

Pengaruh Penerapan Kontrol Pasif Aliran Pada Analisis Komputasi Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan

(Effect of Passive Flow Control Application on Computational Analysis of Vehicle Models Aerodynamic Drag)

RUSTAN TARAKKA, NASARUDDIN SALAM, JALALUDDIN, MUHAMMAD SYAFRIL H,
IKHWANUL KHAIR, IKHWAL KAISAR M.A.T

ABSTRACT

Vehicle stability is the main issue regarding driver comfort due to the enormous aerodynamic drags generated. Aerodynamics drag occurs as a result of fluid flows that flow steady before breaking up to form flow separations which lead to a drastic drop in pressure. The passive flow control is one of the alternatives which could give a positive influence on delays of flow separation on vehicles. The purpose of this study is to analyze the influence of the use of passive flow control on vehicle models. The objective of this study is the Ahmed body which has modified the flow direction and the slant geometry of 30° . This study was conducted with a computational approach by utilizing the Computational Fluid Dynamics (CFD) program ANSYS Fluent 6.3.26. The passive flow control used is a combination of fin and parallel dimple configurations. The fin was measured from the back wall of the test model where it is placed with three position variations; $x_1=1.5$ mm, $x_2=11.5$ mm, and $x_3=21.5$ mm. Simultaneously, the parallel dimple configuration with a dimple ratio of 0.5 is placed on the curved side at the back of the test model. The upstream speeds were at 22.2 m/s. The results showed that the role of passive control in the place of fin and parallel dimple configurations could delay the flow separation and minimize the wake on the back of the test model. The minimum pressure coefficient value can be increased to reduce the value of the aerodynamic drag coefficient with the highest reduction value of 8.999%.

Keywords: CFD, fin, dimple, pressure coefficient, aerodynamic drag coefficient

PENDAHULUAN

Stabilitas mobil menjadi pokok permasalahan mengenai kenyamanan pengendara 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 (Tarakka R. et al., 2018).

Separasi aliran yang terjadi pada model kendaraan sangat kompleks dan terjadi di seluruh bagian luar kendaraan yang bersentuhan langsung dengan aliran. Akibatnya aliran yang timbul memiliki kompleksitas tinggi. Pada bagian muka model kendaraan akan memiliki tekanan yang tinggi dan rendah pada bagian belakang. Perbedaan tekanan ini menimbulkan fenomena hisapan ke arah belakang dan aliran

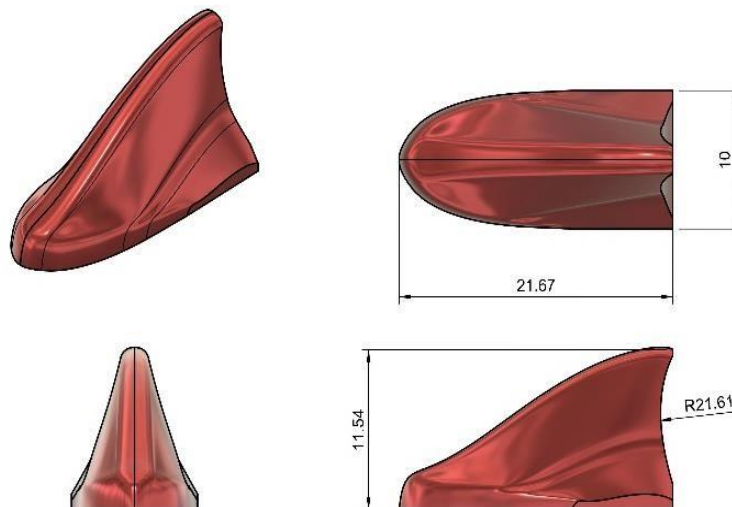
balik yang terjadi pada bagian belakang kendaraan. Selain itu, semakin cepat separasi aliran terjadi, maka pembentukan *wake* dan *vortex* di bagian belakang kendaraan akan semakin besar. Fenomena ini menjadi kontributor utama pada besarnya hambatan aerodinamika pada kendaraan dan berdampak terhadap efisiensi kinerja kendaraan yang semakin rendah (Hilleman T.B, 2007, Bruneau C.H, 2010, Ragavan, T., et al., 2014, Sukardin M.S. et al., 2021).

