

Kajian Komputasi Pengaruh Penerapan Blowing pada Bagian Belakang Model Kendaraan

Computational Study on Blowing Control on Rear Part of Vehicle Models

Rustan Tarakka^{1*}, Nasaruddin Salam¹, Andi Amijoyo Mochtar¹, Muhammad Ihsan², Wawan Rauf³

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia.

² Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Pinrang, Sulawesi Selatan, Indonesia.

³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo, Gorontalo, Indonesia.

*Corresponding author email: rustan_tarakka@yahoo.com



Kata Kunci:

Blowing; aerodynamic drag; computation.

Abstrak

Drag aerodinamika pada kendaraan disebabkan adanya tekanan rendah dan separasi aliran di bagian belakang, yang berdampak pada menurunnya kecepatan, meningkatnya penggunaan bahan bakar, dan turunnya efisiensi kendaraan. *Blowing* merupakan salah satu pilihan rekayasa kendali aktif aliran yang dapat diterapkan pada desain kendaraan yang dapat mengendalikan pembentukan separasi aliran dan berefek positif berupa pengurangan hambatan aerodinamis. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan *blowing* terhadap pola aliran, distribusi tekanan, dan hambatan aerodinamika yang bekerja pada bagian belakang model. Dengan bantuan CFD Fluent 6.3, model uji yang digunakan adalah model kendaraan dengan sudut kemiringan geometri depan (α) 35° dan rasio terhadap model Ahmed bodi original adalah 0.17 (1:6), yang dilengkapi dengan *blowing* dengan kecepatan 1.0 m/s. Hasil komputasi mengindikasikan bahwa penerapan *blowing* dapat mengurangi pembentukan *wake* dan menunda separasi aliran dan dapat meningkatkan koefisien tekanan minimum pada bagian belakang model kendaraan sebesar 24.690%. Pengurangan hambatan aerodinamika diperoleh sebesar 9.583%.

Keywords:

Blowing; aerodynamic drag; computation.

Abstract

Vehicles' aerodynamic drag is mainly due to low pressure and flow separation at their rear, considerably reducing speeds, increasing fuel consumptions and lowering their efficiencies. One type of active flow control techniques to manage flow separations with desirable effects on reducing the aerodynamic drag is the blowing control. This study is to analyze the application of blowing on flow patterns, pressure distributions, and aerodynamic drags on vehicles' rear. Assisted by CFD Fluent 6.3 software, the model is an Ahmed body with a frontal slant angle (α) of 35° and a 0.17 ratio to the original body, equipped with a set of blowing apparatus with a speed of 1.0 m/s at rear. The results show that blowing control can reduce the wake formation, can delay flow separation, and can elevate the minimum pressure coefficient at the rear of the model by 24.690%. The aerodynamic drag reduction was achieved by 9.583%.

PENDAHULUAN

Gaya hambat yang bekerja pada kendaraan erat hubungannya dengan karakteristik aliran yang terbentuk dan distribusi tekanan pada bagian belakang kendaraan. Kedua faktor tersebut dipengaruhi oleh separasi aliran yang terjadi tepat pada ujung atas bagian belakang kendaraan, dimana separasi aliran merupakan penyebab utama timbulnya hambatan aerodinamika (Gopal & Senthilkumar, 2013). Sebagian besar gaya hambatan aerodinamika yang muncul pada kendaraan disebabkan adanya tekanan rendah dan pemisahan aliran di bagian buritan kendaraan. Dengan makin cepat terbentuknya pemisahan aliran, maka akan makin besar pula potensi terbentuknya *wake* di belakang kendaraan. Keadaan tersebut memiliki dampak pada kurang optimalnya kecepatan kendaraan, yang berkaitan dengan meningkatnya penggunaan bahan bakar sehingga menurunkan efisiensi dan performa kendaraan (Ragavan et al., 2014).

Menurut Jahanmir dan Abbaspour (2011) dalam tinjauan dinamika fluida, untuk mengurangi hambatan aerodinamis dapat dilakukan modifikasi aliran udara yang melalui bodi kendaraan dan menunda separasi serta mengurangi berkembangnya daerah resirkulasi pada bagian belakang dari struktur pusaran yang terseparasi (*separated swirling structure*). Beberapa metode dimaksud dapat dilaksanakan dengan mengendalikan aliran permukaan dinding, baik menggunakan sistem kontrol aktif maupun pasif (Fiedler & Fernholz, 1990). Teknik *blowing* (hembusan) dianggap sebagai salah satu rekayasa kendali aktif aliran yang potensial untuk diimplementasikan pada model kendaraan dengan tujuan untuk mengendalikan terbentuknya pemisahan aliran yang dapat menghasilkan dampak yang diinginkan bagi pengurangan drag aerodinamis kendaraan.

