

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH KONTROL PASIF ALIRAN
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL
KENDARAAN DENGAN GEOMETRI MUKA 35°

Disusun dan diajukan oleh :

IKHWANUL KHAIR
D021 18 1023



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KONTROL PASIF ALIRAN
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL
KENDARAAN DENGAN GEOMETRI MUKA 35°**

Disusun dan diajukan oleh

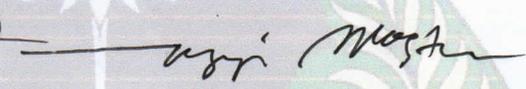
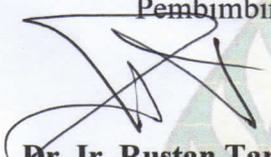
**IKHWANUL KHAIR
NIM. D021181023**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 13 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



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

Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.SC.
NIP. 19760216 201012 1 002

Ketua Program Studi,




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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ikhwanul Khair
NIM : D021181023
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Analisis Pengaruh Kontrol Pasif Aliran Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 7 Maret 2023

Yang Menyatakan



Ikhwanul Khair

ABSTRAK

IKHWANUL KHAIR, *Analisis Pengaruh Kontrol Pasif Aliran Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°* (dibimbing oleh Rustan Tarakka dan Andi Amijoyo Mochtar)

Aerodinamika (ilmu gaya gerak) berasal dari bahasa Yunani yaitu air = udara dan dynamic = gaya gerak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang Bergeraknya suatu benda di dalam udara. Tahanan Aerodinamika, gaya angkat aerodinamik, dan momen anguk aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi. Peningkatan penekanan pada penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam memperbaiki unjuk kerja aerodinamika pada jalan raya. Seiring dengan terusnya berkembangnya teknologi, para engineer industri otomotif berusaha menekan koefisien gaya tahanan (C_d) seminimal mungkin, sehingga konsumsi bahan bakar dapat diminimalisir.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar terhadap hambatan aerodinamika pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.

Penelitian dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan komputasi memanfaatkan program *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan pendekatan eksperimental dengan menggunakan *Subsonic wind Tunnel* yang tersedia di laboratorium mekanika fluida. Untuk pendekatan komputasi diperoleh data berupa karakteristik aliran, koefisien tekanan (C_p), dan koefisien *drag* (C_D). Namun pada pendekatan eksperimental hanya difokuskan untuk memvalidasi koefisien *drag* memanfaatkan perangkat *load cell*. Terdapat tiga jenis *fin* yang digunakan dan tiga variasi posisi yaitu 1.5 mm, 11.5 mm, dan 21.5 mm yang diukur dari dinding belakang model uji. Selain itu terdapat kontrol pasif berupa *dimple* konfigurasi sejajar dengan *dimple ratio* 0.5 yang diletakkan pada sisi melengkung bagian belakang model uji. 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 *dimple* konfigurasi sejajar dapat menunda separasi aliran dan memperkecil tahanan pada bagian belakang model uji. Nilai koefisien tekanan minimum mampu ditingkatkan dan mengurangi nilai koefisien *drag*.

Kata Kunci : CFD, *fin*, *dimple*, karakteristik aliran, koefisien tekanan, koefisien *drag*

ABSTRACT

IKHWANUL KHAIR, *Analysis the effect of passive control of a parallel fin and dimple configuration on aerodynamic drag on a vehicle model with a 35° front geometry* (supervised by Rustan Tarakka and Andi Amijoyo Mochtar)

Aerodynamics (science of motion) comes from the Greek words water = air and dynamic = force of motion. It can be concluded that aerodynamics is the study of the movement of an object in the air. Increased emphasis on fuel and energy savings has spurred new relevance in improving vehicle aerodynamic performance. Along with technological developments, automotive industry engineers are trying to keep the drag coefficient (C_d) to a minimum, so that fuel consumption can be minimized.

The purpose of this research is to determine the effect of passive control of a parallel fin and dimple configuration on aerodynamic drag on a vehicle model with a 35° front geometry.