Upaya-upaya telah dilakukan untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan, salah satunya dengan menggunakan kontrol aktif aliran maupun kontrol pasif aliran. *Ahmed body* yang telah diberikan perlakuan metode kontrol pasif aliran dengan memodifikasi bentuk kendaraan berupa penambahan *dimple* di seluruh permukaan miring belakang (Roumeas M., 2008 et al., 2008, Tarakka R. et al., 2018). Dalam penelitian yang dilakukan Grover S., et al pada

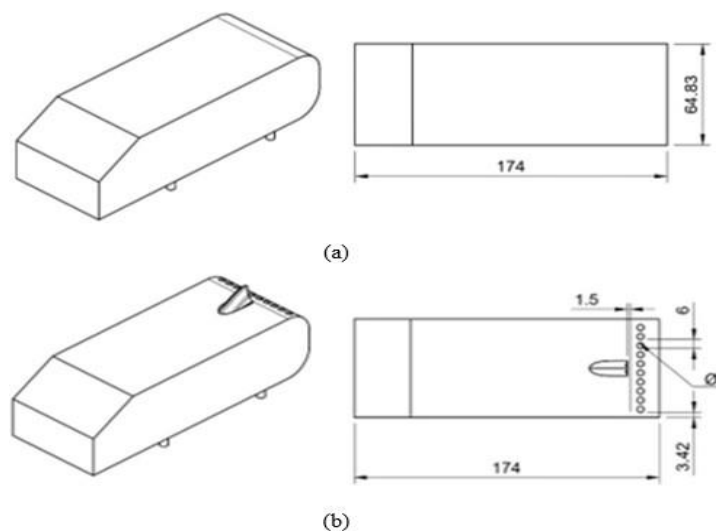
tahun 2017 yang menggunakan model *Ahmed body* dengan penambahan kontrol pasif aliran berupa *dimple* di bagian belakang yang tersusun dapat mengurangi 0,3% hambatan aerodinamika. Sementara itu, pada tahun 2016 Rumapea M.M. et.al. melakukan penelitian dengan menambahkan *fin* pada *rudder* kapal dan menemukan bahwa dengan penambahan 2 *fin* dapat mengurangi nilai *drag* sebesar 64% dari nilai *drag* tanpa menggunakan *fin* dengan rasio *L/D* tertinggi sebesar 8.16. Penelitian serupa juga telah dilakukan Putra Y.N., et al. pada tahun 2017 dan 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, dengan lebar *fin* 0.13 m.

METODOLOGI

Objek penelitian yang digunakan adalah *bluff body* model kendaraan (*reversed Ahmed body*). Adapun dimensi model uji adalah panjang 174 mm, lebar 64.83 mm, tinggi 48 mm dengansudut bagian depan 30°. Modifikasil model *Ahmed body* dilakukan agar menyerupai mobil penumpang yang banyak diminati di Indonesia yang cenderung berbentuk *Multi Purpose Vehicle (MPV)* atau sering disebut mobil keluarga (*family van*). Penelitian ini menggunakan model *fin* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dengan variasi posisi *fin* adalah $x_1=1.5$ mm, $x_2=11.5$ mm, dan $x_3=21.5$ mm. Sementara, *dimple rasio* yang digunakan adalah 0.5. Penggunaan kontrol pasif berupa *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model uji terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Model kontrol pasif aliran berupa fin



Gambar 2. (a) Model uji tanpa kontrol pasif aliran (b) Model uji dengan kontrol pasif aliran berupa *fin* dan *dimple*

Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasi menggunakan software CFD Fluent 6.3 dengan model turbulensi k-epsilon standard

dengan persamaan seperti yang ditunjukkan pada Pers. 1 dan Pers. 2 (User's Guide Manual of Fluent 6.3, 2006).

a. Energi Kinetik

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho_g - Y_M + S_k \quad (1)$$

b. Laju Disipasi

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \epsilon u_i) = \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1g} \frac{P_g}{k} + C_{2g} \frac{P_b}{k} - C_{3g} \frac{\rho \epsilon^2}{k^2} + S_\epsilon \quad (2)$$

