

SKRIPSI

***ANALISIS PENGARUH PENERAPAN DIMPLE KONFIGURASI SEJAJAR
DAN BLOWING TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIS PADA MODEL
KENDARAAN***

Oleh :

JONATHAN TALU BERYBE

D211 16 515



DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PENERAPAN DIMPLE KONFIGURASI
SEJAJAR DAN BLOWING TERHADAP HAMBATAN
AERODINAMIS PADA MODEL KENDARAAN**

Disusun dan diajukan oleh

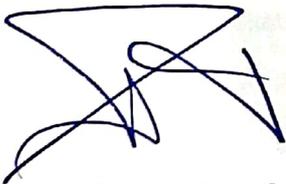
JON ATHAN TALU BERYBE

D21116515

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 : Jonathan Talu Berybe
NIM : D21116515
Program Studi : Teknik
Mesin Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***“ANALISIS PENGARUH PENERAPAN DIMPLE KONFIGURASI SEJAJAR
DAN BLOWING TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIS PADA MODEL
KENDARAAN”***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan oran 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,



Jonathan Talu Berybe

Abstrak

JONATHAN TALU BERYBE, *Analisis Pengaruh Penerapan Dimple Konfigurasi Sejajar Dan Blowing Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada 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 penelitian ini membahas tentang pengaruh *dimple* dengan konfigurasi sejajar dan *blowing* terhadap pengurangan hambatan aerodinamis pada model kendaraan. Benda uji yang menjadi 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 *load cell* dan *Sub-sonic 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, 16,7m/s, 19,4 m/s dan 22.2 m/s dan menggunakan kontrol pasif dengan *dimple* konfigurasi 1 baris sejajar dengan rasio masing-masing 0.25 dengan kecepatan *blowing* 0,5, 1,0, 1,5. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penerapan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* mampu mengurangi pembentukan olakan. Meningkatkan distribusi tekanan pada dinding bagian belakang model kendaraan dan mampu mereduksi hambatan aerodinamis tertinggi sebesar 13,78131% untuk pendekatan komputasi dan 10,843% untuk pendekatan eksperimen.

Kata kunci : CFD, Separasi aliran, Karakteristik aliran, Cp, Cd Kontrol pasif

Abstract

JONATHAN TALU BERYBE, *Analysis of the Effect of Implementing Dimple Configuration Parallel and Blowing Against Aerodynamic Barriers in Vehicle Models* (supervised by Dr. Rustan Tarakka, ST., MT and Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT)

This research was conducted in a fluid mechanics laboratory. Hasanuddin University engineering faculty. The purpose of this study is to discuss the effect of *dimple* with parallel configuration on reducing aerodynamic *Drag* on vehicle models. The test object that became the research was a modified 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 a *load cell* and *sub-sonic 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 by *Drag* utilizing a device *load cell*. The speeds *upstream* used were 11.1 m / s, 13.9 m / s, 16.7m / s, 19.4 m / s and 22.2 m / s respectively and used passive control with a *dimple* configuration of 1 line parallel to each ratio of 0.25. with *blowing* speeds of 0.5, 1.0, 1.5. The results showed that the application of *dimple in* parallel and configurations was *blowing* able to reduce the formation of pellets. Increasing the pressure distribution on the rear wall of the vehicle model and able to reduce the highest aerodynamic *Drag* by 13.78131% for the computational approach and 10.843% for the experimental approach.

Keywords: CFD, flow separation, flow characteristics, Cp, Cd passive control

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas Berkah dan Rahmat yang diberikan kepada penulis, sehingga dapat menyajikan sebuah laporan skripsi yang berjudul *“Analisis Pengaruh Penerapan Dimple Konfigurasi Sejajar Dan Blowing Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada Model Kendaraan”* dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Universitas Hasanuddin.

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

1. Kedua orang tua dan kakak-kakak tercinta, bapak Petrus Berybe dan Martina serta jenny berybe dan julyana berybe yang telah menjadi sumber semangat dan motivasi.
2. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. Selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
3. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT dan Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Yang telah memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.

