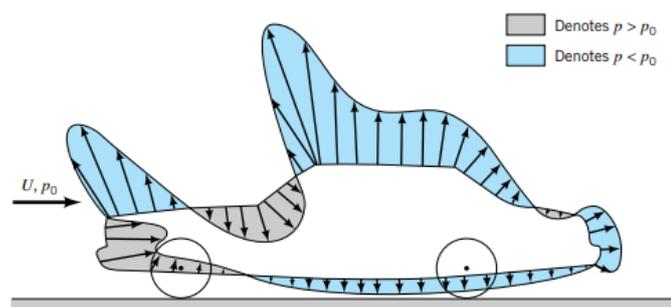
Pada Gambar 2 ditunjukkan skema proses terjadinya separasi aliran pada benda tegak. Timbulnya separasi aliran merupakan bentuk efek dari viskositas fluida (Munson, 2002). Hal ini disebabkan efek viskos, fluida di titik b pada permukaan benda kehilangan energi kinetik sehingga tidak memiliki momentum untuk mengalir dalam lapisan. Titik a adalah titik dimana separasi aliran terjadi. Sedangkan di titik c terjadi aliran balik (*wake*) karena perbedaan tekanan yang cukup besar antara sisi depan dan sisi belakang benda.



Gambar 2 Separasi Aliran pada Benda Tegak (Cengel & Cimbala, 2006)

2.3. 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, 2002)

Pada gambar 3 ketika aliran udara melewati mobil terjadi, perubahan kecepatan lokal di sekitar mobil, akibatnya terjadi perubahan tekanan statik seperti tekanan Bernoulli. 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.

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)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)
- U_0 = Kecepatan *Upstream* (m/s)

2.4. 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) :

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

Dengan:

C_D = Koefisien *drag*

ρ = Density (kg/m^3)

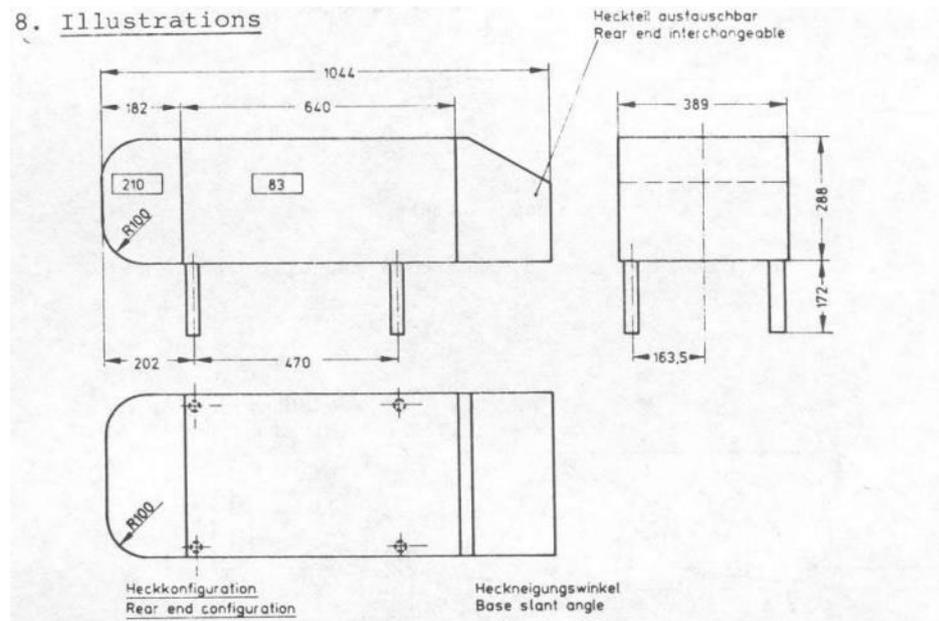
F_D = *Drag* force atau Gaya *drag* (N)

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

U = Kecepatan fluida (m/s)

2.5. Bluff Body

Perilaku aliran fluida pada sebuah benda dipengaruhi secara langsung oleh geometri benda. Untuk menggambarkan fenomena fisik aliran pada sebuah kendaraan digunakan model kendaraan. Salah satu model geometris kendaraan yang sering digunakan adalah model *Ahmed body*. Model *Ahmed body* merupakan bentuk yang paling baik dalam penyerderhanaan bentuk kendaraan untuk menganalisis hambatan aerodinamika. Pada bagian depan model kendaraan memiliki bidang frontal dan tidak terdapat permukaan miring yang cukup untuk mentransfer energi tekanan menjadi energi kinetik. Beberapa contoh diantara kendaraan dengan model bluff adalah bus, kereta api, mobil keluarga dan kendaraan angkut barang.