The research was conducted using two approaches, namely the computational approach using the Computational Fluid Dynamics (CFD) program and the experimental approach using the Subsonic wind tunnel available in the fluid mechanic's laboratory. 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 a load cell device. There are three types of fins used and three variations in position, namely 1.5 mm, 11.5 mm, and 21.5 mm measured from the back wall of the test model. In addition, there is a passive control in the form of a parallel dimple configuration with a dimple ratio of 0.5 which is placed on the curved side of the back of the test model. 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 controls in the form of fins and dimples in parallel configuration could delay the flow separation and reduce the turbulence at the back of the test model. The value of the minimum pressure coefficient can be increased and reduced the value of the drag coefficient

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan	5
2.2. Lapisan Batas	6
2.3. Separasi Aliran	7
2.4. Distribusi Tekanan	8
2.5. <i>Drag</i> Aerodinamika	9
2.6. <i>Fin</i>	10
2.7. <i>Dimple</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Objek Penelitian	12
3.3 Pendekatan Komputasi	15
3.4 Pendekatan Eksperimental	19
3.5 Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Karakteristik Aliran	23
4.2. Koefisien Tekanan (C_p)	29
4.3. Koefisien <i>Drag</i>	45
BAB V PENUTUP	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan (Jhon, J.S. & Utomo, T.S., , 2017).....	6
Gambar 2.2. Struktur Lapisan Batas (Faruk, U. & Kamiran., 2012)	7
Gambar 2.3. Separasi Aliran di Sekitar Kendaraan (Dwiyantoro, B.a., <i>et al.</i> , 2008)	8
Gambar 2.4. Distribusi Tekanan Pada Kendaraan (Riszal, A., & Martinus., 2012)	8
Gambar 2.5. Grid <i>fin</i> yang dipasang pada Roket SpaceX Falcon 9 (Faza, G.A., <i>et al.</i> , 2018)	10
Gambar 2.6. Sistem koordinat penempatan <i>fin</i> pada Lambung Kapal Pesiar (Kim, J.H., & Kim, Y.H., 2011)	10
Gambar 2.7. Model Bola Golf (Chowdhury, H., <i>et al.</i> ,2016)	11
Gambar 3.1. Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dansudut bagian depan 35°	13
Gambar 3.2. Dimensi model <i>fin</i> 1	13
Gambar 3.3. Dimensi model <i>fin</i> 2	14
Gambar 3.4. Dimensi model <i>fin</i> 3	14
Gambar 3.5. Dimensi model uji yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i> dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	15
Gambar 3.6. Lokasi pengambilan data medan tekanan model tanpa kontrol	17
Gambar 3.7. Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif	18
Gambar 3.8. Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian belakang dengan kontrol pasif	18
Gambar 3.9. <i>Wind tunnel</i>	19
Gambar 3.10. Sketsa Penempatan model Uji pada load cell dan kalibrasi	20
Gambar 3.11. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1. Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol (tanpa <i>fin</i> dan <i>dimple</i>) dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	23
Gambar 4.2. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 1 posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	25
Gambar 4.3. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2 posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	26
Gambar 4. 4. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3 posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	27
Gambar 4.5. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	30
Gambar 4.6. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	32
Gambar 4.7. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji	

dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	34
Gambar 4.8. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	35
Gambar 4.9. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	38
Gambar 4.10. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	39
Gambar 4.11. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	42
Gambar 4.12. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	43
Gambar 4.13. Nilai koefisien <i>Drag</i> model uji tanpa kontrol	46
Gambar 4.14. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	47
Gambar 4.15. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	48
Gambar 4.16. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan komputasi antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	49
Gambar 4.17. Nilai koefisien <i>Drag</i> model uji tanpa kontrol	51
Gambar 4.18. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	52
Gambar 4.19. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	53
Gambar 4.20. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pendekatan eksperimental antara model uji tanpa kontrol dengan model uji menggunakan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar pada variasi kecepatan <i>upstream</i>	54
Gambar 4.21. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	56
Gambar 4.22. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi depan konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	57
Gambar 4.23. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi depan konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	58
Gambar 4.24. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 pada posisi depan konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kondisi batas model kendaraan	16
Tabel 3.2. Rencana dan Jadwal Penelitian	23
Tabel 4.1. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	30
Tabel 4.2. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	32
Tabel 4.3 Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	33
Tabel 4.4. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	35
Tabel 4.5. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	37
Tabel 4.6. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	39
Tabel 4.7. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	41
Tabel 4.8. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar kecepatan <i>upstream</i> 22.2 m/s	43
Tabel 4.9. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol	46
Tabel 4.10 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	47
Tabel 4.11. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi	48
Tabel 4.12. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	49
Tabel 4.13. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol	51
Tabel 4.14. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi	52
Tabel 4.15. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	53
Tabel 4.16. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	54

