

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *FIN* TERHADAP HAMBATAN
AERODINAMIS PADA *BLUFF BODY* MODEL KENDARAAN**

Disusun dan diajukan Oleh:

JESSICA TSANIYAH NOVITA

D211 16 003



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *FIN* TERHADAP HAMBATAN
AERODINAMIS PADA *BLUFF BODY* MODEL KENDARAAN**

Disusun dan diajukan Oleh:

JESSICA TSANIYAH NOVITA

D211 16 003

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH FIN TERHADAP HAMBATAN
AERODINAMIS PADA BLUFF BODY MODEL KENDARAAN**

Disusun dan diajukan oleh

JESSICA TSANIYAH NOVITA

D21116003

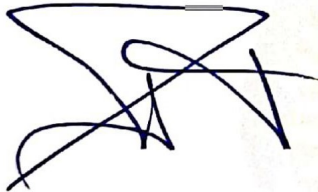
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 12 April 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T.

NIP. 19750827 200501 1 002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.

NIP. 19720825 200003 1 001

Ketua Departemen Teknik Mesin,



Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.

NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jessica Tsaniyah Novita

NIM : D211163003

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“Analisis Pengaruh *Fin* Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada *Bluff Body*
Model Kendaraan”**

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

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

Gowa, 12 April 2021

Yang membuat pernyataan,



Jessica Tsaniyah Novita

ABSTRAK

Jessica Tsaniyah Novita. *Analisis Pengaruh Fin Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada Bluff Body Model Kendaraan* (dibimbing oleh Dr. Rustan Tarakka, ST., MT dan Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT)

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika fluida fakultas teknik Universitas Hasanuddin. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh *fin* terhadap pengurangan hambatan aerodinamis pada model kendaraan. Yang menjadi objek penelitian adalah modifikasi Ahmed body dengan skala 1:6. Modifikasi yang dimaksud berupa perubahan arah aliran serta memiliki kemiringan bodi depan 25°. Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan komputasi dengan memanfaatkan fasilitas program *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan divalidasi melalui pengujian eksperimental dengan menggunakan fasilitas laboratorium mekanika fluida yaitu *Subsonic wind tunnel*. Untuk metode komputasi data yang diperoleh berupa karakteristik aliran koefisien *drag* dan koefisien tekanan. Sedangkan untuk pengujian eksperimental hanya fokus pada upaya untuk memvalidasi koefisien *drag* memanfaatkan perangkat *load cell*. Kecepatan *upstream* yang digunakan masing-masing 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s dan 22.2 m/s dan menggunakan kontrol pasif *fin* dengan tiga variasi model dan tiga variasi posisi penempatan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penerapan kontrol pasif berupa *fin* mampu mengurangi pembentukan olakan serta menunda terjadinya separasi aliran. Selain itu, mampu meningkatkan distribusi tekanan pada dinding bagian belakang model kendaraan dan mampu mereduksi hambatan aerodinamis tertinggi sebesar 6.6617% untuk pendekatan komputasi dan 4.7371% untuk pendekatan eksperimen.

Kata kunci : Koefisien drag, koefisien tekanan,, karakteristik aliran, CFD, Kontrol pasif *fin*.

ABSTRAK

Jessica Tsaniyah Novita. Analysis of Fin Effect on Aerodynamic Barriers in Bluff Body Model Vehicles (supervised by Dr. Rustan Tarakka, ST., MT and Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT)

This research was conducted in the fluid mechanics laboratory, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The purpose of this study was to determine the effect of fins on reducing aerodynamic drag on vehicle models. The object of research is the modification of the Ahmed body with a scale of 1: 6. The modification referred to is a change in flow direction and a front body tilt of 25° . This research was conducted through a computational approach by utilizing the facilities of the Computational Fluid Dynamics (CFD) program and validated through experimental testing using fluid mechanics laboratory facilities, namely the Subsonic wind tunnel. For the computational method, the data obtained are the flow characteristics of the drag coefficient and the pressure coefficient. Meanwhile, experimental testing only focuses on efforts to validate the coefficient drag using devices load cells. The upstream speed used are 11.1 m / s, 13.9 m / s, 16.7 m / s, 19.4 m / s and 22.2 m / s respectively and use passive control fins with three variations of the model and three variations of placement positions. The results showed that the application of passive control in the form of fins was able to reduce the formation of the edible and delay flow separation. In addition, it can improve the pressure distribution on the rear wall of the vehicle model and can reduce the highest aerodynamic drag by 6.6617% for the computational approach and 4.7371% for the experimental approach.

