

SKRIPSI
PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *BLOWING*
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA
MODEL KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

SYAMSU RIJAL S.AMIN
D21115034



DEPARTEMEN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *BLOWING*
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA
MODEL KENDARAAN**

Disusun dan diajukan oleh

SYAMSU RIJAL S.AMIN

D21115034

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

**DEPARTEMEN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *BLOWING* TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

SYAMSU RIJAL S.AMIN

D21115034

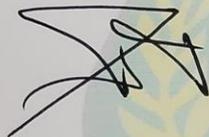
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 12 Juli 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

—



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

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


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

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Syamsu Rijal S.Amin

NIM : D21115034

Departemen : Teknik Mesin

Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* DAN *BLOWING* TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA 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, 26 Juni 2022

Yang membuat Pernyataan,



Syamsu Rijal S.Amin

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

Nama lengkap : Syamsu Rijal S.Amin
Nama Panggilan : Rijal
Tempat / Tanggal Lahir : Ujung Pandang, 20 Agustus 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Golongan Darah : A
Alamat : Jl. Sibula Dalam No.16D
Telepon / No. HP : 0821 9044 3770
E-mail : syamsurijalsamin@gmail.com



RIWAYAT PENDIDIKAN

- SD Inpres Bertingkat Layang (2003-2009)
- MTs An-nahdlah Sudiang (2009-2012)
- SMA Negeri 06 Makassar (2012-2015)
- Universitas Hasanuddin (2015-2022)

RIWAYAT ORGANISASI

- MAPALA 09 SMFT-UH
- OKFT-UH
- HMM FT-UH

ABSTRACT

Syamsu Rijal S.amin, *Effects of the additions of fin and blowing on aerodynamic drags of vehicle model* (supervised by Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T., and Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.).

The research is located at the Faculty of Engineering, Hasanuddin University, precisely in the fluid mechanics laboratory of the Mechanical Engineering department. This study aims to analyze the effect of passive control in the form of fin and active control in the form of *blowing* on flow characteristics, pressure distribution and aerodynamic resistance in vehicle models. The object of this research is the Ahmed body which has modified the flow direction and the slope of the face geometry is 25° . The research was carried out using two approaches, namely a computational approach using the Computational Fluid Dynamics (CFD) program and an experimental approach using a Subsonic wind tunnel available in the fluid mechanics laboratory of the Mechanical Engineering department. For the computational approach, data are obtained in the form of flow characteristics, pressure coefficient (CP), and drag coefficient (CD). However, the experimental approach is only focused on validating the drag coefficient using load cell devices. There are three types of fins used and three variations of *blowing* speed, namely 0.5 m/s, 1.0 m/s, and 1.5 m/s. For active control in the form of *blowing* using a blower. The *upstream* velocities are 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s, 22.2 m/s. The results showed that the addition of passive control in the form of fins and active control in the form of *blowing* could delay flow separation and reduce turbulence at the back of the test model. The minimum pressure coefficient value can be increased and reduce the drag coefficient value with the highest reduction of 16.194% for the computational approach and 17.319% for the experimental approach.

Keywords: *fin, blowing, aerodynamic drag*

ABSTRAK

Syamsu Rijal S.Amin, *Pengaruh penambahan fin dan blowing terhadap hambatan aerodinamika pada model kendaraan* (dibimbing oleh Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T., dan Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.).

Penelitian berlokasi di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tepatnya di laboratorium mekanika fluida departemen Teknik Mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan kontrol aktif berupa *blowing* terhadap karakteristik aliran, distribusi tekanan dan hambatan aerodinamika pada model kendaraan. Objek penelitian ini adalah Ahmed body yang telah dimodifikasi arah aliran serta kemiringan geometri muka 25°. 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 departemen Teknik Mesin. 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 kecepatan *blowing* yaitu 0.5 m/s, 1.0 m/s, dan 1.5 m/s. Untuk kontrol aktif berupa *blowing* menggunakan perangkat *blower*. 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 kontrol aktif berupa *blowing* dapat menunda separasi aliran dan memperkecil olakan pada bagian belakang model uji. Nilai koefisien tekanan minimum mampu ditingkatkan dan mengurangi nilai koefisien *drag* dengan reduksi tertinggi sebesar 16.194% untuk pendekatan komputasi dan 17.319% untuk pendekatan eksperimental.

Kata kunci : *fin*, *blowing*, hambatan aerodinamika

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur sebesar-besarnya peneliti panjatkan ke-hadirat Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah memberikan banyak nikmat, taufik dan hidayah, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir penelitian yang berjudul ***“Pengaruh Penambahan Fin Dan Blowing Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan”*** dengan berbagai hambatan dan tantangan yang dilalui.

Selain itu, penulis sebagai manusia biasa menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan naskah tugas akhir ini, baik dari segi tata bahasa, susunan kalimat, maupun isi. Oleh sebab itu dengan segala kerendahan hati, saya selaku penyusun menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Tak lupa pula Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. atas semua berkat karunia serta pertolongan-Nya yang telah diberikan kepada penulis disetiap langkah dalam penelitian hingga penulisan tugas akhir ini.
2. Kepada kedua orang tua (Muhammad Amin Syam & Suryana Daud) serta saudara saya yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan berupa do'a dan semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T, selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT. selaku pembimbing kedua atas segala petunjuk dan masukannya terhadap penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT dan Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT selaku penguji yang telah memberikan masukan kritik dan saran dalam penulisan tugas akhir ini.

