

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *DIMPLE* KONFIGURASI SEJAJAR
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL
KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD SYAFRIL HIDAYAT

D021171005



DEPARTEMEN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *DIMPLE* KONFIGURASI SEJAJAR
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL
KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD SYAFRIL HIDAYAT

D021171005

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

DEPARTEMEN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *DIMPLE* KONFIGURASI SEJAJAR
TERHADAP HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL
KENDARAAN**

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD SYAFRIL HIDAYAT

D021171005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 19 Agustus 2021

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 : Muhammad Syafril Hidayat
NIM : D021171005
Departemen : Teknik Mesin
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“ANALISIS PENGARUH *FIN* DAN *DIMPLE* KONFIGURASI SEJAJAR
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.

Makassar, 12 Agustus 2021

Yang membuat Pernyataan,



Muhammad Syafril Hidayat

ABSTRACT

Muhammad Syafril Hidayat, *Analysis of the effect of fin and dimple parallel configurations on aerodynamic drag on vehicle models* (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 mechanic's laboratory of the Mechanical Engineering department. This study aims to determine the effect of passive control in the form of *fin* and *dimple* parallel configuration on the aerodynamic drag of the vehicle model. The object of this research is the Ahmed body which has modified the flow direction and the geometric slope of the face is 30°. 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 (C_P), and *drag* coefficient (C_D). 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 with the highest reduction of 8.999% for the computational approach and 9.375% for the experimental approach.

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

ABSTRAK

Muhammad Syafril Hidayat, *Analisis pengaruh fin dan dimple konfigurasi sejajar 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 mengetahui pengaruh kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar terhadap drag aerodinamika model kendaraan. Objek penelitian ini adalah Ahmed body yang telah dimodifikasi arah aliran serta kemiringan geometri muka 30° . 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 olakan pada bagian belakang model uji. Nilai koefisien tekanan minimum mampu ditingkatkan dan mengurangi nilai koefisien *drag* dengan reduksi tertinggi sebesar 8.999 % untuk pendekatan komputasi dan 9.375 % untuk pendekatan eksperimental.

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

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Puji Syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wata'ala, karena atas kehendak-Nya penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Tak lupa pula shalawat beserta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wasallam*, manusia yang menjadi panutan kita menjalani kehidupan di dunia ini. Dengan izin dan rahmat dari Allah semata penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: **Analisis Pengaruh *Fin* dan *Dimple* Konfigurasi Sejajar Terhadap Hambatan Aerodinamika pada Model Kendaraan** 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. Jalaluddin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada tesis ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Muing, S.Pd., M.Pd. dan Ibu Siti Aisyah S.Pd., beserta saudara dan saudari penulis yang telah menjadi sumber semangat dan motivasi penulis selama ini.
2. Yth. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Yth Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, 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. 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

6. Staf Departemen Teknik Mesin, terkhusus Ibu Suri, Pak Irwan dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu.
7. Teman-teman Asisten Laboratorium Mekanika Fluida yang setia menemani selama masa pengambilan data dan penulisan tugas akhir.
8. Saudara-saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2017 ZYNCROMEZH yang telah memberi semangat, dukungan, maupun doa dan kerja sama yang sudah dijalani selama ini semoga kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
9. Kanda-kanda 2015 dan 2016 serta adik-adik tingkat yang telah memberi bantuan selama proses perkuliahan maupun masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. 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 penelitian-penelitian selanjutnya.

Gowa, 12 Agustus 2021

Muhammad Syafril Hidayat

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Lapisan Batas	5
2.2. Separasi Aliran	6
2.3. Distribusi Tekanan Aliran	7
2.4. <i>Drag</i> Aerodinamika.....	9
2.5. <i>Dimple</i>	9
2.6. <i>Fin</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2. Objek Penelitian	13
3.3. Pendekatan Komputasi	16
3.4. Pendekatan Eksperimental	20
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Karakteristik aliran	24
4.2. Koefisien Tekanan (C_p)	41
4.3. Koefisien <i>Drag</i>	117