Keywords : Drag coefficient, pressure coefficient, flow characteristics, CFD, passive control of fins

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur sebesar-besarnya penulis penjabarkan ke-hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Salam dan salawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai tauladan penulis yang telah mengantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal dunia dan akhirat. Pengerjaan skripsi “**Analisis Pengaruh Fin Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada Bluff Body Model Kendaraan**” dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Eng, Jalaluddin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yth. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Yth Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Yth. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menyetujui dan menerima tugas akhir penulis.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sudah dibagikan terhadap penulis. Ilmu dan pengetahuan yang membuat penulis semakin mengerti fenomena-fenomena dalam bidang teknik terutama bidang teknik mesin.

5. Staf Departemen Teknik Mesin, terkhusus Pak Irwan, Ibu Suri, dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu.
6. Teman-teman Laboratorium Mekanika Fluida yang setia menemani selama masa pengambilan data dan penulisan tugas akhir.
7. Saudara-saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin angkatan 2016 COMPREZZOR yang telah memberi bantuan, dukungan, kerjasama yang sudah dijalani selama ini dan kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
8. Kanda-kanda 2014 dan 2015 dan adik-adik tingkat yang telah memberi bantuan selama proses perkuliahan dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini.

Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Semua kebaikan berasal dari Allah semata, segala kekurangan dan kekeliruan berasal dari penulis maka dari itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Gowa, 21 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Lapisan Batas	6
2.2 Separasi Aliran	7
2.3 Drag Aerodinamis	8
2.4 <i>Streamline</i>	10
2.5 Aliran Laminar Dan Turbulen	11
2.6 Bilangan Reynold	12
2.7 Model <i>Bluff Body</i> Kendaraan.....	13
2.8 <i>Fin</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Objek Penelitian.....	16

3.3 Pendekatan Komputasi.....	20
3.4 Pendekatan Eksperimen.....	23
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil.....	28
4.1.1. Karakteristik Aliran.....	28
4.1.1.1. Karakteristik Aliran Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	28
4.1.1.2. Karakteristik Aliran Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	29
4.1.2. Koefisien Tekanan (C_p).....	40
4.1.2.1. Koefisien Tekanan Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	40
4.1.2.2. Koefisien Tekanan Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	44
4.1.3. Koefisien <i>Drag</i> (C_d).....	75
4.1.3.1. Pendekatan Komputasi.....	75
4.1.3.1.1. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	75
4.1.3.1.2. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	76
4.1.3.2. Pendekatan Eksperimen.....	79
4.1.3.2.1. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji tanpa kontrol.....	79
4.1.3.2.2. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji dengan kontrol pasif <i>fin</i>	80
4.1.3.3. Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen.....	84
4.1.3.3.1. Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji tanpa kontrol pasif.....	84

4.1.3.3.2.	Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (Cd) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i>	85
4.2.	Pembahasan.....	95
4.2.1.	Karakteristik Aliran.....	95
4.2.1.1.	Karakteristik Aliran Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	95
4.2.1.2.	Karakteristik Aliran Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	95
4.2.2.	Koefisien Tekanan (Cp).....	98
4.2.2.1.	Koefisien Tekanan Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	98
4.2.2.2.	Koefisien Tekanan Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	98
4.2.3.	Koefisien <i>Drag</i> (Cd).....	101
4.2.3.1.	Pendekatan Komputasi.....	101
4.2.3.1.1.	koefisien <i>Drag</i> (Cd) Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	101
4.2.3.1.2.	Koefisien <i>Drag</i> (Cd) Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	102
4.2.3.2.	Pendekatan Eksperimen.....	106
4.2.3.2.1.	Koefisien <i>Drag</i> (Cd) Pada Model Uji Tanpa Kontrol.....	106
4.2.3.2.2.	Koefisien <i>Drag</i> (Cd) Pada Model Uji Dengan Kontrol Pasif <i>Fin</i>	107
4.2.3.3.	Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (Cd) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen.....	111
4.2.3.3.1.	Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (Cd) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji tanpa kontrol pasif.....	111