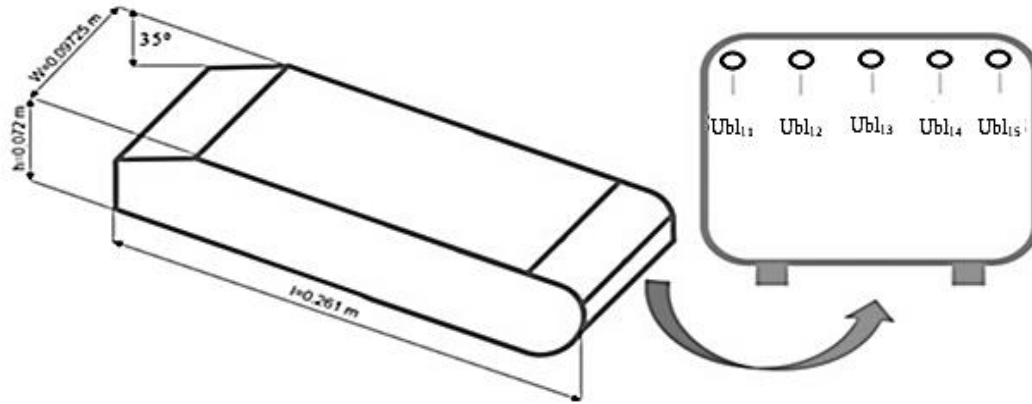
Geropp & Odenthal (2000) telah melakukan pengujian melalui pendekatan eksperimental terkait penggunaan kontrol aktif yang diposisikan pada sisi bagian belakang model kendaraan menunjukkan hasil positif berupa peningkatan tekanan dasar pada bagian belakang model kendaraan sebesar 50%. Fenomena lain juga terlihat dari hilangnya area resirkulasi yang terbentuk dan reduksi hambatan aerodinamika sebesar 10%. Penelitian juga telah dilakukan dengan menerapkan penambahan kontrol aktif *blowing* di area belakang pada *reversed Ahmed model* yang memiliki sudut kemiringan 35° di bagian depan dapat menaikkan koefisien tekanan sampai 34.1% (Harinaldi et al., 2013). Sementara, Tarakka et al., (2019) telah melakukan penelitian tentang penerapan *blowing* dengan kecepatan 0.5 m/s dan kecepatan *upstream* 16.7 m/s pada model kendaraan dengan kemiringan 25° , 30° dan 35° . Hasil diperoleh adalah pengurangan hambatan aerodinamika maksimum pada model kendaraan dengan kemiringan 35° sebesar 14.81% dengan pendekatan komputasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *blowing* terhadap pola aliran dan distribusi tekanan pada bagian belakang model kendaraan serta hambatan aerodinamika yang bekerja.