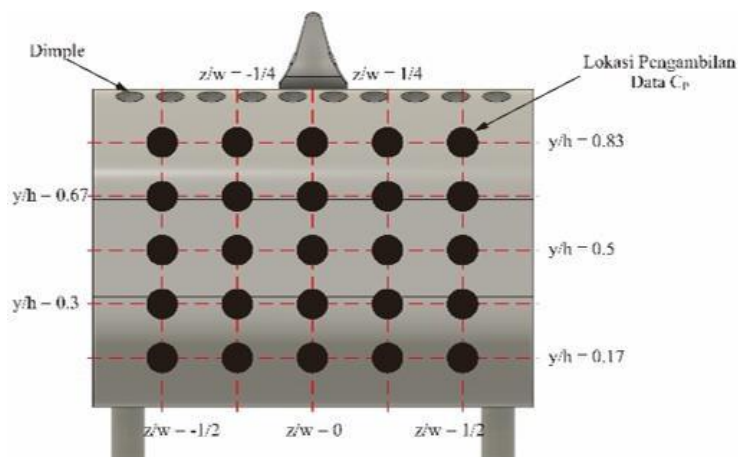
Hubungan Gaya drag dengan koefisien drag yang terjadi pada model kendaraan ditampilkan pada Pers. 3.

$$C_D = \frac{F}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (3)$$

Tipe meshing yang digunakan adalah tet/hybrid jenis hex core dengan kondisi batas yang dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi batas komputasi

Kondisi Batas	Jenis	Nilai
Inlet	Velocity inlet	22,2 m/s
Outlet	Pressure outlet	0 Pa (gauge)
Model	Wall	-
Wall/Wind Tunnel	Wall	-



Gambar 3. Lokasi pengambilan data medan tekanan

Adapun lokasi pengambilan data medan tekanan difokuskan pada lima area berbeda pada bagian belakang, yaitu $z/w = -1/2$, $z/w = -1/4$, $z/w = 0$,

$z/w = 1/2$ dan $z/w = 1/4$ sepanjang sumbu horizontal serta 5 area yaitu $y/h = 0.83$, $y/h = 0.67$, $y/h = 0.50$, $y/h = 0.30$, dan $y/h = 0.17$

sepanjang sumbu vertikal. Dengan demikian, akan diperoleh data sebanyak 25 titik untuk bagian belakang model, dimana z/w adalah perbandingan antara lebar *grid* dengan lebar model dan y/h adalah perbandingan antara tinggi *grid* dengan tinggi model. Lokasi pengambilan data distribusi tekanan dengan pendekatan komputasi diberikan pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

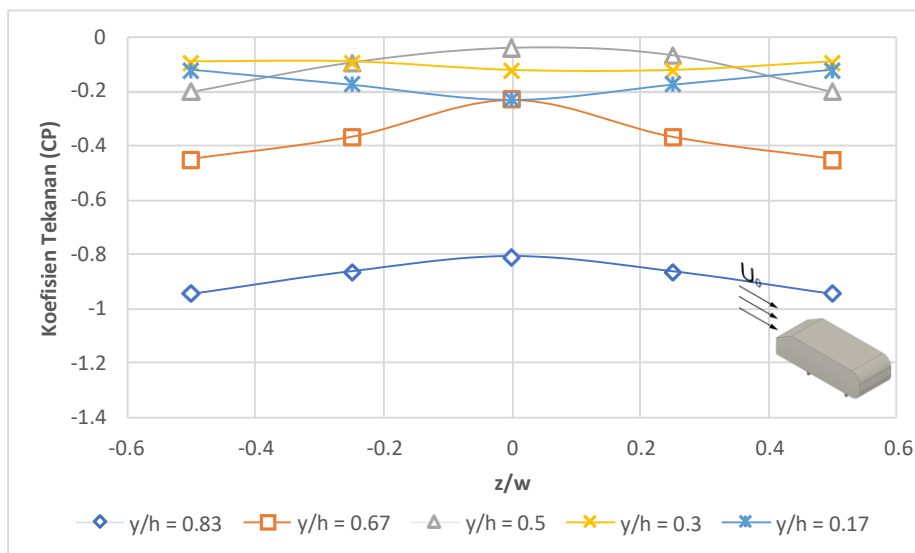
1. Medan Tekanan

Nilai koefisien tekanan untuk kecepatan *upstream* 22.2 m/s pada bagian belakang model

tanpa kontrol pasif aliran diberikan pada Gambar 4 dan Tabel 2. Dari Gambar 4 dan Tabel 2 diperoleh informasi bahwa nilai rata-rata koefisien tekanan minimum bagian belakang model uji tanpa kontrol pasif aliran adalah -0.884. Nilai koefisien tekanan bernilai negatif pada daerah belakang model uji menandakan adanya fenomena hisapan ke arah belakang yang menyebabkan hambatan pada model uji. Sementara itu, pengaruh penerapan *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar pada model uji dengan variasi posisi *fin* dengan kecepatan *upstream* 22.2 m/s diperlihatkan pada Gambar 5 dan dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai koefisien tekanan minimum bagian belakang model uji tanpa kontrol pasif aliran