4.2.3.3.2. Perbandingan nilai koefisien <i>Drag</i> (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i>	84
BAB V PENUTUP	114
5.1 Kesimpulan	114
5.2. Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	116
DOKUMENTASI.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kondisi batas model kendaraan.....	21
Tabel 4.1 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji tanpa kontrol pasif.....	40
Tabel 4.2 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi belakang <i>fin</i> 1	44
Tabel 4.3 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi tengah <i>fin</i> 1.....	47
Tabel 4.4 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi depan <i>fin</i> 1.....	51
Tabel 4.5 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi belakang <i>fin</i> 2	54
Tabel 4.6 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi tengah <i>fin</i> 2.....	58
Tabel 4.7 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi depan <i>fin</i> 2.....	61
Tabel 4.8 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi belakang <i>fin</i> 3	65
Tabel 4.9 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi tengah <i>fin</i> 3.....	68
Tabel 4.10 Nilai Koefisien tekanan minimum pada posisi depan <i>fin</i> 3.....	72
Tabel 4.11 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol pasif.....	75

Tabel 4.12 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1	76
Tabel 4.13 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2	77
Tabel 4.14 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3	78
Tabel 4.15 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol pasif	79
Tabel 4.16 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1	80
Tabel 4.17 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2	81
Tabel 4.18 Nilai Koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3	83
Tabel 4.19 Perbandingan nilai Koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimen tanpa kontrol pasif.....	84
Tabel 4.20 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 bagian belakang.....	85
Tabel 4.21 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 bagian tengah	87
Tabel 4.22 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 bagian depan	88

Tabel 4.23 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 bagian belakang.....	89
Tabel 4.24 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 bagian tengah	90
Tabel 4.25 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 bagian depan	91
Tabel 4.26 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 bagian belakang.....	92
Tabel 4.27 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 bagian tengah	93
Tabel 4.28 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 bagian depan	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk pada pelat datar	6
Gambar 2.2. Model uji sudut kemiringan bagian depan $\phi=35^\circ$..	8
Gambar 2.3. Distribusi tekanan pada <i>airfoil</i>	10
Gambar 2.4. Model <i>body</i> Ahmed	13
Gambar 2.5. Pengaplikasian <i>Fin</i> pada <i>Centerbulb</i>	14
Gambar 2.6. Ilustrasi penempatan <i>Fin</i> pada area bawah lambung kapal	15
Gambar 3.1 Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 35° ...	17
Gambar 3.2 Geometri <i>bluff body</i> model kendaraan yang telah dimodifikasi dengan penambahan <i>fin</i> pada sisi atasnya	17
Gambar 3.3 Dimensi model <i>fin</i> 1.....	18
Gambar 3.4 Dimensi model <i>fin</i> 2.....	18
Gambar 3.5 Dimensi model <i>fin</i> 3.....	19
Gambar 3.6 Dimensi posisi peletakan <i>fin</i>	19
Gambar 3.7 Lokasi pengambilan data medan tekanan	23
Gambar 3.8 <i>Wind tunnel</i>	24
Gambar 3.9 Sketsa penempatan model uji pada <i>load cell</i> dan kalibrasi	25
Gambar 3.10 Diagram alir penelitian	27
Gambar 4.1 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol pasif dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	29

Gambar 4.2 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	30
Gambar 4.3 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	31
Gambar 4.4 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 1 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	32
Gambar 4.5 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	33
Gambar 4.6 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	35
Gambar 4.7 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	36
Gambar 4.8 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	37
Gambar 4.9 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	38

Gambar 4.10 Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 3 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	40
Gambar 4.11 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	43
Gambar 4.12 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	46
Gambar 4.13 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	50
Gambar 4.14 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	53
Gambar 4.15 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	57
Gambar 4.16 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	60
Gambar 4.17 Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	64