Tabel 4.17. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol	55
Tabel 4.18. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi depan konfigurasi sejajar	56
Tabel 4.19. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi depan konfigurasi sejajar	57
Tabel 4.20. Perbandingan Nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 pada posisi depan konfigurasi sejajar	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik Aliran Pada Model Uji Tanpa Kontrol Dengan Variasi Penempatan Kontrol Pasif Berdasarkan Kecepatan <i>Upstream</i>	65
Lampiran 2. Koefisien Tekanan Tanpa Kontrol.....	94
Lampiran 3. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	103
Lampiran 4. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	134
Lampiran 5. Koefisien Tekanan (C_p) dengan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	165
Lampiran 6. Data Tekanan.....	196
Lampiran 7. Perbandingan Nilai Koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental	206
Lampiran 8. Data Drag.....	212
Lampiran 9. Dokumentasi.....	213

KATA PENGANTAR

Puji Syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena atas kehendak-Nya penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Dengan izin dan rahmat dari Allah semata penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Analisis Pengaruh Kontrol Pasif Aliran Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35°”**, untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Rustan Tarakka, S.T, M.T. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, S.T., M.Sc. selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak H. Amir, S. Pd. dan Ibu Hj. St. Rahmah Salam, S.Pd., beserta saudara dan saudari penulis yang telah menjadi sumber semangat dan motivasi penulis selama ini.
2. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Yth Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Yth. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menyetujui dan menerima tugas akhir penulis.
5. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT., selaku Kepala Laboratorium Mekanika Fluida yang telah menyediakan fasilitas dalam pengambilan data penelitian tugas akhir penulis.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah mendidik, mengajarkan, dan membagikan ilmu serta pengetahuannya sehingga penulis semakin paham akan bidang ilmu teknik terkhusus pada bidang Teknik mesin.
7. Staf Departemen Teknik Mesin, terkhusus Ibu Yaya, Ibu Suri dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu.
8. Laboran, dan Teman-teman Asisten Laboratorium Mekanika Fluida yang setia menemani selama masa pengambilan data dan penulisan tugas akhir.
9. Saudara-saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2018 REACTOR yang telah memberi semangat, dukungan, maupun doa dan kerja sama yang sudah dijalani selama ini semoga kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.

10. Teman-teman Organisasi UKM Sepak bola Unhas yang telah memberi semangat, dukungan, maupun doa dan kerja sama yang sudah dijalani selama ini semoga kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
11. Saudara-saudara seperjuangan ANAK SHOLEH yang telah memberi semangat, dukungan, maupun doa dan kerja sama yang sudah dijalani selama ini semoga kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
12. Kepada Nurul Izzah S. Si, terima kasih selalu meluangkan waktu untuk membantu, memberikan semangat, motivasi, saran, dan kritik dalam penyusunan proposal penelitian hingga penyusunan skripsi.
13. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tak sempat 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.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan penulis serta masih jauh akan kata sempurna. Segala kekurangan dan kekeliruan berasal dari penulis yang hanya seorang manusia biasa dan Semua kebenaran berasal dari Allah SWT semata, Tulisan ini masih butuh akan sentuhan kritik, dan saran. Maka dari itu penulis memohon maaf atas kesalahan didalamnya dan semoga kebenaran yang ada dapat membantu untuk penelitianpenelitian selanjutnya.