BAB V PENUTUP	142
5.1. Kesimpulan.....	142
5.2. Saran.....	143
DAFTAR PUSTAKA	144
DOKUMENTASI	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Karakteristik dari lapisan batas pada pelat datar (Munson, 2002)...	5
Gambar 2. 2. Separasi Aliran pada Benda Tegak (Cengel & Cimbala, 2006)	7
Gambar 2. 3. Distribusi tekanan pada mobil (Munson, 2002)	8
Gambar 2. 4. <i>Ahmed body</i> dengan penambahan <i>dimple</i> (Stanly et al, 2016)	10
Gambar 2. 5. Geometri pelat datar dengan (a) dua baris <i>dimple</i> cekung, (b) 8 baris <i>dimple</i>	11
Gambar 2. 6. Ilustrasi penempatan <i>fin</i> pada area bawah lambung kapal (Wishnu Willy).....	12
Gambar 2. 7. Pengaplikasian <i>Fin</i> pada <i>Centerbulb</i> (Yosafat Nugraha Putra et al, 2017).....	12
Gambar 3. 1. Dimensi model uji Panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm, dan sudut bagian depan 30°	14
Gambar 3. 2. Dimensi model <i>fin</i> 1.....	14
Gambar 3. 3. Dimensi model <i>fin</i> 2.....	15
Gambar 3. 4. Dimensi model <i>fin</i> 3.....	15
Gambar 3. 5. Dimensi model uji yang telah di modifikasi dengan penambahan <i>fin</i> dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	16
Gambar 3. 6. Lokasi pengambilan data medan tekanan model tanpa kontrol.....	19
Gambar 3. 7. Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian atas dengan kontrol pasif.....	19
Gambar 3. 8. Lokasi pengambilan data medan tekanan bagian belakang dengan kontrol pasif.....	20
Gambar 3. 8. <i>Wind tunnel</i>	21
Gambar 3. 9. Sketsa Penempatan model Uji pada <i>load cell</i> dan kalibrasi	22
Gambar 3. 10. Diagram alir penelitian	23

Gambar 4. 1. Karakteristik aliran pada model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	25
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>	27
Gambar 4. 3. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 1 posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	29
Gambar 4. 4. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 1 posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	31
Gambar 4. 5. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2 posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	33
Gambar 4. 6. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2 posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	34
Gambar 4. 7. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 2 posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	36
Gambar 4. 8. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3 posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	37
Gambar 4. 9. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3 posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	39
Gambar 4. 10. Karakteristik aliran untuk model uji dengan <i>fin</i> 3 posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	40
Gambar 4. 11. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	45
Gambar 4. 12. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	49
Gambar 4. 13. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	52

Gambar 4. 14. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	56
Gambar 4. 15. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	60
Gambar 4. 16. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	63
Gambar 4. 17. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	67
Gambar 4. 18. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	70
Gambar 4. 19. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	75
Gambar 4. 20. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	78
Gambar 4. 21. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	82
Gambar 4. 22. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	85
Gambar 4. 23. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	89

Gambar 4. 24. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	93
Gambar 4. 25. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	97
Gambar 4. 26. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	101
Gambar 4. 27. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	104
Gambar 4. 28. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	108
Gambar 4. 29. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	111
Gambar 4. 30. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	115
Gambar 4. 31. Nilai koefisien <i>drag</i> model uji tanpa kontrol.....	118
Gambar 4. 32. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	119
Gambar 4. 33. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	120
Gambar 4. 34. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	121

Gambar 4. 35. Nilai koefisien <i>drag</i> model uji tanpa kontrol.....	123
Gambar 4. 36. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	124
Gambar 4. 37. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	125
Gambar 4. 38. Hubungan nilai koefisien <i>drag</i> pedekatan 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>	126
Gambar 4. 39. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan ekxperimental untuk model uji tanpa kontrol dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	128
Gambar 4. 40. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	129
Gambar 4. 41. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan ekxperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	130
Gambar 4. 42. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	132
Gambar 4. 43. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	133
Gambar 4. 44. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	134
Gambar 4. 45. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> sejajar dengan variasi kecepatan <i>upstream</i>	136