Gambar 4.18	Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	67
Gambar 4.19	Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	71
Gambar 4.20	Nilai koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	74
Gambar 4.21	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 1 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	76
Gambar 4.22	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 2 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	77
Gambar 4.23	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 3 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	78

Gambar 4.24	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 1 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> pendekatan eksperimen	80
Gambar 4.25	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 2 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen	82
Gambar 4.26	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 3 pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen	83
Gambar 4.27	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 1 bagian belakang pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	86
Gambar 4.28	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 1 bagian tengah pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	87
Gambar 4.29	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin</i> 1	

	bagian depan pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	88
Gambar 4.30	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 2</i> bagian belakang pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	89
Gambar 4.31	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 2</i> bagian tengah pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	90
Gambar 4.32	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 2</i> bagian depan pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	91
Gambar 4.33	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 3</i> bagian belakang pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	92
Gambar 4.34	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 3</i> bagian tengah pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	93
Gambar 4.35	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan menggunakan kontrol pasif <i>fin 3</i>	

	bagian depan pada model kendaraan dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	94
Gambar 4.36	Karakteristik aliran pada model uji dengan kontrol pasif <i>fin</i> 2 posisi belakang dengan kecepatan <i>upstream</i> $U_0 = 22.2$ m/s	97
Gambar 4.37	Nilai koefisien drag pada model uji tanpa menggunakan kontrol pasif dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	101
Gambar 4.38	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi belakang dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	103
Gambar 4.39	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi tengah dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	104
Gambar 4.40	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi depan dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan komputasi.....	105
Gambar 4.41	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa menggunakan kontrol pasif dengan variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen.....	106

Gambar 4.42	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi belakang dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen.....	108
Gambar 4.43	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi tengah dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen.....	109
Gambar 4.44	Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji posisi depan dengan 3 (tiga) kontrol pasif <i>fin</i> untuk variasi kecepatan <i>upstream</i> , pendekatan eksperimen.....	110
Gambar 4.45	Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa menggunakan kontrol pasif dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seperti yang kita ketahui dalam dunia transportasi seperti pesawat udara, mobil atau kapal laut, nilai *drag* yang besar sangat dihindari, karena energi atau tenaga yang dibutuhkan untuk bergerak menjadi lebih besar. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi *drag*, diantaranya dengan membuat *body* yang *streamline* atau memanipulasi medan aliran. Aliran fluida yang melintasi suatu benda (*bluff body*) memegang peranan penting dalam upaya mengurangi *drag* yang kita tahu memiliki kaitan erat dengan penghematan biaya bahan bakar dan material (Tsutsui dan Igarasi, 2002).

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

Secara umum, kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mengalami hambatan aerodinamika yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan aliran udara yang bersentuhan secara langsung pada permukaan kendaraan. Disain kendaraan dengan pola aliran fluida yang teratur di sekitar kendaraan akan memberikan efek positif terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan. Rustan Tarakka et al (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh geometri muka

terhadap koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan 25° , 30° , dan 35° dengan kecepatan *upstream* diset pada kecepatan 13.9 m/s. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil adalah 1,7012 yang terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan 30° .

Dalam mengurangi hambatan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pendekatan utama, yaitu dengan metode kontrol pasif atau dengan metode kontrol aktif. Dengan menggunakan metode control pasif, Yosafat Nugraha Putra et al. (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. Selain *centerbulb*, *fin* juga dapat ditambahkan pada *Rudder* kapal seperti yang diteliti oleh Marsaut Maurit Rumapea et al (2016) yang dimana menemukan bahwa dengan penambahan 2 *fin* dapat mengurangi nilai *drag* sebesar 64% dari nilai *drag* kemudi tanpa menggunakan *fin* dan mempunyai rasio L/D tertinggi sebesar 8.16.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul : “**Analisis pengaruh *fin* terhadap hambatan aerodinamis pada *bluff body* model kendaraan.**”

1.2. Rumusan Masalah

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

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis karakteristik aliran udara pada *bluff body* model kendaraan tanpa *fin* dan dengan menggunakan *fin*.
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada *bluff body* model kendaraan tanpa *fin* dan dengan menggunakan *fin*.
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* pada *bluff body* model kendaraan tanpa *fin* dan dengan menggunakan *fin*

1.4. Batasan Masalah

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

1. Fluida uji merupakan udara yang dianggap fluida tak mampu mampat dan mengalir secara seragam pada aliran bebas yang berjarak jauh di hulu.