7. Bapak dan ibu dosen serta staf Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Keluarga Sakinah MAPALA 09 SMFT-UH, yang telah menjadi tempat bermain dan belajar. Dan sebagai tempat paling berharga dan berjasa untuk memberikan pembelajaran hidup kedepan bagi saya
9. OKFT-UH dan HMM FT-UH sebagai salah satu organisasi penunjang.
10. Kepada saudara-saudara seperjuangan, *HYDRAULIC*'15 yang selalu ada dalam suka dan duka mulai dari semester 1 hingga sampai tahap akhir penulis, semoga dipermudah segala urusannya dan cepat mendapatkan gelar sarjananya.
11. Semua pihak yang telah berpartisipasi memberikan do'a dan dukungan namun tidak bisa disebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab peneliti dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Makassar, 06 Juli 2022

Penulis,

Syamsu Rijal S.Amin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lapisan Batas	5
2.2 Separasi Aliran.....	8
2.3 Medan Tekanan.....	9
2.4 <i>Drag</i> Aerodinamika	10
2.5 Modus Kontrol Aliran.....	13
2.6 Fin	14
2.7 Kontrol aktif.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Objek Penelitian.....	16
3.3 Pendekatan Komputasi.....	18
3.4 Pendekatan Ekperimental.....	22
3.5 Diagram Alir Penelitian	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Karakteristik Aliran	26
4.2. Koefisien Tekanan (C_p).....	43
4.3. Koefisien Drag	126
4.4. Perbandingan Nilai Koefisien <i>Drag</i> (C_D) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimental	137
BAB V PENUTUP.....	150
5.1 Kesimpulan	150
5.2 Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	152
DOKUMENTASI	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik aliran tunak viskos melewati sebuah silinder bundar:(a) aliran dengan bilangan Reynolds rendah, (b) bilangan dengan bilangan Reynolds sedang, (c) aliran dengan bilangan Reynolds besar. (Munson, 2002).....	5
Gambar 2. 2 Distorsidari partikel fluida ketika mengalir di dalam lapisan batas. 6	6
Gambar 2. 3 Karakteristik lapisan batas pada silinder bundar: (a) lokasi separasi lapisan batas, (b) profil kecepatan lapisan batas pada umumnya di berbagai lokasi pada silinder (c) distribusi tekanan permukaan untuk aliran inviscid dan aliran batas.	7
Gambar 2. 4 Separasi aliran pada benda tegak.....	9
Gambar 2. 5 Koefisien drag untuk elips dengan luas karakteristik berupa Luas frontal, $A = bd$ atau luas planform, $A= b l$ (Munson, 2002).	12
Gambar 2. 6 Dua benda yang ukurannya sangat jauh berbeda namun Memiliki gaya drag yang sama : (a) silinder bundar $C_D = 1.2$; (b) strutstreamlined, $C_D = 0.12$. (Munson, 2002.).....	12
Gambar 3. 1 Model uji dengan kemiringan 25°	16
Gambar 3. 2. Dimensi model fin 1	17
Gambar 3. 3 Dimensi model fin 2	17
Gambar 3. 4 Dimensi model fin 3	17
Gambar 3. 5 Penggunaan kontrol pasif berupa konfigurasi sejajar pada model uji	18
Gambar 3. 6 Lokasi pengambilan data medan tekanan	21
Gambar 3. 7 Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif	22
Gambar 3. 8 Wind Tunnel	23
Gambar 3. 9 Sketsa Penempatan Model Uji pada Load Cell dan Kalibrasi.....	24
Gambar 3. 10 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan upstream	27
Gambar 4. 2 Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 1 dan blowing $U_{sc} = 0.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	29
Gambar 4. 3 Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 1 dan blowing $U_{bl} = 1.0$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	31
Gambar 4. 4 Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 1 dan blowing $U_{bl} = 1.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	32
Gambar 4. 5 Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 2 dan blowing $U_{bl} = 0.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	34
Gambar 4. 6 Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 2 dan blowing $U_{bl} = 1.0$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	36

Gambar 4. 7	Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 2 dan blowing $U_{bl} = 1.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	37
Gambar 4. 8	Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 3 dan blowing $U_{bl} = 0.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	39
Gambar 4. 9	Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 3 dan blowing $U_{bl} = 1.0$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	41
Gambar 4. 10	Karakteristik aliran untuk model uji dengan fin 3 dan blowing $U_{bl} = 1.5$ m/s dengan variasi kecepatan upstream	42
Gambar 4. 11	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan upstream	48
Gambar 4. 12	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan upstream.....	55
Gambar 4. 13	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	60
Gambar 4. 14	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	61
Gambar 4. 15	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan variasi kecepatan upstream.....	66
Gambar 4. 16	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream	71
Gambar 4. 17	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	72
Gambar 4. 18	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	77
Gambar 4. 19	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	78
Gambar 4. 20	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	83
Gambar 4. 21	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	84
Gambar 4. 22	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	89
Gambar 4. 23	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream	94

Gambar 4. 24	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	95
Gambar 4. 25	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	100
Gambar 4. 26	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	101
Gambar 4. 27	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	106
Gambar 4. 28	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	107
Gambar 4. 29	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan variasi kecepatan upstream.....	112
Gambar 4. 30	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream	117
Gambar 4. 31	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	118
Gambar 4. 32	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream	123
Gambar 4. 33	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dan model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_o = 22.2$ m/s	124
Gambar 4. 34	Nilai koefisien drag model uji tanpa control	127
Gambar 4. 35	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 1 dan blowing dengan komputasi.....	128
Gambar 4. 36	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 2 dan blowing dengan komputasi.....	129
Gambar 4. 37	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 3 dan blowing dengan komputasi.....	130
Gambar 4. 38	Nilai koefisien drag model uji tanpa control	132
Gambar 4. 39	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 1 dan blowing dengan eksperimen.....	133