Gowa, 7 Maret 2023

Ikhwanul Khair

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam industri otomotif yang berkembang di Indonesia, salah satu jenis kendaraan yang banyak disukai masyarakat yaitu mobil dengan sebutan *Multi Purpose Vehicle* (MPV) atau mobil serba guna. Kendaraan jenis MPV ini memiliki mesin berkapasitas relatif lebih besar yang berarti konsumsi bahan bakar lebih besar dibandingkan jenis mobil lainnya. Tipe ini juga umumnya memiliki bentuk dasar *bluff body* untuk memaksimalkan volume ruang penumpang. Dari segi aerodinamika, bentuk ini menghasilkan hambatan aerodinamis yang lebih besar karena terjadinya pemisahan aliran yang sangat besar di bagian belakang bodi kendaraan yang menciptakan konsumsi energi kendaraan yang lebih tinggi. Sehingga kebanyakan penelitian akan melakukan pendekatan dengan menggunakan objek *Reversed Ahmed body* yang berbentuk menyerupai mobil keluarga (Tarakka, R *et al.*, 2019).

Dalam penelitian yang dilakukan Mohammad Zoynal Abedin, peneliti melakukan pengujian dengan memberikan sebuah *dimple* di bagian permukaan miring belakang suatu objek *Reserved Ahmed Body* yang menyerupai kendaraan jenis MPV dengan mekanisme kontrol pasif yang terbukti membantu mengurangi hambatan pada objek tersebut. Mekanismenya dapat dilakukan dengan menggunakan kontrol aliran aktif ataupun pasif (Mukut, A.N.M.M.I. dan Abedin, M.Z., 2019).

Adapun pada penelitian yang dilakukan oleh I Made Kastiawan, dengan menguji pengaruh celah *fin* yang diberikan pada sebuah turbin angin dengan jenis savanius tipe V terhadap kinerja dari turbin angin tersebut. Celah *fin* tersebut berfungsi agar aliran yang tertangkap *fin* tidak mengalami turbulensi ketika mengarah ke sudu turbin. Diketahui hasil pengujian putaran dan gaya pada poros turbin maksimum sebesar 96.7 Rpm dan 1.4 N. Dan dari hasil analisis torsi maksimum 0.42 Nm, daya maksimum 4.24 W dan efisiensi maksimum sebesar 86 %. Dengan penambahan celah *fin* tersebut, dapat menghasilkan laju putaran dan gaya yang meningkat seiring dengan besarnya torsi, daya dan efisiensi,

sehingga dapat meningkatkan kinerja dari turbin savanius tipe V (Kastiawan, I.M., *et al.*, 2017).

Salah satu cara untuk mengurangi koefisien hambat adalah dengan menambahkan objek kecil yang dinamakan kontrol pasif. Tiga kontrol pasif yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdiri satu kontrol pasif berbentuk silinder tipe-I diletakkan di depan dan dua silinder sirkular diletakkan di belakang silinder sirkular utama. Aliran fluida yang melintasi objek menimbulkan gaya hambat yang dapat menyebabkan kekuatan objek berkurang. Untuk itu, koefisien hambat yang diterima objek perlu dikurangi dengan cara meletakkan kontrol pasif di sekitar objek. Kontrol pasif berbentuk silinder sirkular kecil diletakkan di sekitar silinder sirkular utama. Hasilnya, penambahan kontrol pasif tersebut dapat mengurangi koefisien hambat dibandingkan dengan tanpa kontrol pasif, dengan diameter silinder dan bilangan Reynolds yang sama. Pada beberapa macam bilangan Reynolds yang berbeda yaitu $1.5 \times 10^4 - 6.2 \times 10^4$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bilangan Reynolds $Re > 3 \times 10^4$ menyebabkan koefisien tekanan minimum. Penelitian lainnya, dengan modifikasi kontrol pasif menjadi silinder tipe-D, koefisien hambat mampu berkurang hingga 7% dibandingkan tanpa kontrol pasif. Modifikasi kontrol pasif menjadi silinder tipe-I dengan meletakkan pada jarak tertentu dapat mengurangi koefisien hambat yang diterima silinder sirkular utama paling optimal. Aliran fluida melalui silinder sirkular dan tiga kontrol pasif pada bilangan Reynolds 1000. Penambahan kontrol pasif bertujuan untuk mengurangi koefisien hambat lebih optimal (Imron, C., *et al.* 2019)

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : **“Analisis Pengaruh Kontrol Pasif Aliran Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Model Kendaraan Dengan Geometri Muka 35° ”**.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh yang dihasilkan terhadap medan aliran dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.
2. Bagaimana nilai koefisien tekanan yang dihasilkan dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.
3. Bagaimana nilai koefisien *drag* yang dihasilkan dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.