METODE PENELITIAN

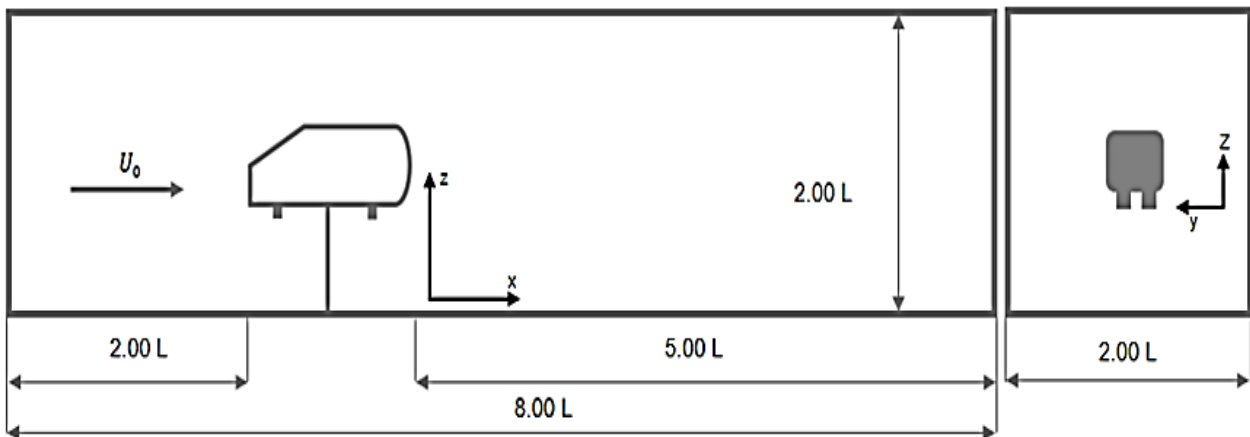
Pada penelitian ini digunakan model kendaraan dengan bentuk *bluff body* yang merupakan hasil modifikasi dari model *Ahmed body*. Pada penelitian ini akan membandingkan hasil model uji tanpa kontrol aktif aliran dengan model uji yang dilengkapi dengan kontrol aktif *blowing*. Sudut kemiringan geometri depan atau *slant angle* (α) model kendaraan adalah 35° . Model uji ini memiliki rasio 0.17 (1:6) terhadap model *Ahmed body* original dengan dimensi, panjang $l=17.4$ cm, lebar $w=6.483$ cm, dan tinggi $h=4.8$ m. Kecepatan *upstream* yang diaplikasikan adalah 13.9 m/s. Kontrol aktif *blowing* ditempatkan di area belakang model kendaraan yang berbentuk lubang dengan diameter 0.007 meter dan jarak antar lubang 0.01081 meter. Model uji diperlihatkan pada Gambar 1.

Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dengan *software CFD Fluent 6.3*. Domain komputasi diperlihatkan pada Gambar 2. Sementara, tipe *meshing* yang digunakan adalah *tet/hybrid* jenis *hex core* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.

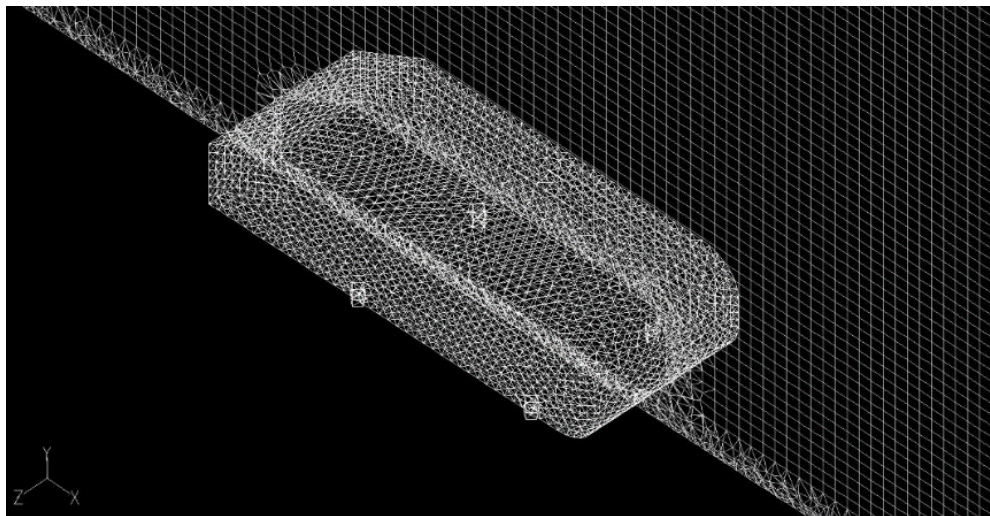
Pengambilan data distribusi tekanan di bagian buritan model uji difokuskan pada 5 (lima) area berbeda, yaitu $z/w = -1/2$, $z/w = -1/4$, $z/w = 0$, $z/w = 1/2$ dan $z/w = 1/4$ sepanjang sumbu horizontal. Sementara, sepanjang sumbu vertikal juga ada 5 (lima) area yaitu pada $y/h=0.83$, pada $y/h=0.67$, pada $y/h=0.50$, pada $y/h=0.30$, dan pada $y/h=0.17$. Tinggi grid adalah 8 mm dan tinggi model uji adalah 48 mm. Nisbah z/w merupakan nisbah antara lebar *grid* terhadap lebar model uji, sedangkan nisbah y/h adalah nisbah antara ukuran tinggi *grid* terhadap tinggi dari model uji. Lokasi pengambilan data distribusi tekanan pada bagian belakang model uji ditunjukkan pada Gambar 3.