5. HMM FT-UH, yang telah menjadi tempat belajar dan berkembang dikampus.
6. Jessica Tsaniyah novita, Muh. Iqbal Mubarak, dan Fuad Fauzan yang telah banyak membantu penulis.
7. Teman-teman Oktafiana, Yosep, Yonas, Tony, Anselmus, Novi, Oscar, Charlie yang telah menghibur penulis.
8. 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.
9. Kanda-kanda 2014 dan 2015 dan adik-adik tingkat yang telah memberi bantuan selama proses perkuliahan dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. 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.

Semoga apa yang dapat dalam penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kami dan para pembaca utamanya untuk memperluas wawasan berpikir dan khazanah ilmu pengetahuan kita semua, Amin.

Gowa, 23 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Lapisan Batas	6
2.2 Separasi Aliran.....	7
2.3 Distribusi tekanan aliran	8
2.4 <i>Drag</i> aerodinamika	9
2.5 Model <i>Bluff Body</i> Kendaraan.....	10
2.6 Modus kontrol aliran.....	11
2.7 Kontrol Pasif Aliran.....	12
2.8 Kontrol Aktif Aliran	14
	viii

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Objek Penelitian	16
3.3 Pendekatan Komputasi	17
3.4 Pendekatan Eksperimen.....	22
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil.....	27
4.1.1. Karakteristik Aliran	27
A. Karakteristik Aliran Pada Model Uji Tanpa Kontrol	27
B. Karakteristik Aliran Dengan Model kombinasi <i>Dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i>	29
4.1.2. Koefisien Tekanan (C_p)	35
4.1.2.1. Koefisien Tekanan Tanpa Kontrol	35
4.1.2.2. Koefisien Tekanan minimum pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi dan <i>blowing</i>	37
4.1.3. Koefisien <i>Drag</i> (C_d).....	45
4.1.3.1. Pendekatan Komputasi	45
A. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) pada Model uji Tanpa Kontrol.	45
B. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji <i>Dimple</i> Konfigurasi Sejajar Dan <i>Blowing</i>	46
4.1.3.2. Pendekatan Eksperimen	47
A. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Tanpa Kontrol Pasif	47
B. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Pada Model Uji <i>Dimple</i> dengan konfigurasi Sejajar Dan <i>Blowing</i>	48
4.1.3.3. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen.....	51
A. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji tanpa kontrol pasif.....	51

B. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji dengan kontrol pasif dimple konfigurasi sejajar dan blowing.....	52
4.2. Pembahasan	57
4.2.1. Karakteristik Aliran.....	57
A. Karakteristik Aliran Pada Tanpa Kontrol	57
B. Karakteristik Aliran Dengan Model Uji <i>Dimple</i> Dengan Konfigurasi Sejajar Dan <i>Blowing</i>	57
4.2.2. Koefisien Tekanan (C_p)	58
4.2.2.1. Koefisien Tekanan Pada Model Uji Tanpa Kontrol	59
4.2.2.2. Koefisien Tekanan Pada Model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi Sejajar dan <i>blowing</i>	60
4.2.3. Koefisien <i>Drag</i> (C_d)	61
4.2.3.1. Pendekatan Komputasi	61
A. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Tanpa Kontrol Pasif...	61
B. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Dengan Model Uji <i>Dimple</i> konfigurasi Sejajar Dan <i>blowing</i>	62
4.2.3.2. Pendekatan Eksperimen.....	63
A. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Tanpa Kontrol Pasif...	63
B. Koefisien <i>Drag</i> (C_d) Dengan Model <i>Dimple</i> Konfigurasi Sejajar Dan <i>Blowing</i>	64
4.2.3.3. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen	
A. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji tanpa kontrol pasif	66