1.3. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis medan aliran yang dihasilkan dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan yang dihasilkan dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* yang dihasilkan dengan menggunakan mekanisme kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model kendaraan dengan geometri muka 35°.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi diri berdasarkan kondisi berikut :

1. Fluida uji merupakan udara yang dianggap fluida tak mampu mampat dan mengalir secara seragam pada aliran bebas yang berjarak jauh di hulu.
2. Model uji berbentuk *bluff body* model kendaraan (*modified/reversed Ahmed body*) berdimensi 1 : 6 dari *Ahmed body* versi original. Geometri model berupa panjang ($l = 0,174$ m), lebar ($w = 0,06483$ m) dan tinggi (h

= 0,048 m).

3. Kemiringan sudut pada bagian depan model uji adalah 35° terhadap sumbu horizontal.
4. Kecepatan aliran upstream 11,1 m/s (40 km/h), 13,9 m/s (50 km/h), 16,7 m/s (60 km/h), 19,4 m/s (70 km/h), dan 22,2 m/s (80 km/h).
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar.
6. Tipe *dimple* yang dikombinasikan semi *spherical*.
7. *Dimple Ratio* (DR) yang digunakan 0,5.
8. Jumlah *fin* yang digunakan ada 3 fin.
9. Jumlah variasi jarak *fin* dari bagian belakang mobil, 1,5 mm (x_3), 11,5 mm (x_2), dan 21,5 mm (x_1).

1.5. Manfaat Penelitian

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

1. Bagi mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagi mahasiswa tentang distribusi tekanan pada model kendaraan yang menggunakan *fin* dan *dimple*. Serta sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya dilingkup Departemen Teknik Mesin dan juga merupakan pustaka tambahan yang menunjang proses perkuliahan.

3. Bagi industri

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada dunia otomotif serta kemajuan industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fenomena Aerodinamika Pada Kendaraan

Tahanan Aerodinamika, gaya angkat aerodinamik, dan momen anguk aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi. Peningkatan penekanan pada penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam memperbaiki unjuk kerja aerodinamika pada jalan raya. Seiring dengan terusnya berkembangnya teknologi, para engineer industri otomotif berusaha menekan koefisien gaya tahanan (C_d) seminimal mungkin, sehingga konsumsi bahan bakar dapat ditekan. Tujuannya ialah untuk melakukan upaya perancangan body mobil yang lebih aerodinamis dan mendesain kembali mobil Antawirya Turangga Veda terdahulu dengan nama Anntawiya Turangga Veda 2, mensimulasikan dan membandingkan hasil simulasi dalam hal ini nilai drag coefficient pada kedua desain, serta mengetahui pola aliran udara di sekitar body mobil. Simulasi aerodinamika mobil dilakukan di dalam wind tunnel yang ditetapkan sebagai domain komputasi dengan menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). (Jhon, J.S. dan Utomo, T.S., 2017).

Aerodinamika (ilmu gaya gerak) berasal dari bahasa Yunani yaitu air = udara dan dynamic = gaya gerak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang Bergeraknya suatu benda di dalam udara. Ilmu gaya udara merupakan lanjutan dari ilmu yang lebih tua yaitu ilmu gaya gerak air atau hidrodinamika dan ilmu gaya gerak udara ini erat hubungannya dengan beberapa ilmu yang lainnya yaitu ilmu alam (fisika), ilmu pasti (matematika), ilmu gaya (mekanika), dan ilmu cuaca (meteorogia) yang memberikan keterangan-keterangan asasi tentang udara yang diam khususnya tentang perubahan-perubahan yang dialami udara jika ketinggian bertambah. Pada 1866 Francis Wenham menyatakan untuk pertama kalinya dalam sejarah pengaruh rasio aspek aerodinamika terbatas pada sayap. Dia berteori bahwa sebagian besar sayap mengangkat terjadi dari bagian dekat tepi dan juga sayap yang dekat sangat efisien. Adapun fenomena aerodinamika pada kendaraan