- Gambar 4. 46.** Perbandingan nilai koefisien *drag* komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan *fin* 3 pada posisi depan dan *dimple* sejajar dengan variasi kecepatan *upstream*..... 137
- Gambar 4. 47.** Perbandingan nilai koefisien *drag* komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan *fin* 3 pada posisi tengah dan *dimple* sejajar dengan variasi kecepatan *upstream*..... 138
- Gambar 4. 48.** Perbandingan nilai koefisien *drag* komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan *fin* 3 pada posisi belakang dan *dimple* sejajar dengan variasi kecepatan *upstream*..... 140

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Kondisi batas model kendaraan.....	17
Tabel 4. 1. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji tanpa kontrol	42
Tabel 4. 2. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji tanpa kontrol.....	46
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.....	50
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.....	54
Tabel 4. 5. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	57
Tabel 4. 6. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	61
Tabel 4. 7. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar..	64
Tabel 4. 8. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	68
Tabel 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.....	72
Tabel 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.....	76
Tabel 4. 11. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	79
Tabel 4. 12. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	83
Tabel 4. 13. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar..	87
Tabel 4. 14. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	90

Tabel 4. 15. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	95
Tabel 4. 16. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	98
Tabel 4. 17. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar....	102
Tabel 4. 18. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	105
Tabel 4. 19. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar	109
Tabel 4. 20. Nilai koefisien tekanan minimum pada bagian atas model uji dengan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	112
Tabel 4. 21 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol.....	118
Tabel 4. 22. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	119
Tabel 4. 23. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	120
Tabel 4. 24. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	121
Tabel 4. 25 Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji tanpa kontrol.....	123
Tabel 4. 26. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 1 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	124
Tabel 4. 27. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 2 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	125
Tabel 4. 28. Nilai koefisien <i>drag</i> pada model uji dengan <i>fin</i> 3 dan <i>dimple</i> konfigurasi sejajar.....	126
Tabel 4. 29. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji tanpa kontrol.....	127
Tabel 4. 30. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi depan dan <i>dimple</i> sejajar	129

Tabel 4. 31. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> sejajar	131
Tabel 4. 32. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 1 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> sejajar	131
Tabel 4. 33. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi depan dan <i>dimple</i> sejajar	133
Tabel 4. 34. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> sejajar	135
Tabel 4. 35. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 2 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> sejajar	135
Tabel 4. 36. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 pada posisi depan dan <i>dimple</i> sejajar	137
Tabel 4. 37. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 pada posisi tengah dan <i>dimple</i> sejajar	139
Tabel 4. 38. Perbandingan nilai koefisien <i>drag</i> komputasi dan eksperimental untuk model uji penambahan <i>fin</i> 3 pada posisi belakang dan <i>dimple</i> sejajar	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri mobil kian hari memberikan banyak permasalahan, selain permasalahan lingkungan terkait emisi yang dihasilkan permasalahan mengenai cara mengoptimalkan daya dorong yang dihasilkan dari proses pembakaran dari *engine* memberikan tantangan tersendiri bagi para peneliti untuk menemukan desain mobil yang tepat untuk diaplikasikan. Stabilitas mobil menjadi pokok permasalahan mengenai kenyamanan pengemudi akibat besarnya hambatan aerodinamika yang diterima. Hambatan aerodinamika terjadi akibat aliran fluida yang bergerak secara teratur kemudian terpecah menciptakan separasi aliran yang menimbulkan penurunan tekanan secara drastis (Rustan Tarakka et al, 2018).

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

Upaya-upaya telah dilakukan untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada mobil penumpang, salah satunya dengan menggunakan penerapan kontrol aktif maupun kontrol pasif. *ahmed body* yang telah diberikan perlakuan metode kontrol pasif dengan memodifikasi bentuk kendaraan berupa penambahan *dimple* di seluruh permukaan miring belakang maupun metode kontrol aktif terbukti dapat mempengaruhi medan aliran sehingga dapat mengurangi hambatan (Mominul Islam & Zoynal Abedin, 2019). Dalam penelitian yang dilakukan Grover Shabir pada tahun 2017 menggunakan model *ahmed body* dengan penambahan

kontrol pasif berupa *dimple* di bagian belakang yang tersusun dapat mengurangi 0,3% hambatan aerodinamika.