B. Perbandingan nilai koefisien drag (C_d) dengan pendekatan komputasi dan pendekatan eksperimen pada model uji dengan kombinasi dimple konfigurasi sejajar dan blowing	67
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
DOKUMENTASI.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kondisi batas model kendaraan	19
Tabel 4.1 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji tanpa kontrol pasif	36
Tabel 4.2 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i>	38
Tabel 4.3 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i>	41
Tabel 4.4 Nilai Koefisien tekanan minimum pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i>	43
Tabel 4.5 Nilai Koefisien <i>Drag</i> tanpa kontrol pasif, pendekatan komputasi..	46
Tabel 4.6 Nilai Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> , pendekatan komputasi.....	48
Tabel 4.7 Nilai Koefisien <i>Drag</i> tanpa kontrol pasif, pendekatan eksperimen.	49
Tabel 4.8 Perbandingan nilai Koefisien <i>Drag</i> komputasi dan eksperimen pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> , pendekatan eksperimen	50
Tabel 4.9. Koefisien <i>Drag</i> tanpa kontrol pasif, pendekatan eksperimen	51
Tabel 4.10. Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen berupa kontrol pasif <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan kecepatan <i>blowing</i> 0.5 m/s	53
Tabel 4.11 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif berupa <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan kecepatan <i>blowing</i> 1.0 m/s	54

Tabel 4.12 Perbandingan nilai koefisien drag komputasi dan eksperimen dengan kontrol pasif berupa dimple konfigurasi sejajar dan blowing dengan kecepatan blowing 1.5 m/s	56
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk pada pelat datar .	6
Gambar 2.2. Separasi Aliran Pada Benda Tegak	7
Gambar 2.3. Distribusi tekanan pada <i>airfoil</i>	8
Gambar 2.4. <i>Ahmed Body</i>	11
Gambar 3.1 Tanpa <i>kontrol</i> aliran	16
Gambar 3.2 Dengan <i>Dimple</i> dan <i>blowing</i>	17
Gambar 3.3 Hasil Pengukuran Pada Model Kendaraan.....	21
Gambar 3.4 Dengan kontrol pasif konfigurasi <i>dimple</i> baris sejajar.....	21
Gambar 3.5 <i>Wind tunnel</i>	22
Gambar 3.6 Pengukuran Kecepatan Sepanjang Garis Tengah Seksi Uji.....	23
Gambar 3.7 <i>Eksperimental Setup</i>	23
Gambar 3.8 Sketsa Penempatan Model Uji Pada <i>Load cell</i> dan Kalibrasi	25
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 4.1 Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol pada setiap kecepatan <i>upstream</i>	29
Gambar 4.2 Karakteristik aliran pada bagian belakang model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan kecepatan <i>blowing</i> 0,5 m/s	31
Gambar 4.3 Karakteristik aliran pada bagian belakang model uji dengan <i>Dimple</i> konfigurasi dan <i>Blowing</i> dengan kecepatan <i>blowing</i> 1,0 m/s.....	33
Gambar 4.4 Karakteristik aliran pada bagian belakang model uji dengan <i>Dimple</i> konfigurasi dan <i>Blowing</i> dengan kecepatan <i>blowing</i> 1,5 m/s.....	35

Gambar 4.5 Koefisien Tekanan Minimum Pada model Tanpa Kontrol Pasif Pada Setiap Kecepatan <i>Upstream</i>	38
Gambar 4.6 Koefisien Tekanan Minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25 dan Kecepatan <i>Blowing</i> 0,5 m/s	40
Gambar 4.7 Koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.0 m/s.	43
Gambar 4.8 Koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.5 m/s.	45
Gambar 4.9 Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.5 m/s.	47
Gambar 4.10 Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> untuk setiap kecepatan <i>blowing</i>	48
Gambar 4.11 Perbandingan Koefisien <i>Drag</i> Pada Model Uji Tanpa Kontrol Pasif Untuk Setiap Kecepatan <i>Upstream</i>	49
Gambar 4.12 Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.5 m/s.	51
Gambar 4.13 Koefisien <i>Drag</i> pada benda uji tanpa kontrol pada setiap kecepatan <i>upstream</i>	52