Gambar 4. 40	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 2 dan blowing dengan eksperimen.....	135
Gambar 4. 41	Hubungan nilai koefisien drag terhadap kecepatan upstream antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan fin 3 dan blowing dengan eksperimen.....	136
Gambar 4. 42	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan upstream	138
Gambar 4. 43	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	139
Gambar 4. 44	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	140
Gambar 4. 45	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	141
Gambar 4. 46	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	142
Gambar 4. 47	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	143
Gambar 4. 48	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	144
Gambar 4. 49	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	145
Gambar 4. 50	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	146
Gambar 4. 51	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan variasi kecepatan upstream.....	147

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kondisibatas model kendaraan.....	19
Tabel 4. 1 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol	44
Tabel 4. 2 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{01} = 11.1$ m/s	44
Tabel 4. 3 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{02} = 13.9$ m/s	45
Tabel 4. 4 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{03} = 16.7$ m/s	45
Tabel 4. 5 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{04} = 19.4$ m/s	45
Tabel 4. 6 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{05} = 22.2$ m/s	46
Tabel 4. 7 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol	50
Tabel 4. 8 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{01} = 11.1$ m/s.....	50
Tabel 4. 9 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{02} = 13.9$ m/s.....	51
Tabel 4. 10 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{03} = 16.7$ m/s.....	51
Tabel 4. 11 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{04} = 19.4$ m/s.....	52
Tabel 4. 12 Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan kecepatan upstream, $U_{04} = 22.2$ m/s.....	52
Tabel 4. 13 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing $U_{sc} = 0.5$ m/s.....	56
Tabel 4. 14 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream, $U_{01} = 11.1$ m/s	56
Tabel 4. 15 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream, $U_{02} = 13.9$ m/s.....	57
Tabel 4. 16 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream, $U_{03} = 16.7$ m/s	57
Tabel 4. 17 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream, $U_{04} = 19.4$ m/s.....	57
Tabel 4. 18 Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream, $U_{05} = 22.2$ m/s.....	58

Tabel 4. 19	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing.....	62
Tabel 4. 20	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan kecepatan upstream, $U_{01} = 11.1$ m/s.....	62
Tabel 4. 21	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan kecepatan upstream, $U_{02} = 13.9$ m/s.....	63
Tabel 4. 22	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan kecepatan upstream, $U_{03} = 16.7$ m/s.....	63
Tabel 4. 23	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan kecepatan upstream, $U_{04} = 19.4$ m/s.....	63
Tabel 4. 24	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 1 dan blowing dengan kecepatan upstream, $U_{05} = 22.2$ m/s.....	64
Tabel 4. 25	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s.....	67
Tabel 4. 26	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s.....	67
Tabel 4. 27	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s.....	68
Tabel 4. 28	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s.....	68
Tabel 4. 29	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s.....	69
Tabel 4. 30	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s.....	69
Tabel 4. 31	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s.....	73
Tabel 4. 32	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s.....	73
Tabel 4. 33	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s.....	74
Tabel 4. 34	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s.....	74
Tabel 4. 35	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s.....	74
Tabel 4. 36	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 1 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s.....	75
Tabel 4. 37	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s.....	79
Tabel 4. 38	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s.....	80
Tabel 4. 39	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s.....	80

Tabel 4. 40	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	80
Tabel 4. 41	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	81
Tabel 4. 42	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	81
Tabel 4. 43	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing 0.5 m/s.....	85
Tabel 4. 44	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s.....	85
Tabel 4. 45	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s.....	86
Tabel 4. 46	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s.....	86
Tabel 4. 47	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s.....	86
Tabel 4. 48	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 2 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s.....	87
Tabel 4. 49	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s	90
Tabel 4. 50	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	91
Tabel 4. 51	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	91
Tabel 4. 52	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	91
Tabel 4. 53	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	92
Tabel 4. 54	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	92
Tabel 4. 55	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s	96
Tabel 4. 56	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	96
Tabel 4. 57	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	97
Tabel 4. 58	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	97
Tabel 4. 59	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	97
Tabel 4. 60	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 2 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	98

Tabel 4. 61	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s	102
Tabel 4. 62	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	103
Tabel 4. 63	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	103
Tabel 4. 64	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	103
Tabel 4. 65	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	104
Tabel 4. 66	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 0.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	104
Tabel 4. 67	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing	108
Tabel 4. 68	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	108
Tabel 4. 69	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	109
Tabel 4. 70	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	109
Tabel 4. 71	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	109
Tabel 4. 72	Nilai koefisien tekanan pada bagian atas model uji dengan fin 3 dan blowing dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	110
Tabel 4. 73	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s	113
Tabel 4. 74	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	114
Tabel 4. 75	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	114
Tabel 4. 76	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	114
Tabel 4. 77	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	115
Tabel 4. 78	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.0 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	115
Tabel 4. 79	Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s	119
Tabel 4. 80	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{01} = 11.1$ m/s	119
Tabel 4. 81	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{02} = 13.9$ m/s	120