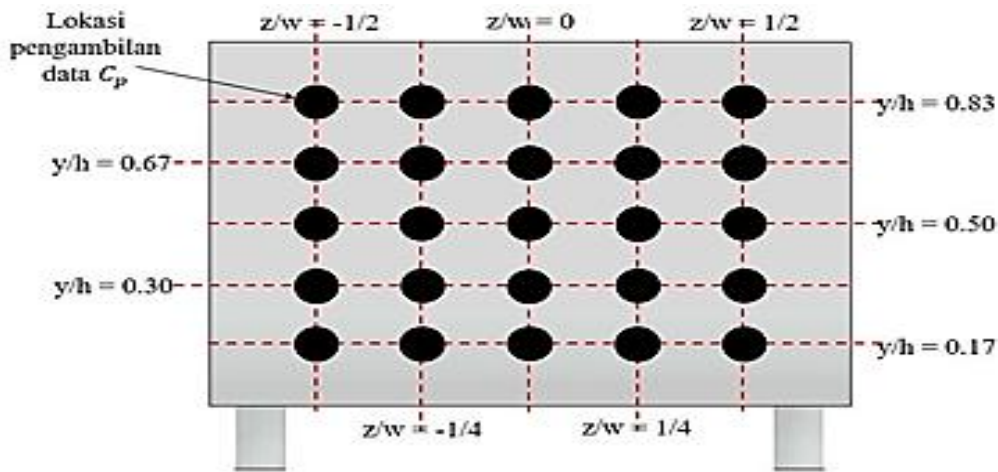
Gambar 1. Model kendaraan (model uji)



Gambar 2. Domain komputasi



Gambar 3. Tipe *meshing* komputasi



Gambar 4. Lokasi pengambilan data distribusi tekanan pada bagian belakang model uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