Selain itu pada tahun 2016 penelitian yang dilakukan oleh Marsaut Maurit Rumapea et al dengan menambahkan *fin* pada *rudder* kapal menemukan bahwa dengan penambahan 2 *fin* dapat mengurangi nilai *drag* sebesar 64% dari nilai *drag* tanpa menggunakan *fin* dan mempunyai rasio L/D tertinggi sebesar 8.16. Penelitian serupa juga telah dilakukan Yosafat Nugraha Putra et al pada tahun 2017 menemukan bahwa penambahan *fin* pada *centerbulb* kapal Katamaran mampu mengurangi hambatan total sebesar 20% yaitu 1.65 N pada kecepatan tinggi dengan Fraude Number = 0.35, jumlah *fin* yang ditambahkan sebanyak 6 buah, serta dengan ukuran lebar *fin* 0.13 m.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian dengan judul : **“Analisis pengaruh *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar terhadap hambatan aerodinamika pada model kendaraan”**

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik aliran pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar?
2. Bagaimana nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar?
3. Bagaimana nilai koefisien *drag* pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar?

1.3. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis karakteristik aliran pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar
2. Menganalisis nilai koefisien tekanan pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar
3. Menganalisis nilai koefisien *drag* pada model kendaraan tanpa kontrol aliran dan menggunakan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar

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 30° dan 35° terhadap sumbu horizontal.
4. Kecepatan aliran *upstream* 11,1 m/s (40 km/h), 13,9 m/s (50 km/h), 16,7 m/s (60 km/h), 19,4 m/s (70km/h), dan 22,2 m/s (80 km/h).
5. Kontrol pasif yang digunakan adalah *fin* dan *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, 11,5 mm, dan 21,5 mm.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas

Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi generasi - generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

3. Bagi Industri

Sebagai referensi bagi industri otomotif untuk memproduksi kendaraan ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan bahan bakar.

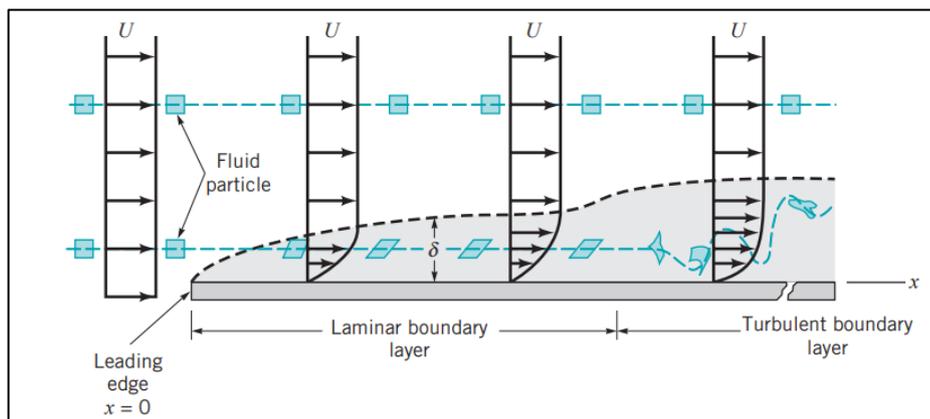
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lapisan Batas

Lapisan batas merupakan sebuah area tipis di permukaan suatu benda dimana daerah efek-efek viskos sangat penting dan diluarnya fluida berperilaku seakan-akan inviscid. Lapisan batas muncul pada permukaan benda karena sifat viskositas dari fluida yang cenderung menempel pada permukaan yang bersifat stationer menyebabkan aliran fluida di atasnya melambat karena interaksi berupa tumbukan antarmolekul. Kecepatan pada daerah lapisan batas meningkat secara perlahan hingga mencapai kecepatan aliran bebas (*freestream*).