Tabel 4. 82	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{03} = 16.7$ m/s	120
Tabel 4. 83	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{04} = 19.4$ m/s	120
Tabel 4. 84	Nilai koefisien tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin 3 dan blowing 1.5 m/s dengan kecepatan upstream $U_{05} = 22.2$ m/s	121
Tabel 4. 85	Nilai koefisien drag pada model uji tanpa kontrol	126
Tabel 4. 86	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 1 dan blowing.....	127
Tabel 4. 87	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 2 dan blowing.....	129
Tabel 4. 88	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 3 dan blowing.....	130
Tabel 4. 89	Nilai koefisien drag pada model uji tanpa kontrol	132
Tabel 4. 90	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 1 dan blowing.....	133
Tabel 4. 91	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 2 dan blowing.....	134
Tabel 4. 92	Nilai koefisien drag pada model uji dengan fin 3 dan blowing.....	136
Tabel 4. 93	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol	137
Tabel 4. 94	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 1 dan blowing 0.5 m/s	139
Tabel 4. 95	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 1 dan blowing 1.0 m/s	140
Tabel 4. 96	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 1 dan blowing 1.5 m/s	141
Tabel 4. 97	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 2 dan blowing 0.5 m/s	142
Tabel 4. 98	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 2 dan blowing 1.0 m/s	143
Tabel 4. 99	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 2 dan blowing 1.5 m/s	144
Tabel 4. 100	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 3 dan blowing 0.5 m/s	145
Tabel 4. 101	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 3 dan blowing 1.0 m/s	146
Tabel 4. 102	Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimental untuk model uji fin 3 dan blowing 1.5 m/s	147

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan adalah suatu alat transportasi yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Kendaraan terbagi atas beberapa jenis seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, hingga kendaraan yang digunakan untuk olahraga atau balapan. Kendaraan terdiri dari berbagai komponen didalamnya, beberapa komponen utamanya terdiri dari penggerak atau mesin, *frame* atau 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 meminimalisir kerugian akibat gaya tahan yang diterima oleh kendaraan tersebut.

Pada umumnya yang mempengaruhi laju kendaraan adalah gaya tahanan (*drag*) dan gaya angkat (*lift*). Gaya tahanan merupakan tahanan yang diberikan oleh fluida yang mengalir terhadap suatu objek dalam arah parallel terhadap aliran tersebut. Sedangkan gaya angkat adalah komponen dari tekanan dan gaya geser dinding dalam arah tegak lurus terhadap aliran.

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° .

Kontrol aliran pada *bluff body* dengan tujuan untuk mengurangi *drag* dan kebisingan merupakan salah satu isu utama dalam aerodinamis. Perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang *bluff body* merupakan kontributor utama untuk keseluruhan *drag*, perbedaan ini terutama disebabkan oleh separasi aliran pada bagian belakang *body*. (Hucho, 2002)

Dalam lingkup akademik dan laboratorium industri, metode kontrol aktif telah dan masih dikembangkan dengan metode komputasi maupun eksperimen, dan hasil yang signifikan telah diperoleh pada kerangka akademik (Gad-El-Hak, 1996). Kontrol aktif hisapan (*blowing*) yang diletakkan pada bagian atas dari jendela belakang (*rear window*) mampu menghilangkan separasi pada geometri mobil *fastback* yang disederhanakan dimana pengurangan *drag* aerodinamis diperoleh 17% (Roumeas et al, 2009). Kontrol aktif aliran berupa *continuous blowing* yang ditempatkan pada bagian belakang dari *generic squareback bluff body* memberikan pengurangan *drag* sebesar 20% (Roumeas et al, 2009). Hal serupa juga dilakukan Bruneau C.H. et al (2009), dimana kontrol aktif aliran yang digunakan adalah tiga kombinasi penempatan blowing dan blowing pada bagian belakang dari Ahmed model, dimana menghasilkan pengurangan drag terbaik sebesar 13%. Demikian pula penelitian secara numerik yang dilakukan oleh Kourta and Gillieron (2009) dengan menggunakan kontrol aktif *synthetic jet* yang ditempatkan pada bagian atas jendela belakang Ahmed model dimana pengurangan drag yang diperoleh sebesar 13%.

Dalam mengurangi hambatan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pendekatan utama, yaitu dengan metode kontrol pasif atau dengan metode kontrol aktif. Dengan menggunakan metode kontrol pasif, Yosafat Nugraha Putra et al. (2017). Para ahli otomotif sudah membuktikan bahwa ada kaitan antara

pertimbangan tahanan aerodinamik kendaraan mobil dengan konservasi energi. Daya keluaran mesin yang didapatkan melalui proses pembakaran dari masukan energi (antara lain bahan bakar) sebagian besar dipakai untuk mengatasi tahanan jalan raya, gesekan (jalan dan mekanis) dan tahanan aerodinamik. Salah satu faktor aerodinamik yang saat ini sangat diperhatikan dalam rangka penghematan bahan bakar dan estetika adalah tahanan aerodinamik.

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

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik aliran udara pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*?
2. Bagaimana nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*?
3. Bagaimana nilai koefisien *drag* pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*?
4. Bagaimana perbandingan hasil yang diperoleh dengan pendekatan komputasi dan eksperimen?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis karakteristik aliran udara pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*.
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*.
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* pada model kendaraan tanpa *fin* dan *blowing* dan dengan menggunakan *fin* dan *blowing*.
4. Membandingkan hasil yang diperoleh dengan pendekatan komputasi dan eksperimen.