Gambar 4.14 Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i>	53
Gambar 4.15. Perbandingan Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.0 m/s.	55
Gambar 4.16. Perbandingan Koefisien <i>Drag</i> pada model uji dengan dengan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dan <i>blowing</i> dengan rasio <i>dimple</i> 0,25, dan kecepatan <i>blowing</i> 1.5 m/s.	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Sementara pengaruh aerodinamik yang bekerja pada kendaraan dapat dipecahkan menjadi tiga komponen gaya, yaitu: gaya tahanan udara (*Drag*), gaya angkat (*lift*), dan gaya samping (*side force*). Dalam perhitungan tahanan aerodinamik kendaraan, ketiga gaya itu perlu mendapat perhatian. Berbagai parameter yang mempengaruhi tahanan aerodinamik pada kendaraan mobil dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok: (1) parameter posisi, yang menyatakan kedudukan kendaraan terhadap bidang permukaan jalan, (2) parameter fungsional, yang menyatakan kondisi bagian kendaraan yang mempunyai tugas tertentu seperti kaca jendela terbuka atau tertutup, (3) parameter bentuk, yang menyatakan bentuk badan kendaraan yang dapat dikuantifikasikan, seperti kemiringan permukaan atas (Ahmad Yusuf, 2017).

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. Desain 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* yang bertujuan untuk untuk mengurangi *Drag* dan kebisingan yang merupakan salah satu permasalahan dalam aerodinamis. Perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang *bluff body* merupakan kontributor utama untuk keseluruhan *Drag* dan perbedaan ini juga disebabkan oleh separasi aliran pada bagian belakang body (Hucho, 2002). Pengurangan gaya *Drag* yang lebih efektif mendorong perancangan otomotif yang lebih kreatif dalam mengembangkan model kontrol aktif yang inovatif.

Berbagai teknik modifikasialiran atau lebih dikenal dengan teknik kontrol aliran dan saat ini banyak digunakan untuk beragam jenis aplikasi, misalnya di dunia penerbangan, automotif, maupun perkapalan. Dalam aplikasinya, teknik-teknik kontrol ini memiliki karakter-karakter tersendiri. Salah satu

teknik kontrol yang dikenal adalah modifikasi berupa cekungan pada permukaan benda yang dilewati fluida, yang disebut *dimple*. Fungsi *dimple* sebagai pengontrol aliran salah satunya dapat dilihat pada bola golf. Tanpa cekungan-cekungan (*dimple*), bola golf akan memiliki koefisien *Drag* yang besar. Telah dibuktikan secara ilmiah melalui percobaan bahwa bola golf dengan tekstur permukaan *dimple* memiliki *Drag* aerodinamis yang kecil dari permukaan yang rata. sejak saat itu bola golf dibuat memiliki tekstur permukaan berupa *dimple*.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : ***“Analisis Pengaruh Penerapan Dimple Konfigurasi Sejajar Dan Blowing Terhadap Hambatan Aerodinamis Pada Model Kendaraan”***

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana karakteristik aliran udara tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan?
2. Bagaimana koefisien tekanan tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan?
3. Bagaimana koefisien *Drag* tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini memiliki tujuan, antara lain:

1. Menganalisis karakteristik aliran udara tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan.
2. Menganalisis koefisien tekanan tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan.
3. Menganalisis koefisien *Drag* tanpa kontrol aliran dan menggunakan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* pada bagian belakang model kendaraan.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi diri berdasarkan kondisi berikut:

- a. Fluida uji merupakan udara yang dianggap fluida tak mampu mampat dan mengalir secara seragam pada aliran bebas yang berjarak jauh di hulu.
- b. Model uji berbentuk *bluff body* model kendaraan (modified/reversed Ahmed body) berdimensi 1:6 dari Ahmed body versi original. Geometri model berupa panjang ($l=0.174$ m), lebar ($w=0.06483$ m) dan tinggi ($h=0.048$ m).
- c. Kemiringan sudut pada bagian depan model uji adalah 25° terhadap sumbu horizontal.

- d. Kecepatan aliran *upstream* yaitu 11.1 m/s, 13.9 m/s, 16.7 m/s, 19.4 m/s dan 22.2 m/s.
- e. Kontrol pasif yang digunakan adalah *dimple* tipe semi *spherical* dengan konfigurasi sejajar.
- f. *Dimple Ratio* (DR) yang digunakan adalah 0.25.
- g. Kontrol aktif yang digunakan adalah *blowing* dengan kecepatan *blowing* yaitu 0.5 m/s, 1.0 m/s, dan 1.5 m/s.