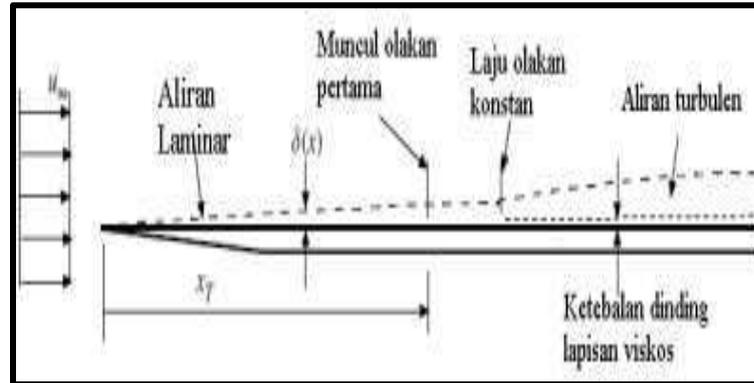
ditunjukkan pada gambar 2.1. (Jhon, J.S. dan Utomo, T.S., 2017).



Gambar 2.1. Fenomena Aerodinamika Pada kendaraan

2.2. Lapisan Batas

Lapisan batas adalah lapisan tipis pada *solid surface* yang terbatas pada daerah yang sangat sempit dekat dengan permukaan kontur dimana kecepatan fluida tidak *uniform* sebagai pengaruh dari gaya viskos yang muncul akibat adanya viskositas. Gambar 2.2 memperlihatkan suatu fluida itu mengalir dengan distribusi kecepatan yang sama atau *uniform* u_∞ dimana ketika melewati suatu *solid surface* aliran tersebut mengalami distribusi kecepatan yang berbeda yang dipengaruhi oleh adanya permukaan padat. Distribusi kecepatan ini dimulai dari titik di permukaan padat tersebut, dimana aliran fluida tersebut mempunyai kecepatan nol kemudian semakin besar ketika menjauhi permukaan dari bodi tersebut. Pengaruh tegangan geser akan hilang pada posisi tertentu dan kecepatan fluida mencapai nilai kecepatan fluida *nonviscous* ($u = 0,99u_\infty$) dan posisi tersebut merupakan batas daerah *viscous* (lapisan batas) dengan bagian *nonviscous*. Jarak yang diukur dari permukaan padat arah normal hingga posisi tersebut disebut dengan tebal lapisan batas (Faruk, U. dan Kamiran, 2012).

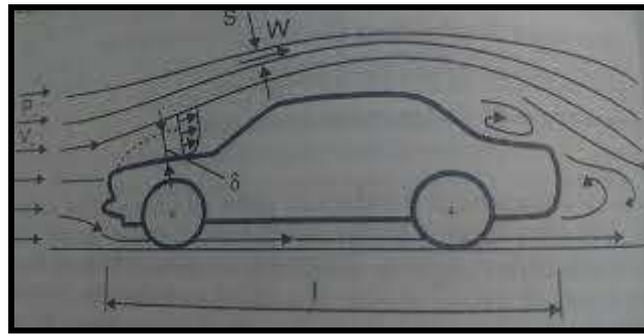


Gambar 2.2. Struktur Lapisan Batas (Faruk, U. dan Kamiran., 2012)

2.3. Separasi Aliran

Separasi aliran adalah keadaan dimana aliran fluida yang mengalir disepanjang permukaan benda tersebut tidak mampu lagi mempertahankan posisi aliran sesuai bentuk benda yang dilewatinya. 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, E.J., *et al.*, 2001).