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 dihilu.
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 25° terhadap sumbu horizontal.
4. Kecepatan aliran *upstream* 11.1 m/s (40 km/jam), 13.9 m/s (50 km/jam), 16.7 m/s (60 km/jam), 19.4 m/s (70 km/jam), dan 22.2 m/s (80 km/jam).
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *fin*.
6. Kontrol aktif yang digunakan adalah *blowing* dengan kecepatan 0.5 m/s, 1.0 m/s, dan 1.5 m/s.

1.5. Manfaat Penelitian

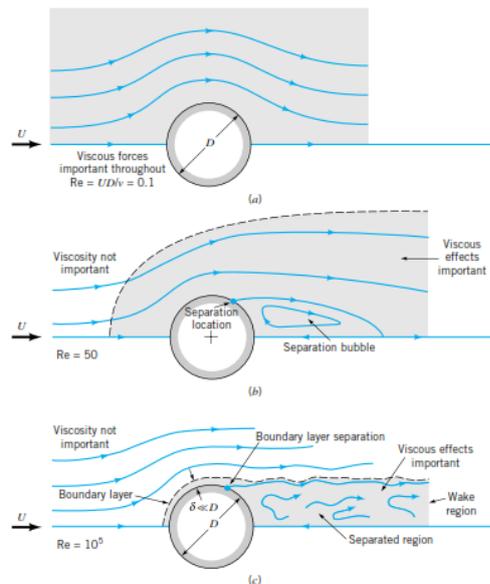
Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis
Menambah pengetahuan baru mengenai pengaruh *fin* dan *blowing* terhadap hambatan aerodinamis pada model kendaraan.
2. Bagi akademik
Sebagai bahan referensi dalam melakukan percobaan atau pengujian yang berhubungan dengan penggunaan *fin* dan *blowing* pada model kendaraan.
3. Bagi industri
Memberi masukan serta referensi kepada pihak industri otomotif mengenai pengaruh *fin* dan *blowing* dalam memproduksi kendaraan ramah lingkungan serta efisien.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lapisan Batas

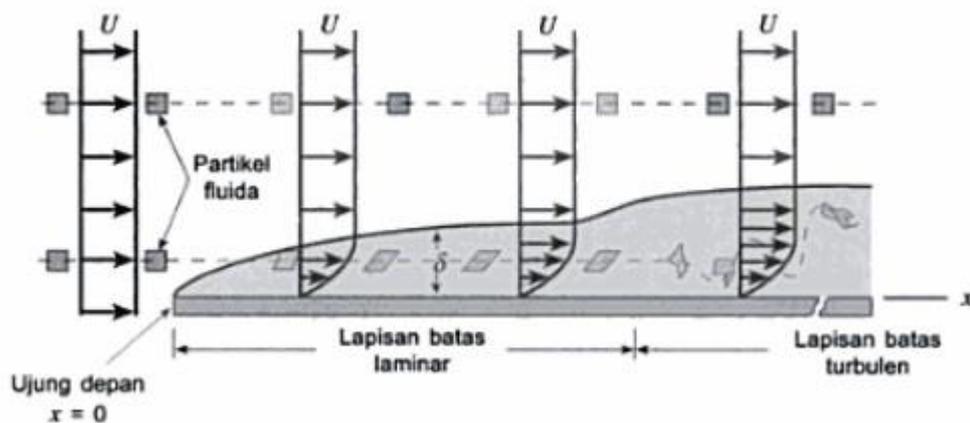
Lapisan batas adalah sebuah daerah tipis di permukaan suatu benda dimana efek-efek viskos sangat penting dan diluarnya fluida berperilaku seakan-akan inviscid. Jelas bahwa viskositas fluida actual adalah sama seluruhnya, hanya saja arti penting relative dari efek viskos (karena gradien kecepatan) benda didalam atau diluar lapisan batas ini, dengan menggunakan hipotesis seperti itu, dimungkinkan untuk menyederhanakan analisis dari aliran dengan bilangan Reynolds yang besar sehingga kita dapat menyelesaikan persoalan aliran luar, aliran melewati benda yang tumpul juga bervariasi sesuai bilangan Reynolds dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Karakteristik aliran tunak viskos melewati sebuah silinder bundar: (a) aliran dengan bilangan Reynolds rendah, (b) bilangan dengan bilangan Reynolds sedang, (c) aliran dengan bilangan Reynolds besar. (Munson, 2002).