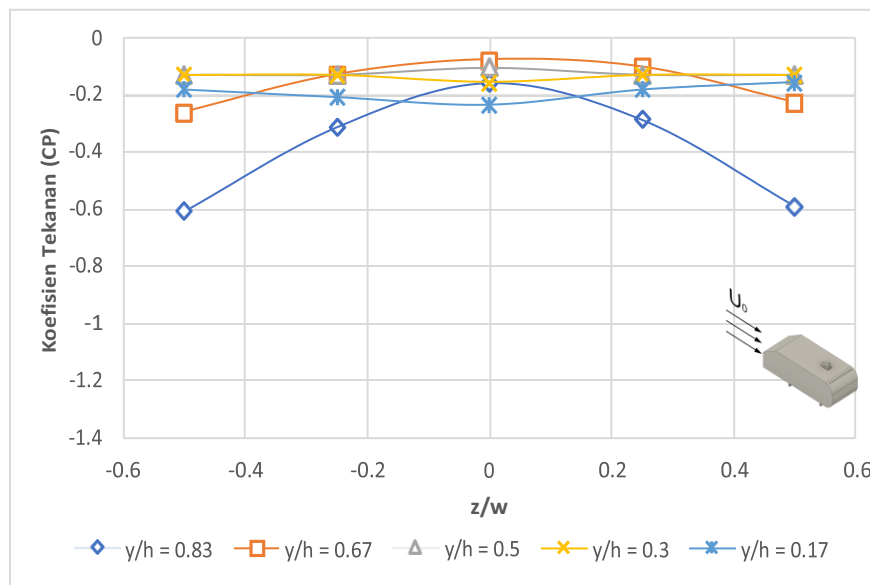
Posisi (z/w)	Koefisien tekanan
-1/2	-0.944
-1/4	-0.862
0	-0.807
1/4	-0.862
1/2	-0.944
Rata-rata	-0.884



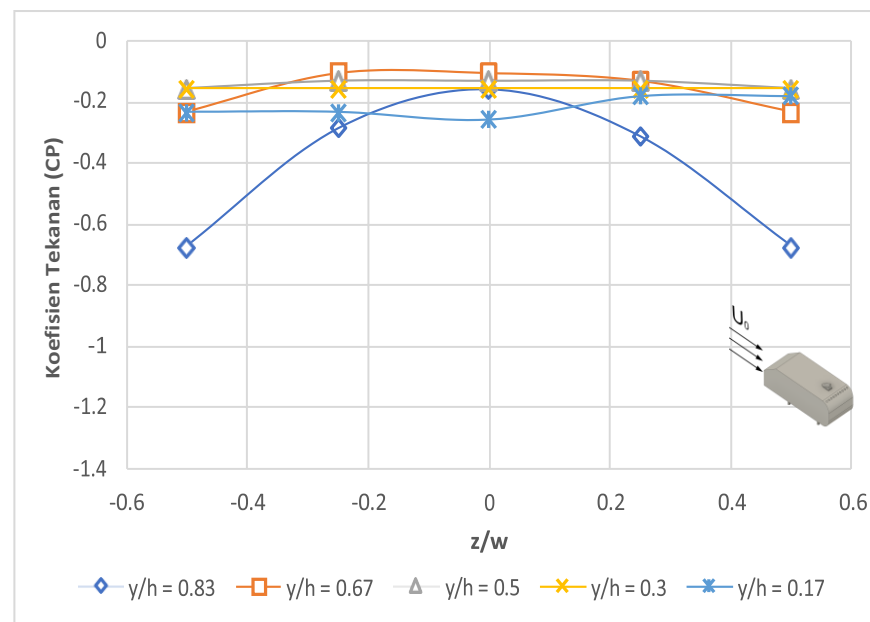
Gambar 4. Distribusi tekanan pada bagian belakang model uji tanpa kontrol pasif aliran

Tabel 3. Nilai koefisien tekanan minimum bagian belakang model uji dengan *fin* dan *dimple* konfigurasi sejajar