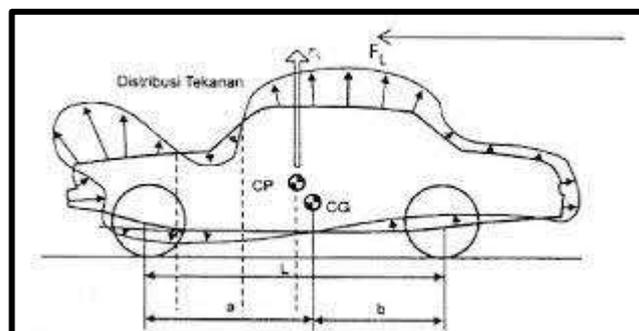
Adanya separasi aliran untuk difuser nyata akan menyebabkan kecepatan dan tekanan yang diharapkan tidak tercapai, dimana boundary layer berkembang lebih cepat. Perkembangan *boundary layer* pada dinding-dinding difuser ini menyebabkan *inviscid core* di dalam difuser yang seharusnya mengembang mengikuti kontur dari permukaan menjadi terhambat dan luasannya mengecil yang dimulai dari letak titik terjadinya separasi. Semakin menuju sisi keluaran difuser maka *inviscid core* semakin mengecil dan menjauh dari dinding sehingga mengakibatkan kecepatan yang mengalir dari sisi masukan menuju sisi keluaran semakin tinggi. Kecepatan yang tinggi ini berdampak pada tekanan yang terjadi pada sisi keluaran difuser lebih rendah dibandingkan jika tanpa separasi. Fenomena ini dapat dilihat pada gambar 2.3 (Dwiyantoro, B.A., *et al.*, 2008).



Gambar 2.3. Separasi aliran disekitar kendaraan

2.4. Distribusi Tekanan

Pada dasarnya setiap aliran fluida ketika mengalir melalui sebuah penampang akan terhambat baik dari geometri itu sendiri atau dari permukaan penampang yang dilewati oleh fluida tersebut. *Drag force* ini terjadi dikarenakan adanya beda tekanan antara bagian depan dan bagian belakang pada objek. Pada saat distribusi tekanan melalui sebuah objek tidak sejajar maka tekanan yang depan akan lebih besar dibandingkan tekanan pada objek bagian belakang (gambar 2.4). Hal ini dikarenakan saat aliran fluida melewati sebuah objek akan terjadi tekanan tinggi pada bagian depan namun kecepatannya kecil, kemudian saat menuju bagian belakang objek maka tekanan akan menurun dan kecepatan akan meningkat sehingga menyebabkan perbedaan gradien tekanan yang dapat menyebabkan separasi aliran. Besar kecilnya gaya hambat salah satunya dipengaruhi oleh bentuk geometri kendaraan dan variasi kecepatan aliran fluida yang melewati kontur permukaan body kendaraan (Riszal, A., dan Martinus., 2021).



Gambar 2.4. Distribusi tekanan pada kendaraan

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho U_0^2}$$

Dimana :

C_p = Koefisien tekanan

P = tekanan pada permukaan model uji (P_a)

P_0 = tekanan streamline atau garis arus (P_a)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

U_0 = kecepatan *upstream* (m/s)

2.5. Drag Aerodinamika

Setiap benda yang bergerak melewati suatu fluida, akan mengalami interaksi pada permukaan benda tersebut dengan fluida yang mengalir atau yang dilaluinya. Interaksi tersebut merupakan gaya dan momen yang bersumber dari tegangan geser (τ_w), yang diakibatkan oleh efek viskositas, dan tegangan normal yang diakibatkan oleh distribusi tekanan (P). *Drag* pada sebuah benda dapat dipecah menjadi dua bagian, yaitu *Drag* yang diakibatkan oleh gaya gesek, yaitu *Drag Gesekan* dan *Drag Tekanan* yang diakibatkan oleh tekanan. Sebagian besar *drag* dari suatu benda didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan di *Wind Tunnel* yang dilakukan berkali-kali. *Drag* dapat dituliskan dalam bilangan tak berdimensi yang disebut sebagai Koefisien *Drag*. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung Koefisien *Drag* dapat dituliskan sebagai berikut (Yogatama, M. and Trisno, R., 2018) :

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

Dimana :

C_D = Koefisien *drag*

ρ = *Density* (kg/m^3)

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

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

U = Kecepatan fluida (m/s)