Proses terbentuknya lapisan batas divisualisasikan dengan menganimasikan aliran di sepanjang sebuah pelat rata. Kondisi dimana lapisan batas terbentuk pada sebuah plat datar dengan panjang tak terhingga yang disepanjangnya mengalir suatu fluida viskos tak mampu-mampat dengan kecepatan U dapat dilihat pada Gambar 2.1. Jika permukaannya melengkung (misalnya sebuah silinder bundar atau airfoil), struktur lapisan batas akan lebih rumit.



Gambar 2. 1. Karakteristik dari lapisan batas pada pelat datar (Munson, 2002)

Jika bilangan Reynolds bernilai tinggi, hanya fluida di dalam lapisan batas relative tipis pada pelat yang merasakan efek dari pelat. Artinya selain di area mendekati pelat, kecepatan aliran pada dasarnya akan sebesar $V = U i$, yaitu kecepatan hulu. Untuk pelat datar dengan panjang tak terhingga yang membentang

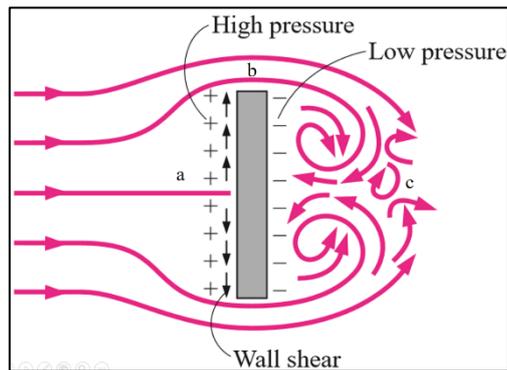
dari $x = 0$ sampai $x = \infty$, untuk mendefinisikan bilangan Reynolds yang dimiliki cenderung lebih susah dikarenakan salah satu parameter yang digunakan yaitu panjang karakteristik tidak diketahui serta plat tidak memiliki ketebalan dan panjangnya tidak terbatas.

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

2.2. Separasi Aliran

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

Pada Gambar 2.2 ditunjukkan skema proses terjadinya separasi aliran pada benda tegak. Timbulnya separasi aliran merupakan bentuk efek dari viskositas fluida (Munson, 2002). Hal ini disebabkan efek viskos, fluida di titik b pada permukaan benda kehilangan energi kinetik sehingga tidak memiliki momentum untuk mengalir dalam lapisan. Titik a adalah titik dimana separasi aliran terjadi. Sedangkan di titik c terjadi aliran balik (*wake*) karena perbedaan tekanan yang cukup besar antara sisi depan dan sisi belakang benda.

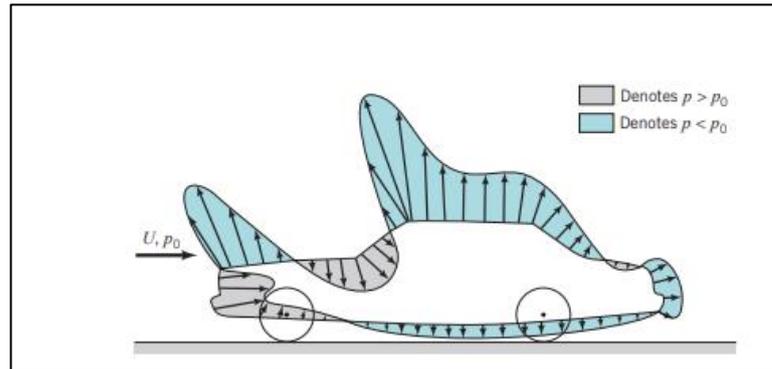


Gambar 2. 2. Separasi Aliran pada Benda Tegak (Cengel & Cimbala, 2006)

Pada kendaraan, separasi aliran yang terjadi sangat kompleks. Separasi aliran terjadi di seluruh bagian luar kendaraan. Hal ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kompleksitas aliran. Perbedaan tekanan ini menimbulkan fenomena hisapan kearah belakang akibat aliran balik yang terjadi pada bagian belakang kendaraan (Hilleman, 2007). 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 (Bruneau, 2010). 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).