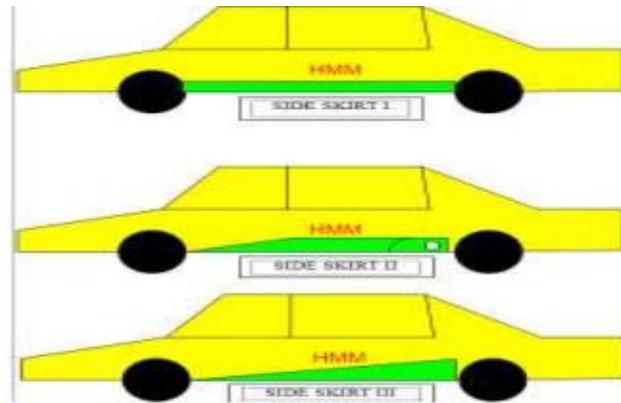
Gambar 4 Ahmed Body (S. R. Ahmed et al,1984)

Pada gambar 4 menunjukkan separasi aliran yang terjadi pada bagian ujung atap sampai bagian bawah model Ahmed *body*. Aliran yang terpisah terdiri dari dua jenis aliran berputar yang berlawanan dan konvergen atau menuju dua pusat separasi (S.R. Ahmed *et al*, 1984). Memodifikasi model Ahmed *body* original dengan memberikan sudut kemiringan 25° dan 35° terhadap bidang horisontal pada bagian belakang melalui pendekatan numerik dan eksperimen memberikan hasil penurunan hambatan aerodinamika (Daniel Krentel *et al.*, 2010). Sementara, penelitian secara eksperimen tentang aerodinamika kendaraan jenis bluff *body* dengan menggunakan particles image velocimetry (PIV) dan oil visualization telah dilakukan oleh Conan B., *et al.* (2011).

2.6. Side skirt

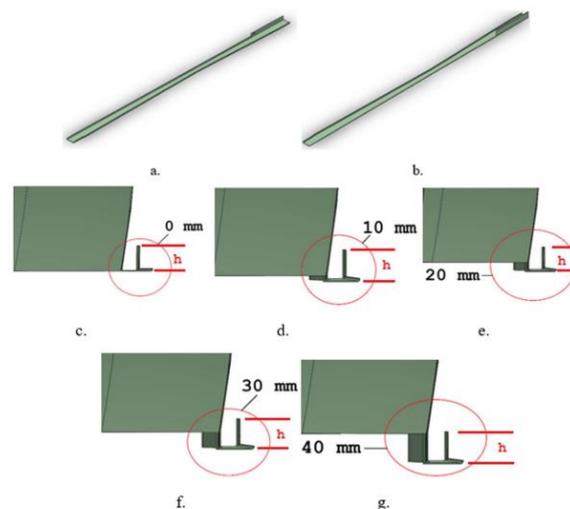
Side skirt merupakan bagian dari *Body kit* yaitu terdiri dari spoiler depan atau bumper depan, spoiler belakang dan *Side skirt* itu sendiri, *Side skirt* ini berfungsi untuk meneruskan laju hembusan angin supaya lancar dan tidak membuat mobil oleng pada saat dikendarai, *Side skirt* ini sangat penting juga dalam mendukung sisi aerodinamika dalam sebuah kendaraan, hal tersebut dipasang selain untuk mendukung sisi aerodinamika dalam sebuah mobil juga bisa untuk modifikasi kendaraan yang bisa dijadikan andalan pada sebuah modifikasi karena bentuknya

menarik dan sangat mempengaruhi dari exterior pada sebuah mobil. (Agus Priyo Nursantoso, 2016)



Gambar 5 Jenis-jenis *Side skirt* pada mobil sedan (Arif Wahyu Budiarto, 2013)