2. Model uji berbentuk *bluff body* model kendaraan (*modified/reversed Ahmed body*) berdimensi 1 : 6 dari *Ahmed body* versi original. Geometri model dengan panjang ($l=0,174$ m), lebar ($w=0,06483$ m) dan tinggi ($h=0,048$ m).
3. Kemiringan sudut pada bagian depan model uji adalah 35° terhadap sumbu horizontal.
4. Kecepatan aliran *upstream* 11.1 m/s (40 km/jam), 13.9 m/s (50 km/jam) 16.7 m/s (60 km/jam), 19.4 (70 km/jam), dan 22.2 (80 km/jam)
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *fin*.
6. *Fin* yang digunakan dimodifikasi dengan jari-jari kelengkungan bagian belakang (R) = 2.00
7. Jumlah *fin* yang digunakan ada 3 *fin*.
8. Posisi penempatan *Fin* divariasasi dibagi menjadi tiga posisi, yaitu belakang (1.5 mm dari garis belakang model uji), tengah (11.5 mm dari garis belakang model uji), dan depan (21.5 mm dari garis belakang model uji)

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Menambah pengetahuan baru mengenai pengaruh *fin* terhadap hambatan aerodinamis pada *bluff body* model kendaraan.

2. Bagi akademik

Sebagai bahan referensi dalam melakukan percobaan atau pengujian yang berhubungan dengan penggunaan *fin* pada *bluff body* model kendaraan.

3. Bagi industri

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

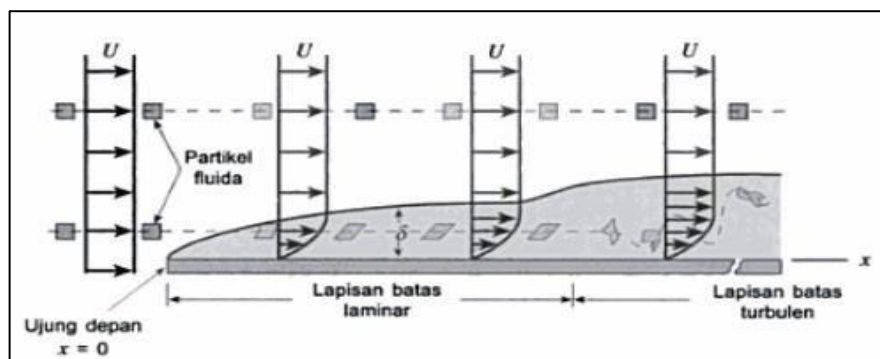
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lapisan Batas

Lapisan batas dapat di *definisi*kan sebagai lapisan yang terbentuk pada permukaan suatu benda yang terendam dalam aliran fluida, dimana area efek-efek viskos dalam lapisan tersebut mempunyai peranan penting dan diluarnya fluida berperilaku seakan-akan inviscid.

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 2.1, misalkan ada aliran seragam sebuah fluida tak dapat mampat mendekati pelat dengan kecepatan arus bebas U .



Gambar 2.1 Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk 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 $V = U i$, 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.