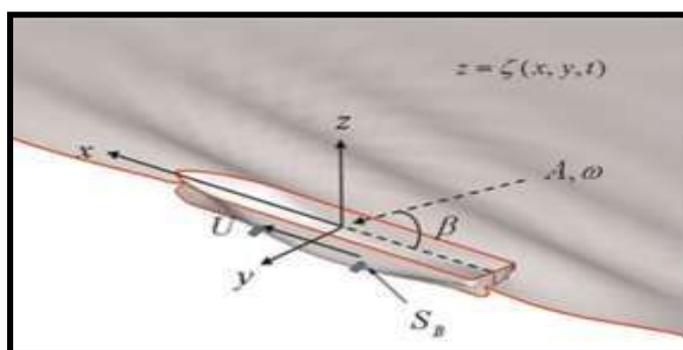
2.6. Fin

Grid *fin* berfungsi untuk menjaga keseimbangan aerodinamis yang biasanya digunakan pada roket dan rudal (Gambar 2.5). Pemasangan grid *fin* pada roket dan rudal berbeda dengan *fin* konvensional yang sejajar dengan arah aliran fluida, grid *fin* dipasang tegak lurus dengan aliran udara yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi hambatan (Faza, G.A., *et al.*, 2018).



Gambar 2.5. Grid *fin* yang dipasang pada Roket SpaceX Falcon 9 (Faza, G.A., *et al.*, 2018).

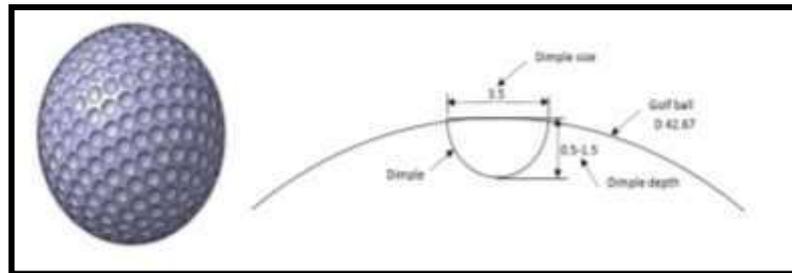
Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kim, J.H., (2011) dengan metode komputasi, penambahan *fin* pada bagian lambung kapal pesiar dapat mengurangi pengaruh gerakan *roll* (oleng) akibat gelombang air laut. Pada pengujian ini, kapal pesiar dilengkapi dengan dua pasang *fin* dengan aspek rasio yang tinggi untuk mengurangi terjadinya gerakan *roll* (oleng) sehingga menghasilkan gaya angkat yang relatif besar pada bagian *fin*s tersebut. Fenomena ini ditunjukkan pada gambar 2.6 (Kim, J.H., and Kim, Y.H., 2011).



Gambar 2.6. Sistem koordinat penempatan *fin* pada lambung kapal pesiar (Kim, J.H., and Kim, Y.H., 2011).

2.7. Dimple

Sejarah ditemukannya *dimple* atau cekungan pada permukaan sebagai teknik kontrol aliran, diawali oleh fenomena yang terjadi pada bola golf yang diteliti oleh Bearman pada 1973. Pada mulanya bola golf yang dipakai tidak memiliki tekstur *dimple* seperti yang digunakan saat ini (gambar 2.7). Bola golf yang sudah lama terpakai yang memiliki tekstur permukaan yang tidak lagi rata, justru memiliki lintasan yang lebih jauh setelah dipukul. Sejak saat itu bola golf dibuat memiliki tekstu permukaan berupa *dimple*.



Gambar 2.7. Model bola golf (Chowdhury, H., *et al.*, 2016)

Aerodinamika bola golf menjadi perhatian besar tidak hanya untuk pembuatan bola golf tetapi juga untuk pemain golf karena jenis bola golf yang digunakan dapat sangat mempengaruhi kinerja pemain. Lintasan terbang dipengaruhi oleh gaya aerodinamis yang diberikan pada bola terutama karena variasi geometri *dimple* pada bola golf tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Choi tentang bagaimana *dimple* dapat memicu aliran turbulen di sekitar bola golf dan mengurangi hambatan secara signifikan. *Dimpling* permukaan menggeser daerah kritis ke bilangan Reynolds yang jauh lebih rendah dan pada daerah kritis, koefisien hambatan berkurang hampir 50% dibandingkan dengan bola halus. Setelah daerah kritis, koefisien drag meningkat dengan meningkatnya bilangan Reynolds. Mereka juga menemukan bahwa bilangan Reynolds kritis di mana koefisien drag minimal mungkin bergantung pada ukuran *dimple*, kedalaman dan bentuk (Chowdhury, H., *et al.*, 2016)