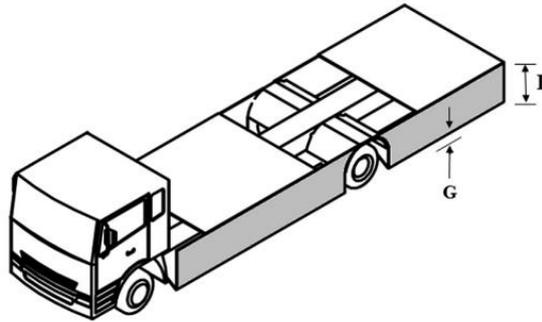
Dalam kenyataannya banyak pembuat *Side skirt* yang kurang paham akan apa itu yang dinamakan aerodinamika, jadi ada beberapa modifikasi yang salah dalam mendesain sebuah *Side skirt*. Jadi solusi dari permasalahan itu harus diberi pemahaman kepada bengkel modifikasi untuk lebih memperhatikan sisi aerodinamika sebuah kendaraan. (Agus Priyo Nursantoso, 2016)



Gambar 6 Dimensi *Side skirt* (Richard Stephen, 2021)

Side skirt adalah perangkat yang membantu mengontrol jumlah udara yang mengalir di bawah mobil. Efektivitas *Side skirt* tergantung pada ground clearance kendaraan. Jika tinggi *Side skirt* di atas level tertentu, efektivitasnya menurun. *Side*

skirt juga memisahkan aliran udara ke daerah bertekanan tinggi dan bertekanan rendah. (Richard Stephen, 2021)



Gambar 7 *Side skirt* pada mobil truk (Bae Geun Hwang et al,2016)

2.7. *Fin*

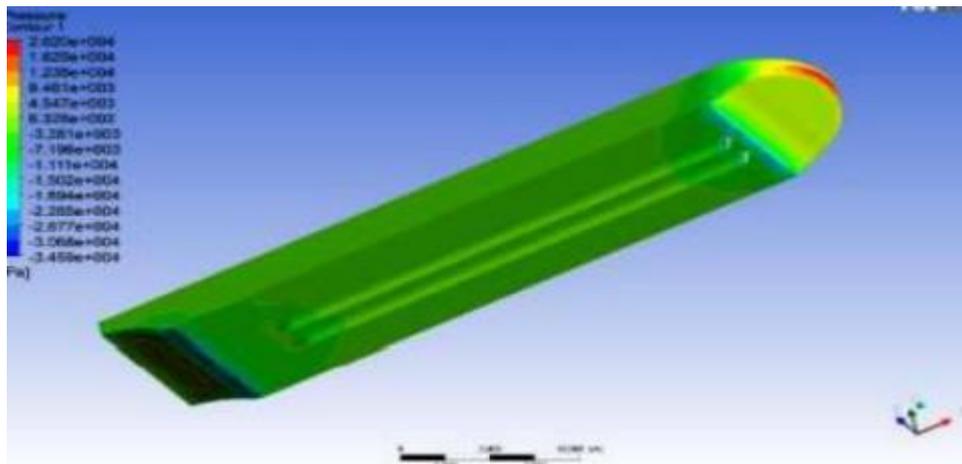
Fins/sirip atau biasa disebut *bilge keel* adalah sebuah aksesoris yang ditempatkan pada lambung kapal dengan tujuan untuk menjaga stabilitas kapal saat terjadi *rolling* akibat gelombang air laut serta dapat dipasang pada area bilga agar dapat menjaga kapal tetap dalam kondisi stabil (Joko Susilo, 2014)



Gambar 8 Pengaplikasian *Fin* pada *Centerbulb* (Yosafat Nugraha Putra et al, 2017)

Selain diaplikasikan pada *Centerbulb*, *Fin* juga dapat diaplikasikan pada pada lambung kanan dan kiri kapal bagian bawah atau yang biasa disebut *Fin stabilizer*. *Fin stabilizer* berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada di atas air dan bekerjanya berdasarkan prinsip pengontrolan posisi *Fin*. Peralatan tersebut dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gerakan roll (oleng) kapal yang

disebabkan gelombang air laut. Pengujian terhadap tahanan kapal akibat adanya *Fins* pada area lambung kapal juga sudah dilakukan menggunakan software maxsurf oleh Wishnu Willy Permata *et al* (2013). Pengujian membuktikan bahwa penambahan *Fin* menunjukkan kenaikan tahanan pada area bawah lambung kapal dan tidak mempunyai pengaruh terhadap stabilitas kapal, namun aliran turbulen pada area bawah kapal menjadi hal yang perlu dikaji kembali pada penelitian tersebut mengingat tingkat ketelitian *software* maxsurf tidak sedetail analisa menggunakan metode CFD.



Gambar 9 Ilustrasi penempatan *Fin* pada area bawah lambung kapal (Joko Susilo, 2014)