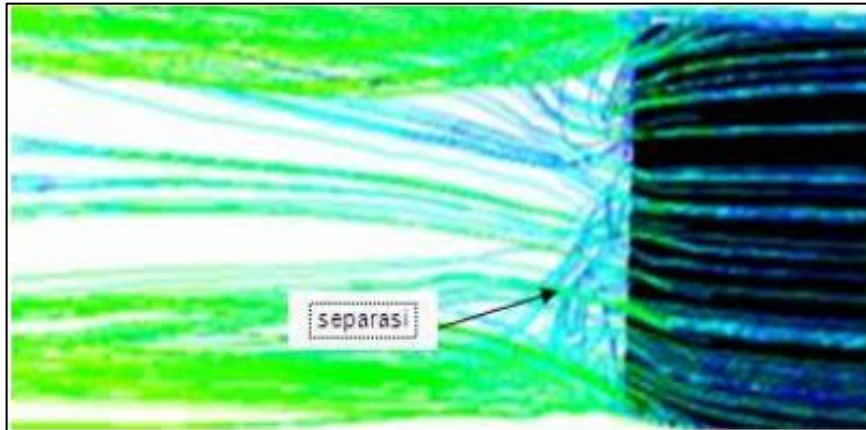
Ketika fluida mencapai tepi sebelah depan, tegangan geser yang besar terbentuk dekat dengan permukaan pelat karena partikel-partikel fluida yang tiba di situ terpaksa berhenti dan partikel-partikel yang cukup dekat dan normal terhadap pelat dihambat oleh geseran viscous.

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.

2.2. Separasi Aliran

Separasi aliran adalah kondisi dimana aliran udara yang mengalir disepanjang permukaan benda tidak mampu lagi menempel pada permukaan tersebut. Ketika sebuah fluida melalui sebuah benda dan dianggap aliran fluida tersebut menempel pada benda tersebut, idealnya distribusi tekanan pada kedua sisi tetap sama tetapi pada beberapa kasus lapisan batas terpisah dari benda, pada kejadian ini tekanan pada satu sisi menjadi sangat rendah. Munculnya penurunan tekanan ini terjadi secara tiba-tiba ini terjadi pada sisi dimana aliran udara lebih cepat. Perbedaan tekanan ini akan mengakibatkan *drag* pada benda tadi. Seperti pada gambar 2.2,

aliran yang berputar kembali, dan menjadi turbulents diakibatkan oleh separasi aliran, untuk mengisi darah dengan tekanan yang lebih rendah. (Yogatama. M, 2018).



Gambar 2.2. Model uji sudut kemiringan bagian depan $\phi=25^\circ$ (Tarakka R, at al, 2018).

2.3. Drag Aerodinamis

Suatu benda yang bergerak melewati fluida akan mengalami interaksi antara permukaan benda tersebut terhadap fluida yang mengalir atau dilaluinya. Interaksi tersebut bersumber dari tegangan geser (τ_w) yang diakibatkan oleh efek viskositas dan tegangan normal yang diakibatkan oleh distribusi tekanan (p).

Drag pada sebuah benda terdiri dari dua bagian, yaitu *drag* gesekan yang diakibatkan oleh gaya gesek, dan *drag* tekanan yang diakibatkan oleh tekanan. *Drag* dapat dituliskan dalam bilangan tak berdimensi yang disebut dengan koefisien *drag*. Koefisien *drag* merupakan sebuah gaya dari fluida yang mengalir melalui permukaan benda searah aliran.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien *drag* dapat dituliskan sebagai berikut (Cengel & Cimbala, 2006) :

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

Dimana :

C_D = Koefisien *drag*

ρ = *Density* (kg/m³)

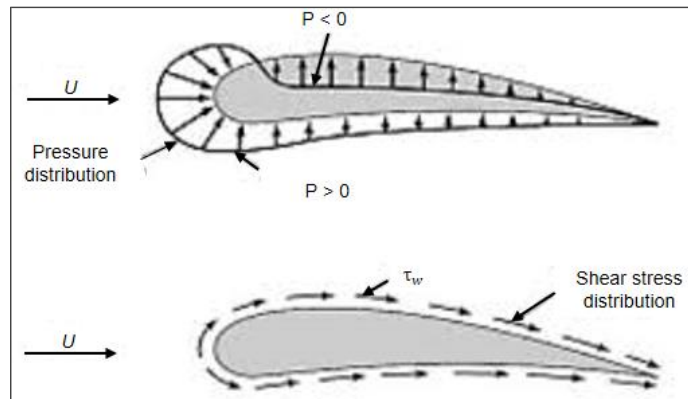
F_D = *Drag force* atau Gaya *drag* (N)

A = Luas daerah yang mengalami gesekan (m²)

U = Kecepatan fluida (m/s)

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

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, 2003).