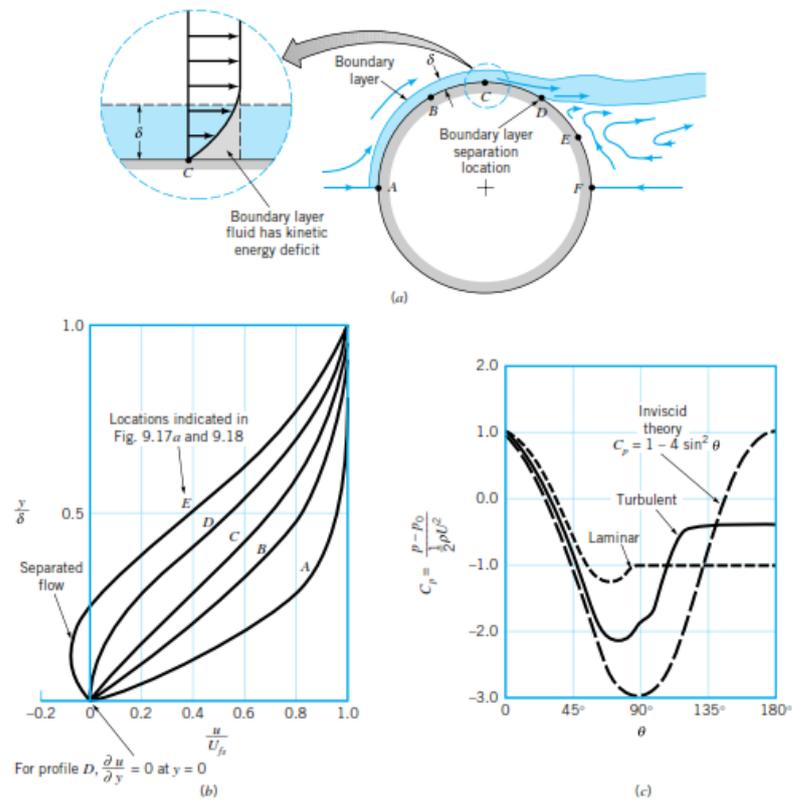
Terdapat banyak ragam ukuran sebuah lapisan batas dan struktur dari aliran didalamnya. Sebagian dari variasi ini disebabkan oleh bentuk benda di mana lapisan batas tersebut terbentuk. Situasi dimana lapisan batas terbentuk pada sebuah pelat datar dengan panjang tak terhingga yang disepanjangnya mengalir suatu fluida viskos, tak mampu-mampat seperti yang di tunjukkan pada Gambar 2.2. Jika permukaannya melengkung (misalnya sebuah silinder bundar atau airfoil), struktur lapisan batas akan lebih rumit.

Jika bilangan Reynolds cukup besar, hanya fluida di dalam lapisan batas relative tipis pada pelat yang akan merasakan efek dari pelat. Artinya kecuali di daerah dekat pelat, kecepatan aliran pada dasarnya akan sebesar $V = U$, yaitu kecepatan hulu. Untuk pelat datar dengan panjang tak terhingga yang membentang dari $x = 0$ sampai $x = \infty$, tidaklah jelas bagaimana mendefinisikan bilangan Reynolds karena tidak ada panjang karakteristik. Pelat tidak memiliki ketebalan dan panjangnya tidak terbatas



Gambar 2. 2 Distorsi dari partikel fluida ketika mengalir di dalam lapisan batas.

Tinjauan sebuah partikel fluida di dalam lapisan batas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 dalam upaya mengalir dari A ke F , fluida tersebut mengalami distribusi tekanan yang sama seperti partikel di dalam aliran bebas tepat diluar lapisan batas tekanan medan aliran inviscid. Namun demikian, karena efek viskos terlibat, partikel di dalam lapisan batas mengalami kehilangan energy selama fluida tersebut mengalir. Kehilangan ini berarti bahwa partikel tersebut tidak lagi memiliki cukup energy untuk melintasi seluruh bukit tekanan (dari C ke F) dan mencapai titik F di bagian belakang silinder. Kekurangan energy kinetic ini terlihat dalam rincian profil kecepatan pada titik C , karena gesekan, fluida lapisan batas tidak dapat bergeser dari depan ke belakang silinder.



Gambar 2. 3 Karakteristik lapisan batas pada silinder bundar: (a) lokasi separasi lapisan batas, (b) profil kecepatan lapisan batas pada umumnya di berbagai lokasi pada silinder (c) distribusi tekanan permukaan untuk aliran inviscid dan aliran batas.

Tidak mungkin bagi pengendara untuk mencapai ketinggian yang sama dengan tepat di mana di mulai tanpa adanya tambahan energi (yaitu dengan mengayuh pedal). Fluida didalam lapisan batas tidak memiliki suplai energi seperti itu. Jadi, fluida mengalir melawan tekanan yang meningkat sejauh fluida tersebut mampu, sampai pada suatu titik dimana lapisan batas terpisah (terangkat) dari permukaannya.

2.2 Separasi Aliran

Separasi adalah 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). Perbedaan tekanan ini menimbulkan fenomena hisapan kearah belakang akibat aliran balik yang terjadi pada bagian belakang kendaraan (Hilleman, 2007). Semakin cepat separasi aliran terjadi, maka pembentukan wake dan vortex dibagian belakang kendaraan akan semakin besar. Hal ini berdampak pada pengurangan kecepatan kendaraan, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan mengarah pada efisiensi kinerja kendaraan yang semakin rendah (Ragavan et al, 2014).

Pada gambar dibawah jelas menunjukan skema terjadinya separasi aliran pada benda tegak. Adanya separasi aliran merupakan bentuk efek dari viskositas fluida (Munson, 2002). Karena 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.