Posisi (z/w)	Koefisien tekanan, Cp		
	Posisi fin, x (mm)		
	x ₁ =1.5	x ₂ =11.5	x ₃ =21.5
-1/2	-0.609	-0.674	-0.594
-1/4	-0.311	-0.284	-0.270
0	-0.233	-0.258	-0.323
1/4	-0.285	-0.310	-0.270
1/2	-0.590	-0.674	-0.594
Rata-rata	-0.406	-0.440	-0.410

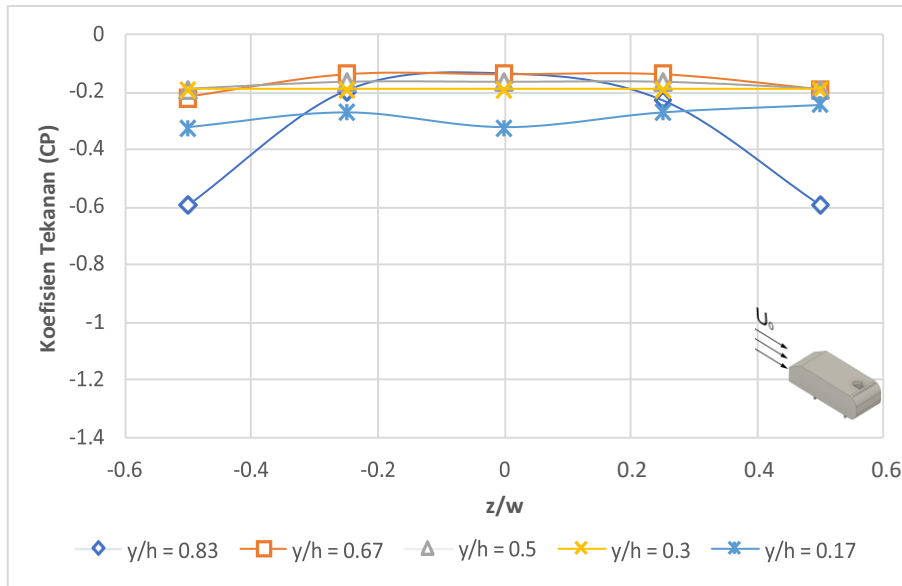


(a).

Posisi *fin*, x₁ = 1.5 mm

(b).

Posisi *fin*, x₂ = 11.5 mm



(c). Posisi fin, $x_3 = 21.5$ mm

Gambar 5. Distribusi tekanan pada bagian belakang model uji dengan fin dan dimple konfigurasi sejajar

Dari Tabel 3 dan Gambar 5, diperoleh nilai rata-rata koefisien tekanan minimum bagian belakang model uji dengan penggunaan kontrol pasif aliran berupa kombinasi fin dan dimple konfigurasi sejajar dengan variasi posisi fin adalah -0.406, -0.440 dan -0.410 untuk masing-masing posisi fin yaitu $x_1=1.5$ mm, $x_2=10.5$ mm dan $x_3=21.5$ mm. Dengan demikian, diperoleh peningkatan nilai rata-rata koefisien tekanan sebesar 54.07% untuk posisi fin $x_1=1.5$ mm, 50.23% untuk posisi fin $x_2=10.5$ mm dan 53.62% untuk posisi fin $x_3=20.5$ mm.

2. Koefisien Hambatan Aerodinamika

Nilai koefisien drag model uji tanpa kontrol pasif aliran merupakan pembandingan yang digunakan terhadap model uji yang menggunakan kontrol pasif berupa fin dan dimple konfigurasi sejajar. Nilai koefisien hambatan aerodinamika dan besar reduksi akibat penambahan fin dan dimple konfigurasi sejajar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai koefisien hambatan aerodinamika pada model uji dengan fin dan dimple konfigurasi sejajar

Kecepatan <i>Upstream</i> , U_0 (m/s)	Koefisien hambatan aerodinamika, C_D			
	Posisi fin, x (mm)			Tanpa Kontrol Aliran
	$x_1=1.5$	$x_2=11.5$	$x_3=21.5$	
22.2	1.190	1.195	1.209	1.307
Reduksi (%)	8.999	8.581	7.564	