Gambar 2.3. Distribusi tekanan pada *airfoil* (Munson, 2002).

Sehingga koefisien tekanan dapat dituliskan melalui persamaan (Munson, 2002) :

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

Dimana :

C_p = Koefisien tekanan

P = Tekanan (Pa)

P_0 = Tekanan *upstream* (Pa)

ρ = *Density* (kg/m^3)

U = Kecepatan (m/s)

2.4. *Streamline*

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

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

2.5. Aliran Laminar dan Turbulen

Aliran laminar dan turbulen dibedakan berdasarkan karakteristik internal aliran. Umumnya klasifikasi ini bergantung pada gangguan-gangguan yang dapat dialami suatu aliran yang mempengaruhi gerak partikel-partikel fluida tersebut. Apabila aliran mempunyai kecepatan relatif rendah atau fluidanya sangat *viscous*, gangguan yang mungkin dialami medan aliran akibat getaran, ketidakteraturan permukaan batas dan sebagainya, relatif lebih cepat teredam oleh viskositas fluida dan aliran fluida tersebut disebut dengan aliran laminar. Saat gangguan yang timbul semakin besar hingga mencapai kondisi peralihan (*transition state*) pada kecepatan aliran yang bertambah besar atau efek viskositas yang mulai berkurang. Terlampauinya kondisi peralihan menyebabkan sebagian gangguan tersebut menjadi semakin kuat, dimana partikel bergerak fluktuatif atau acak dan terjadi percampuran gerak partikel antara lapisan-lapisan yang berbatas atau disebut dengan aliran turbulen.

Perbedaan mendasar antara aliran laminar dan turbulen adalah gerak olakan atau ketidakteraturan pada aliran turbulen jauh lebih efektif dalam pengangkutan massa serta momentum fluida dibandingkan gerak molekuler. Kondisi aliran laminar dan turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds.

2.6. Bilangan Reynold

Kondisi aliran laminar atau turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds untuk aliran *incompressible*. Bilangan Reynold adalah suatu bilangan tak berdimensi yang merupakan perbandingan antara gaya inersia terhadap tegangan geser yang ditimbulkan aliran fluida. Adapun penurunan rumus dari bilangan Reynold untuk aliran luar (*eksternal flow*) (Kestin J, 1978) adalah sebagai berikut:

$$\text{Re} = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Gaya geser}}$$

dimana:

$$\text{Gaya inersia} = \rho \times A = \rho \cdot U^2 \cdot L^2$$

$$\text{Gaya geser} = \tau \times A = \left(\frac{\mu \cdot U}{L}\right) \cdot L^2$$

sehingga,

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot U^2 \cdot L^2}{\left(\frac{\mu \cdot U}{L}\right) \cdot L^2}$$

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot U \cdot L}{\mu}$$

dimana:

U = Kecepatan aliran fluida (m/s)

L = Panjang karakteristik (m)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

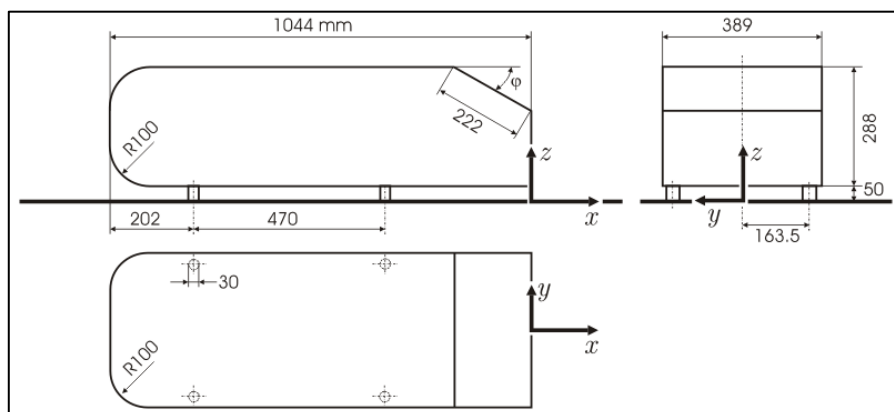
μ = Viskositas dinamis fluida (N.s/m²)

Bilangan Reynolds sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida dan kekentalan fluida. Berikut batasan bilangan Reynolds untuk aliran eksternal:

Turbulen	: $Re > 1000000$
Laminar	: $Re < 500000$
Transisi	: $500000 < Re < 1000000$

2.7. Model *Bluff Body* Kendaraan

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.