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 mobil (Munson, 2002)

Pada gambar 2.3. ketika aliran udara melewati mobil terjadi, perubahan kecepatan lokal di sekitar mobil, akibatnya terjadi perubahan tekanan statik seperti tekanan Bernoulli. Distribusi tekanan menentukan daya angkat, pitching moment, form *drag* dari mobil, serta posisi dari pusat tekanan. Tekanan biasa ditunjukkan dengan koefisien tekanan. Koefisien tekanan adalah selisih antara pengukuran lokal dengan tekanan aliran bebas dibagi dengan tekanan dinamis.

Untuk menghitung koefisien tekanan, digunakan persamaan sebagai berikut (Munson, 2002):

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

Dengan:

C_p = Koefisien tekanan

P = tekanan pada permukaan model uji (P_a)

P_0 = tekanan streamline atau garis arus (P_a)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

U_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) :

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

Dengan:

C_D = Koefisien *drag*

ρ = *Density* (kg/m³)

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

A = Luas daerah yang mengalami gesekan (m²)

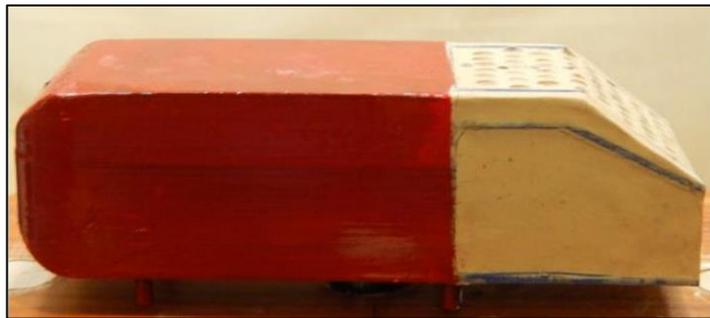
U = Kecepatan fluida (m/s)

2.5. Dimple

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*.

Dari percobaan yang dilakukan oleh Stanly et. al. pada tahun 2016 menggunakan *ahmed body* yang terlihat pada Gambar 2.4 dengan sudut miring 25° dan 35° , ditemukan bahwa *dimple* dapat mengurangi *drag* pada kecepatan rendah untuk model dengan sudut miring 25° , tetapi meningkatkan *drag* pada kecepatan tinggi untuk model dengan kemiringan 35° sudut. Untuk *ahmed body* 25° dengan penggunaan *dimple*, pada kecepatan rendah, udara mengalir di sepanjang lekukan *dimple* dan dipastikan bahwa jarak yang lebih jauh dari aliran kecepatan rendah menghasilkan sebuah daerah separasi yang jauh lebih kecil, sehingga menyebabkan pengurangan tekanan *drag*. Sedangkan untuk *ahmed body* 35° yang sudah memiliki daerah separasi yang lebih besar, *dimple* memicu pemisahan aliran sebelumnya pada kecepatan aliran yang lebih tinggi, yang menghasilkan daerah separasi lebih besar dan tekanan *drag* yang lebih tinggi.

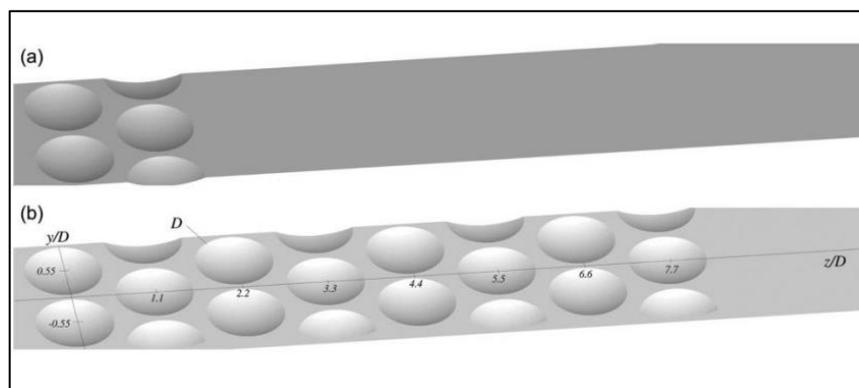


Gambar 2. 4. *Ahmed body* dengan penambahan *dimple* (Stanly et al, 2016)