1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya dibidang aerodinamika, maka penulis dapat berharap dapat memberi manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi mahasiswa

Menambah pengetahuan baru mengenai pengaruh penerapan *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* terhadap hambatan aerodinamis pada model kendaraan.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya mengenai *dimple* konfigurasi sejajar dan *blowing* terhadap hambatan aerodinamis pada model kendaraan dilingkup Departemen Teknik Mesin.

3. Bagi industri

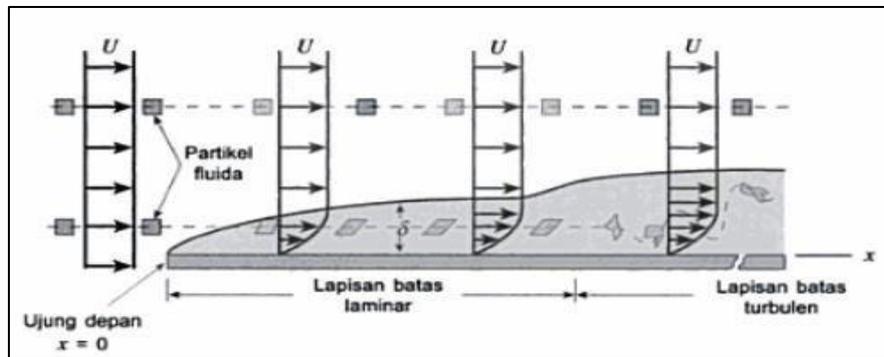
Memberi masukan serta referensi kepada pihak industri otomotif untuk kemajuan industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lapisan Batas

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



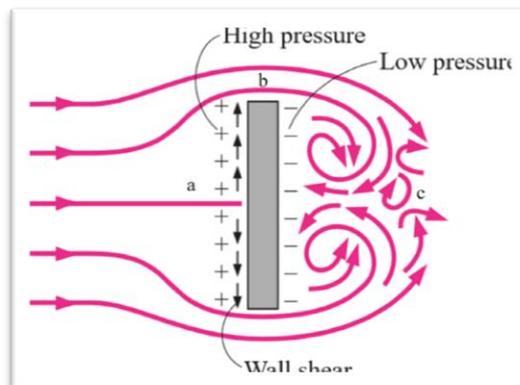
Gambar 2.1 : Karakteristik dari lapisan batas yang terbentuk pada pelat datar (Munson, 2002)

Karakteristik pada gambar 2.1 menunjukkan lapisan batas yang terbentuk pada sebuah plat datar dengan panjang tak terhingga yang disepanjang plat mengalir suatu fluida viskos tak mampu-mampat. Pada gambar tersebut terlihat sebuah partikel segiempat yang mempertahankan bentuknya ketika berada dalam aliran lapisan batas. Pada suatu jarak dihilir di ujung depan, aliran lapisan batas menjadi turbulen dan partikel fluida menjadi sangat terdistorsi karena sifat acak dan tidak beraturannya turbulensi. Pada aliran turbulen terjadi kontak antar lapisan pada lapisan batas dengan intensitas tinggi.

2.2. Separasi Aliran

Kondisi dimana aliran udara yang mengalir disepanjang permukaan benda tidak mampu lagi menempel pada permukaan tersebut disebut separasi aliran. Aliran yang bergerak secara teratur akan terpecah saat terjadinya separasi dan mengakibatkan terjadinya penurunan distribusi tekanan dan menyebabkan perbedaan antara bagian depan dan belakang model kendaraan yang juga merupakan kontributor utama dari keseluruhan *Drag* (Bruneau C.H., 2010)

Separasi aliran pada pada kendaraan seperti pada bagian bawah body, roda, dinding bagian samping, tepi atas dan samping kaca belakang, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kompleksitas aliran. (Yogatama. M, 2018).