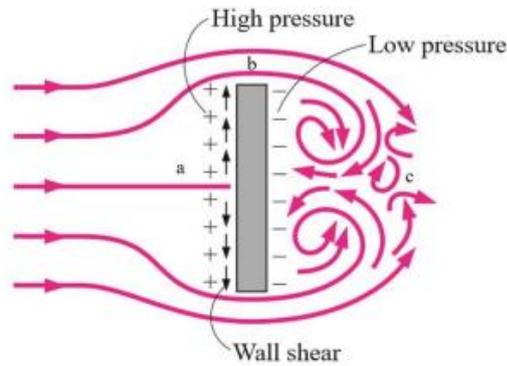


Figure 1

Gambar 2. 4 Separasi aliran pada benda tegak

2.3 Medan Tekanan

Drag tekanan adalah komponen terbesar yang memberikan pengaruh terhadap total *drag* pada kendaraan yang diakibatkan oleh separasi aliran yang terjadi di daerah belakang kendaraan. Semakin cepat separasi aliran terjadi maka akan mengakibatkan penurunan distribusi tekanan pada dinding belakang kendaraan. Penurunan distribusi tekanan pada jendela belakang dan permukaan kendaraan berkontribusi 90% dari total hambatan dan 80%-nya terjadi pada bagian belakang kendaraan (Kourta & Gilieron, 2009). *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 pelat 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 gayatekanan pada pelat datar yang tegak lurus aliran menyebabkan *drag* secara

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

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho U^2} \quad (2.1)$$

Dimana:

C_p = Koefisien tekanan

P = Tekanan (Pa)

P_0 = Tekanan *upstream*

ρ = Densitas fluida (kg/m^3)

U = Kecepatan (m/s)

Besarnya tekanan acuan tidak mempengaruhi *drag* secara langsung karena total gaya tekanan pada benda adalah nol jika tekanan konstan pada seluruh permukaan. Jika viskositas nol, *drag* tekanan pada setiap benda berbentuk apapun (simetris atau tidak) dalam aliran tunak akan bernilai nol. Namun jika viskositasnya tidak nol, total *drag* tekanan mungkin tidak nol karena separasi lapisan batas (Munson, 2002).

2.4 Drag Aerodinamika

Drag adalah besaran gaya yang bergerak di atas sebuah objek yang memiliki posisi sejajar dengan aliran bebas. *Drag* pada suatu benda di akibatkan oleh dua hal yaitu gesekan antara fluida dengan permukaan benda dan benda tekanan. *Drag* karena gesekan disebut hambatan gesek (*friction drag*) yang tergantung pada besar permukaan yang bersentuhan dengan fluida, tegangan geser, viskositas, gradien kecepatan, kekasaran permukaan dan *streamline body*. Sedangkan *drag* dengan benda tekan disebut *form drag* tergantung pada bentuk, ukuran, distribusi tekanan, *wake* (olakan), bilangan *Reynolds* dan model uji dari benda yang dikenakan aliran.

Gaya *drag* (hambatan) diekpresikan sebagai hasil perkalian dari koefisien *drag*, tekanan dinamis arus bebas dan luas karakteristik yang dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut. (Munson, 2002), *Drag* dirumuskan sebagai berikut :

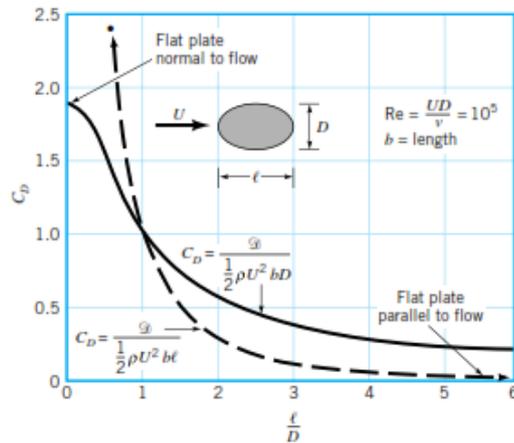
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \quad (2.2)$$

Dimana:

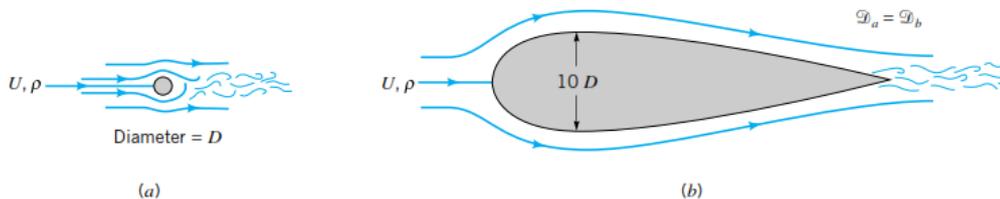
- F_D = gayadrag (N)
- ρ = massa jenis udara (kg/m³)
- U = kecepatan aliran udara (m/s)
- A = luas daerah yang mengalami gesekan (m²)

Jelas bahwa koefisien *drag* untuk berbagai benda tergantung pada bentuk dari benda tersebut, dengan bentuk yang berkisar mulai dari benda yang *streamlined* sampai benda yang tumpul. *Drag* pada elips dengan akpek rasio L/D , dimana D dan L adalah ketebalan dan panjang yang sejajar dengan aliran, mengilustrasikan ketergantungan ini. Koefisien *drag* $C_D = D / (\rho U^2 bd/2)$, berdasarkan luas frontal, $A = bd$, dimana b adalah panjang normal terhadap aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 semakin tumpul benda maka semakin besar pula koefisien *drag*.

Bayaknyabagian yang di buat *strimeline* dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap *drag*. Sulit di percaya bahwa *drag* pada kedua benda dua - dimensi yang pada Gambar 2.6sama. Lebar dari olakan untuk strut *streamlined* sangat tipis, dalam orde yang sama seperti yang dihasilkan oleh silinder bundar yang berdiameter jauh lebih kecil.



Gambar 2. 5 Koefisien drag untuk elips dengan luas karakteristik berupa Luas frontal, $A = bd$ atau luas planform, $A = b l$ (Munson, 2002).