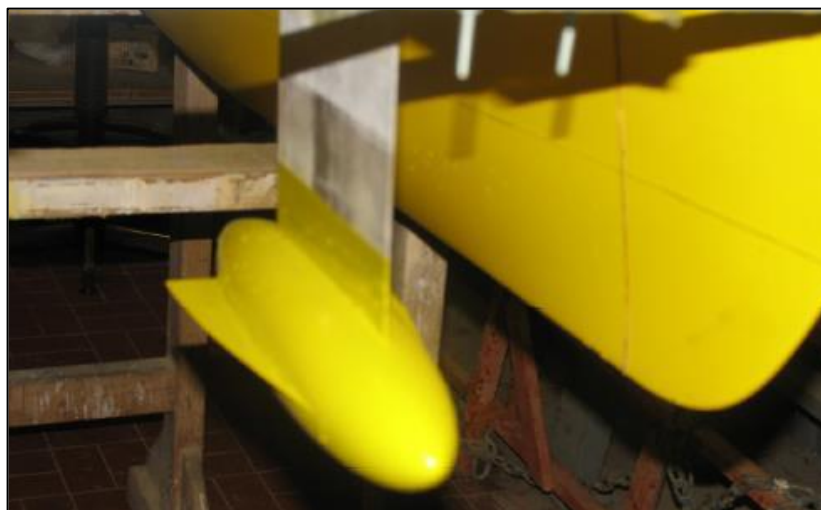
Gambar 2.4. Model *body* Ahmed (Ahmed et al., 1984).

Modifikasi model Ahmed body original dengan memberikan sudut kemiringan 25° dan 35° terhadap bidang horisontal pada bagian belakang melalui pendekatan numerik dan eksperimen memberikan hasil penurunan hambatan aerodinamika

(Daniel Krentel et al., 2010). Sementara, penelitian secara eksperimen tentang aerodinamika kendaraan jenis bluff body dengan menggunakan particles image velocimetry (PIV) dan oil visuialization telah dilakukan oleh Conan B., et al. (2011).

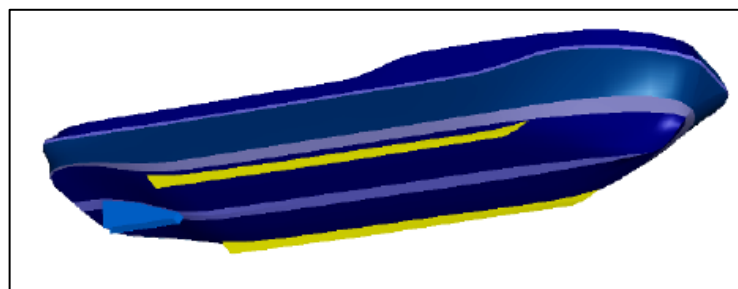
2.8. *Fin*

Dua buah *fin* berbentuk pipih memanjang diaplikasikan pada *centerbulb* memiliki pengaruh pada hambatan dan *vertical motion* pada kapal katamaran. Katamaran adalah tipe kapal yang memiliki dua buah lambung (*demihulls*) yang dihubungkan oleh suatu konstruksi sehingga menjadi sebuah kesatuan sebagai satu kapal. Hasil penelitian menunjukkan nilai *heave motion* dan *pitch motion* lebih baik pada semua varisi kecepatan yang dilakukan dalam pengujian serta nilai koefisien hambatan sisa yang lebih kecil dibandingkan tanpa pengaplikasian *fin* pada *centerbulb* (Zotti, 2007).



Gambar 2.5. 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 2.6. Ilustrasi penempatan *fins* pada area bawah lambung kapal (Wishnu Willy Permata et al, 2013).