Beratlis et.al (2014) melakukan studi pengaruh *dimple* pada lapisan batas laminar melalui DNS pada aliran melalui dua baris dan delapan baris *dimple*. Dalam kedua kasus *dimple* efektif mengubah lapisan batas menuju kondisi menyerupai turbulen pada bilangan Reynolds rendah dapat dilihat pada Gambar 2.5. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan geser yang terbentuk melalui *dimple* dua baris pertama menjadi tidak stabil dan gulungan menjadi lembaran pusaran yang koheren. Lembaran pusaran mentransformasi diri menjadi sebuah paket vortisitas yang bereorientasi menjadi bentang vortisitas ke streamwise. Dinamika aliran ketika vortisitas ini merambat melewati pelat datar atau melalui serangkaian *dimple*

menjadi sangat berbeda. Untuk kasus pertama dinamika aliran mendekati nol gradien tekanan lapisan batas turbulen sedangkan untuk kasus terakhir gradien tekanan lokal dan selanjutnya ketidakstabilan lapisan geser memiliki efek mendalam pada transportasi momentum di lapisan batas.

Khususnya ketika beberapa baris *dimple* digunakan vortisitas streamwise dengan peningkatan kekuatan ditemukan dalam *dimples* yang meningkatkan pencampuran di lapisan batas. Akibatnya lapisan batas tumbuh lebih tebal melewati *dimple* dan tetap konsisten menebal hingga meninggal wilayah *dimple* dengan perpindahan dan ketebalan momentum yang lebih besar. Perhitungan energi kinetik turbulen juga mengungkapkan bahwa dinamika selama *dimple* lebih besar dari lapisan pencampuran di mana lebih banyak energi yang diproduksi dan diangkut menjauh dari permukaan pelat datar. Perhitungan melewati *dimple sphere* dengan kesamaan susunan *dimple* memverifikasi bahwa separasi menyeluruh tertunda ketika satu baris lesung digunakan sebagai fasilitator yang konsisten dihasilkan ketika melewati pelat yang ber*dimple*.

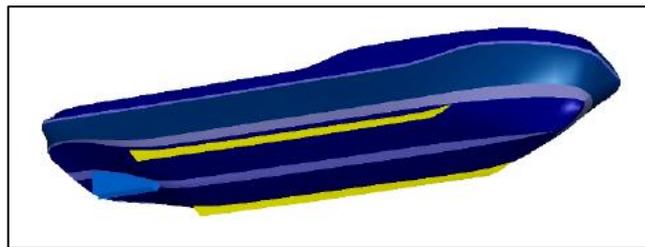


Gambar 2. 5. Geometri pelat datar dengan (a) dua baris *dimple* cekung, (b) 8 baris *dimple* cekung (Beratlis et.al, 2014)

2.6. *Fin*

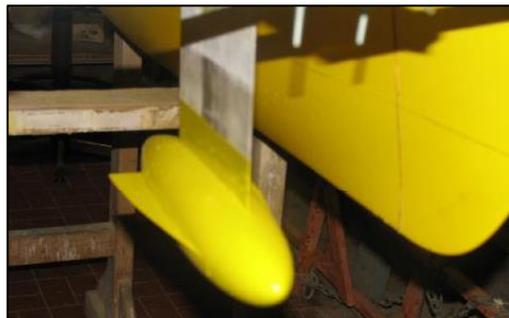
Fin stabilizer berfungsi untuk menjaga keseimbangan kapal pada saat kapal berada di atas air dan bekerjanya berdasarkan prinsip pengontrolan posisi *fin*. Peralatan tersebut dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gerakan *roll* (oleng) kapal yang disebabkan gelombang air laut. Pengujian terhadap tahanan kapal akibat

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



Gambar 2. 6. Ilustrasi penempatan *fin* pada area bawah lambung kapal (Wishnu Willy Permata et al, 2013)

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



Gambar 2. 7. Pengaplikasian *Fin* pada *Centerbulb* (Yosafat Nugraha Putra et al, 2017)