Gambar 2. 6 Dua benda yang ukurannya sangat jauh berbeda namun Memiliki gaya drag yang sama : (a) silinder bundar $C_D = 1.2$; (b) strutstreamlined, $C_D = 0.12$. (Munson, 2002.)

Parameter yang lain dapat membuat koefisien *drag* sangat tergantung padanya adalah bilangan Reynolds. Kategori utama dari ketergantungan bilangan Reynolds adalah (1). Aliran dengan bilangan Reynolds yang sangat kecil, (2). Aliran dengan bilangan Reynolds sedang (lapisan batas laminar) dan (3). Aliran dengan bilangan Reynolds sangat besar (lapisan batas turbulen).

Aliran dengan bilangan Reynolds rendah ($Re < 1$) diatur oleh kesetimbangan antara gaya-gaya viskos dan gaya tekanan. Efek-efek inersia sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Dalam hal demikian, *drag* diperkirakan adalah sebuah fungsi dari kecepatan hulu U , ukuran benda, L , dan viskositas, μ .

Nilai yang umum C_D pada aliran-aliran dengan bilangan Reynolds kecil yang melewati bagian benda. *Drag* pada piringan (*disk*) tegak lurus terhadap aliran hanya 1.5 kali lebih besar dari pada *drag* pada piringan yang sejajar dengan aliran. Untuk aliran dengan bilangan Reynolds besar, rasio -rasio ini sangat besar. *Streamlining* (yaitu usaha membuat benda lebih ramping) dapat memberikan pengurangan *drag* yang cukup banyak pada aliran dengan bilangan Reynolds yang besar; pada aliran dengan bilangan Reynolds kecil, hal ini dapat meningkatkan *drag* karena suatu peningkatan dalam luasan dan dimana gaya geser bekerja. Untuk kebanyakan benda, hasil-hasil untuk aliran dengan bilangan Reynolds kecil berlaku sampai dengan bilangan Reynolds sekitar 1. (Munson, 2002).

2.5 Modus Kontrol Aliran

Pengembangan kendaraan saat ini membutuhkan basis aerodinamika yang kuat untuk meningkatkan kontrol aliran baik berupa alat kontrol pasif maupun kontrol aktif. Teknik kontrol aliran yang sudah dikembangkan dapat dibedakan menjadi 4 berdasarkan konfigurasi dan tujuannya (Aider J.L, Beaudoin F.F & Wesfreid J.E, 2009) diantaranya :

1. Melakukan kontrol aliran pada titik separasi. Hal ini akan dengan mudah dilakukan jika daerah separasi terdefinisi dengan jelas seperti pada kasus *Ahmed body*.
2. Melakukan kontrol terhadap lapisan batas pada *upstream* dari daerah separasi, sehingga lokasi daerah separasi dan sifat lapisan geser dapat dimodifikasi.
3. Melakukan kontrol aliran dengan aktuasi sepanjang dinding *downstream* daerah dimana separasi terjadi. Kontrol aliran tersebut berupa tiupan (*blowing*)
4. Melakukan kontrol aliran dengan aktuasi pada region *downstream* daerah dimana separasi terjadi.

Penerapan kontrol aliran dalam upaya mengurangi *drag* aerodinamika kendaraan merupakan cara memodifikasi separasi aliran di lapisan batas dari dinding kendaraan yang berakibat pada terbentuknya olakan di sekitar kendaraan.

Sehingga pada aplikasi aerodinamika sangat dibutuhkan pengendalian terhadap aliran pada lapisan batas untuk mencegah atau menunda terjadinya separasi aliran.

2.6 Fin

Dua buah *fin* berbentuk pipih memanjang diaplikasikan pada *center bulb* 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 variasi kecepatan yang dilakukan dalam pengujian serta nilai koefisien hambatan sisa yang lebih kecil dibandingkan tanpa pengaplikasian *fin* pada *centerbulb* (Zotti, 2007).

Selain diaplikasikan pada *Centerbulb*, *Fin* juga dapat diaplikasikan 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.

2.7 Kontrol aktif

Kontrol aktif menggunakan aktuator yang membutuhkan daya dan umumnya diambil dari generator pada kendaraan. Bagian luar dari sistem ini berupa permukaan yang bergerak, lubang yang ditempatkan pada permukaan kendaraan dimana aliran harus dikontrol. Dalam pengaplikasian sistem kontrol aktif

membutuhkan energi mekanik, elektromagnetik dan listrik yang ditempatkan pada bagian berongga. Berat dan dimensinya pun harus dibuat minimal untuk menghindari penggunaan luasan yang berlebihan.

Ketika aliran fluida melewati permukaan yang memiliki kelengkungan konveks, akan terjadi perubahan distribusi tekanan yang mendorong terjadinya separasi aliran di bagian downstream setelah melalui permukaan ini akibat tekanan balik. Secara konseptual, lapisan batas yang mengalami tekanan balik ini mungkin diberikan energi tambahan atau dihilangkan dan digantikan dengan fluida berenergi tinggi sehingga memungkinkan aliran terus bergerak melawan gradien tekanan balik tanpa mengalami separasi. Konsep pemberian energi dapat dilakukan dengan tiga cara diantaranya :

1. Tiupan (*blowing*)
2. Hisapan (*suction*)
3. *Jet synthetic*.

Kontrol aliran dengan metode tiupan (*blowing*) dapat dilakukan melalui penggunaan perangkat seperti *compressor*. Secara teoritis metode tiupan dapat dilakukan secara kontinu maupun periodik yang bertujuan untuk memodifikasi lapisan batas.