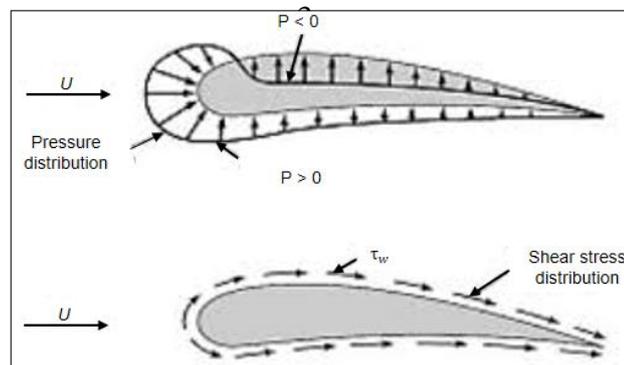
Gambar 2.2. Separasi Aliran pada Benda Tegak (Cengel & Cimbala, 2006)

Pada gambar 2.2 menunjukkan skema terjadinya separasi aliran pada benda tegak. Adanya separasi aliran merupakan bentuk efek dari viskositas fluida. 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. Perbedaan tekanan inilah penyebab timbulnya gaya *Drag*.

2.3. Distribusi Tekanan Aliran

Drag tekanan (C_p) merupakan bagian dari *Drag* yang langsung disebabkan oleh tekanan P terhadap sebuah benda. *Drag* ini sering disebut sebagai *Drag* bentuk karena ketergantungan yang sangat kuat pada bentuk dari kendaraan. *Drag* tekanan adalah fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi arah elemen permukaan dimana gaya tekan tersebut bekerja. Sebagai contoh, gaya tekan pada kedua sisi plat datar sejajar aliran mungkin saja sangat besar, tetapi gaya tersebut tidak berkontribusi pada *Drag* karena gaya tersebut bekerja pada arah tegak lurus terhadap kecepatan *upstream*. Sebaliknya gaya tekanan pada plat datar yang tegak lurus aliran menyebabkan *Drag* secara keseluruhan (Munson, 2002).



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

Pada gambar 2.3. ketika aliran udara melewati airfoil terjadi, perubahan kecepatan lokal di sekitar airfoil, akibatnya terjadi perubahan tekanan statik seperti tekanan Bernoulli. Distribusi tekanan menentukan *lift*, *pitching moment*, *form Drag* dari airfoil, serta posisi dari pusat tekanan. Tekanan biasa

ditunjukkan dengan koefisien tekanan. Koefisien tekanan adalah selisih antara pengukuran lokal dengan tekanan aliran bebas dibagi dengan tekanan dinamis.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung tekanan *Drag* dapat dituliskan sebagai berikut (Munson, 2002):

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

Dimana:

P = tekanan pada permukaan model uji (P_a)

P_0 = tekanan streamline atau garis arus (P_a)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^2)

U_o = kecepatan *upstream* (m/s)

2.4. *Drag* Aerodinamika

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 (Munson, 2002) :

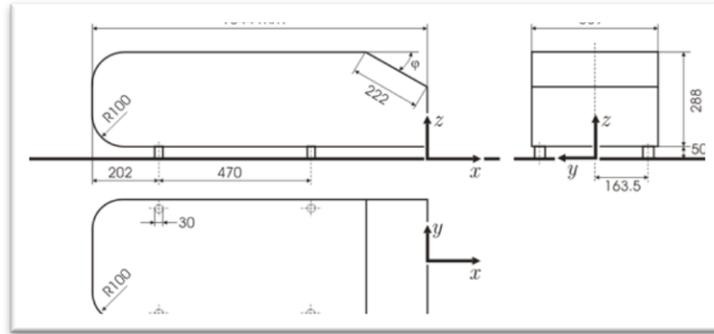
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (2)$$

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)

2.5. 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. Pada bagian depan model kendaraan memiliki bidang *frontal* dan tidak terdapat permukaan miring yang cukup untuk mentransfer energi tekanan menjadi energi kinetik. Beberapa contoh diantara kendaraan dengan model *bluff* adalah bus, kereta api, mobil keluarga dan kendaraan angkut barang.