Informasi dari Tabel 4 bahwa nilai koefisien hambatan aerodinamika untuk model uji tanpa kontrol pasif aliran adalah 1.307. Sementara, dengan penerapan fin dan dimple konfigurasi sejajar sebagai kontrol pasif aliran menunjukkan penurunan nilai koefisien hambatan aerodinamika terbesar diperoleh pada posisi fin $x_1=1.5$ mm sebesar 8.999% dengan nilai koefisien hambatan aerodinamika adalah 1.190.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Grover S. (2017) yang menggunakan *Ahmed body* dengan penambahan dimple memberikan efek penurunan hambatan aerodinamika sebesar 0.3%. dan Rumapea M.M. et al. (2016) dengan penambahan fin pada rudder kapal mengurangi nilai drag sebesar 64%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, penggunaan fin dan *dimple* konfigurasi sejajar dengan variasi posisi fin dengan kecepatan *upstream* 22.2 m/s pada model kendaraan dengan sudut kemiringan geometri depan 30° dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mampu meningkatkan koefisien tekanan minimum pada dinding belakang model kendaraan. Dengan nilai koefisien tekanan minimum rata-rata tertinggi pada posisi fin $x=1.5$ mm sebesar -0.406 dengan peningkatan sebesar 54.07% dari model uji tanpa kontrol pasif aliran -0.840.
2. Mampu mereduksi koefisien hambatan aerodinamika dari model tanpa kontrol pasif aliran sebesar 8.999% pada posisi fin, $x=1.5$ mm

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin melalui Skema Penelitian Dasar Unhas (PDU) Tahun 2022 dengan No. Kontrak 1474/UN4.22/PT.01.03/2022. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala dan Staf Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

DAFTAR PUSTAKA

- Tarakka, Rustan., Arifin, A.S., & Bate, Y.F. (2018). Analisis Komputasi Pengaruh Geometri Muka dan Kontrol Aktif Hisapan Terhadap Koefisien Hambatan Pada Reversed Ahmed Model. *Jurnal Voering*, 3(1), 31-35.
- Hilleman T.B. (2007). Vehicle drag reduction with air scoop vortex impeller and trailing edge surface texture treatment. *United State Patent No. : US 7, 192,007 BI. Mar. 20*
- Bruneau C.H. (2010). Coupling Active and Passive Techniques to Control the Flow Past the Square Back Ahmed Body. *Computers & Fluids*, Vol. 39, pp. 1875-1892.
- Ragavan, T., S. Palanikumar, D. Anastraj, and R. Arulalagan. (2014). Aerodynamic Drag Reduction on Race Cars. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, Vol. 1, No. 4, pp. 99–103.
- Sukardin, M. S., Salam N., Tarakka R., Jalaluddin & Ihsan, M. (2021). Computational and Experimental Investigations on the Efficacy of Dimple Ratios to Characteristics of Flow on Van Vehicle Models. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 10, No. 7, pp. 392-399.
- Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., (2008). Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry. *Journal of Fluids Engineering*, Vol. 130.
- Tarakka R., Salam, N., Jalaluddin & Ihsan M., (2018), Active Flow Control by Suction on Vehicle Models with Variations on Front Geometry, *International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.)*, Vol. 12, pp. 885-891.
- Grover, S., Arora, B. B., Khanna, V., Kaushik, T., & Arora, A. (2017). Analysis on Drag Reduction of Bluff Body using Dimples. *International Journal of Advanced Production and Industrial Engineering IJAPIE*, Sp. Issue, 4-11.
- Rumapea Marsaut M., Deddy C., Parlindungan M., (2016). Pengaruh Penambahan Fin Pada Rudder Untuk Mengurangi Hambatan Kemudi Kapal Dengan Metode Cfd (Studi Kasus Kapal Kriso Container Ship). *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4, No. 2
- Putra Yosafat N., Parlindungan M., Muhammad Iqbal, (2017). Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fin pada Centerbulb terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 5, No. 3, 2017
- User's Guide Manual of Fluent 6.3, (2006)

PENULIS:

Rustan Tarakka

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa.

Email: rustan_tarakka@yahoo.com

Nasaruddin Salam

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Gowa

Email: nassalam.unhas@yahoo.co.id

Jalaluddin

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Gowa

Email: jalaluddin_had@yahoo.com

Muhammad Syafril H

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Gowa

Email: mshsyafril@gmail.com

Ikhwanul Khair

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Gowa

Email: ikhwanulkhair61@gmail.com

Ikhwal Kaisar M.A.T

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin, Gowa

Email: ikhwal.kaisar.com@gmail.com