Gambar 2.4 Ahmed *Body* (Ahmed et al, 1984)

Pada gambar 2.4 menunjukkan separasi aliran yang terjadi pada bagian ujung atap sampai bagian bawah model Ahmed *body*. Aliran yang terpisah terdiri dari dua jenis aliran berputar yang berlawanan dan konvergen atau menuju dua pusat separasi (Ahmed et al, 1984). Memodifikasi model Ahmed *body* original dengan memberikan sudut kemiringan 25° dan 35° terhadap bidang horisontal pada bagian belakang melalui pendekatan numerik dan eksperimen memberikan hasil penurunan hambatan aerodinamika (Daniel Krentel et al., 2010). Sementara, penelitian secara eksperimen tentang aerodinamika kendaraan jenis bluff *body* dengan menggunakan particles image velocimetry (PIV) dan oil visualization telah dilakukan oleh Conan B., et al. (2011).

2.6. 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:

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

2.7. Kontrol Pasif Aliran

Kontrol pasif mempunyai dua alternative penerapan, pada dinding (at the wall) atau terpisah dari dinding (apart from the wall) parameter-parameter permukaan dinding yang meliputi bentuk, kelengkungan (*curvature*), kekasaran, temperature dan porositas dimanipulasi untuk mendapatkan bentuk profil kecepatan tertentu dekat dinding dapat meningkatkan ketahanan lapisan batas terhadap transisi dan separasi (bearman 1965, Bearman & Harvey, 1993).

Sistem kontrol pasif dilakukan dengan menambahkan hambatan geometri di sekitar permukaan, biasanya di sekitar atap kendaraan. Penelitian secara eksperimental didalam wind tunnel menggunakan model Ahmed body dengan pelat splitter vertikal yang dipasang dibagian depan atau belakang model, menghasilkan pengurangan *Drag* yang signifikan Untuk kendaraan bermotor, teknik ini telah diuji oleh produsen otomotif seperti Renault. Renault telah menerapkan teknik ini pada produk mereka Logan Darcia, dan diperoleh pengurangan *Drag* sampai dengan 8% (Kourta, A. & Gillieron, P., 2009)

Sejarah ditemukan *dimple* pada permukaan sebagai teknik kontrol aliran diawali dengan fenomena yang terjadi pada bola golf dimana pada mulanya bola yang dipakai tidak memiliki tekstur *dimple*. Namun diperhatikan bahwa bola golf yang memiliki tekstur yang tidak rata justru memiliki lintasan yang jauh setelah dipukul. Penelitian oleh (Bearman,1973), telah dibuktikan secara ilmiah melalui percobaan bahwa bola golf dengan tekstur permukaan *dimple* memiliki *Drag* aero dinamis yang kecil dari permukaan yang rata. sejak saat itu bola golf dibuat memiliki tekstur permukaan berupa *dimple*.



Gambar 2.5 Bola Golf.

2.8. Kontrol Aktif Aliran

Dalam melakukan kontrol aktif aliran membutuhkan penambahan energi untuk mengontrol separasi aliran. 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 di tempatkan 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. Tiupan (*blowing*) dan 3. *Jet synthetic*. Kontrol aliran dengan metode tiupan (*blowing*) dapat dilakukan melalui penggunaan perangkat hisap seperti pompa vakum. Secara teoritis metode tiupan dapat dilakukan secara kontinu maupun periodik yang bertujuan untuk memodifikasi lapisan batas.

Contoh penelitian kontrol aktif dengan metode tiupan dengan kemiringan bagian belakang mobil 25° . Hasilnya menunjukkan pengurangan *Drag* hingga 18%

pada kecepatan tiupan $V_s = 0,6$ kali *free stream velocity* (Roumeas M, Gillieron P, & Kourta A, 2008). Selain itu pengamplifikasian metode tiupan mampu mengurangi gaya *Drag* yang diakibatkan oleh pusaran *longitudinal vortices* yang terjadi di sisi kiri dan kanan kaca depan. Dalam riset tersebut diperoleh pengurangan *Drag* hampir 8% dengan metode ekperimental dan numerik c.