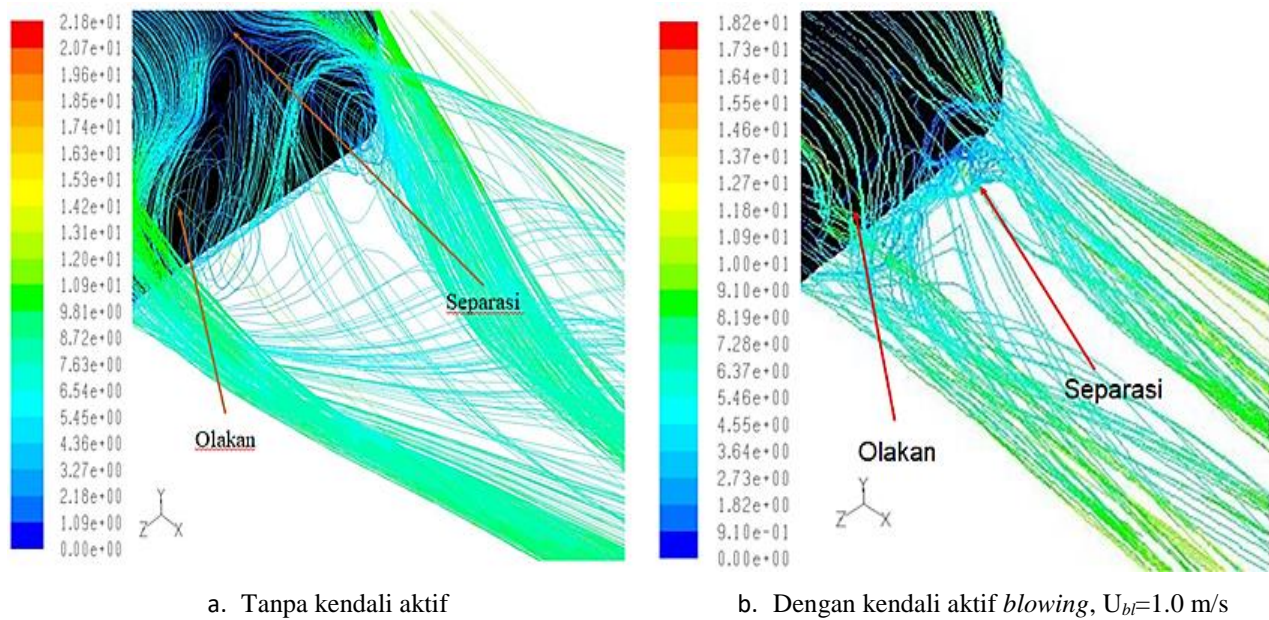
Medan Kecepatan

Gambar 5(a) menunjukkan pembentukan olakan yang cukup besar pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aktif *blowing*. Olakan yang cukup besar ini diakibatkan oleh proses separasi aliran tepat pada dinding atas bagian belakang model kendaraan sehingga menimbulkan fenomena hisapan ke arah belakang. Hisapan ke arah belakang inilah merupakan kontributor utama hambatan aerodinamika sehingga gaya hambat yang diterima oleh model tanpa kontrol aktif cukup besar. Besarnya olakan pun mengindikasikan besarnya tekanan negatif pada dinding belakang model kendaraan. Selain itu, juga terbentuk *vortex* longitudinal yang merupakan akibat dari perlambatan aliran pada sisi tengah bagian belakang model kendaraan yang menyebabkan aliran akan terdorong mengalir ke sisi samping model kendaraan.

Gambar 5(b) memperlihatkan pembentukan olakan yang cenderung kecil dengan penerapan kontrol aktif *blowing* pada kecepatan 1.0 m/s dibandingkan dengan model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran. Terjadinya penundaan proses separasi dimana cenderung menjauh dari dinding belakang model kendaraan sehingga dapat meminimalkan fenomena hisapan ke arah belakang dan menurunkan intensitas tekanan negatif dan mengakibatkan pembentukan olakan yang cenderung kecil. Demikian juga dengan *vortex* longitudinal yang terbentuk pada sisi samping bagian belakang model kendaraan pun mengalami pengurangan secara signifikan. Apa yang ditunjukkan oleh penelitian ini senada yang ditunjukkan oleh penelitian terdahulu (Harinaldi et al., 2013) dimana penerapan kontrol aktif *blowing* pada bagian belakang model kendaraan memberikan pengurangan pembentukan *wake*. Sementara, menurut Hetawal et al., (2014), berkurangnya *wake* akan berdampak positif terhadap peningkatan performa kendaraan secara keseluruhan.

Medan Tekanan

Nilai koefisien tekanan minimum untuk kecepatan *upstream* sebesar 13.9 m/s diberikan pada Tabel 1. Besarnya koefisien tekanan minimum yang diperoleh pada model kendaraan tanpa menggunakan kontrol aktif *blowing* dengan nilai masing-masing diperoleh pada $z/w=-1/2$ sebesar -0.44109, pada $z/w=-1/4$ sebesar -0.41122, pada $z/w=0$ sebesar -0.37472, pada $z/w=1/4$ sebesar -0.37472, dan pada $z/w=1/2$ sebesar -0.44772, di mana rata-rata koefisien tekanan minimum yang dihasilkan adalah -0.40989. Sementara, untuk model kendaraan dengan penerapan *blowing* pada kecepatan sebesar 1.0 m/s, diperoleh kenaikan koefisien tekanan minimum rata-rata sebesar 24,69014%. Hasil masing-masing pada posisi $z/w=-1/2$, pada $z/w=-1/4$, pada $z/w=0$, pada $z/w=1/4$, dan pada $z/w=1/2$ didapatkan masing-masing sebesar -0,30869, -0,30869, -0,30869, -0,30869 dan -0,30869. Koefisien tekanan minimum rata-rata yang diperoleh adalah -0,30869.



Gambar 5. Pathline kecepatan di bagian belakang model kendaraan pada kecepatan upstream, $U_0=13.9$ m/s

Tabel 1. Koefisien tekanan minimum untuk kecepatan upstream, $U_0 = 13.9$ m/s

Posisi	Tanpa kontrol aktif	Dengan <i>blowing</i> , $U_{bl}=1.0$ m/s
$z/w=-1/2$	-0.4411	-0,3087
$z/w=-1/4$	-0.4112	-0,3087
$z/w=0$	-0.3747	-0,3087
$z/w=1/4$	-0.3747	-0,3087
$z/w=1/2$	-0.4477	-0,3087
Rata-rata	-0.4099	-0,3087
Peningkatan C_p (%)	-	24,6901

Informasi yang diperoleh dari Tabel 1 memperlihatkan bahwa untuk model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan upstream 13.9 m/s, menunjukkan pembentukan olakan yang besar dan proses separasi yang terjadi terlalu cepat, hal ini bersesuaian dengan pola aliran yang ditampilkan pada Gambar 4(a). Sementara, untuk model kendaraan dengan penerapan kontrol aktif *blowing* pada kecepatan 1.0 m/s menyebabkan pengaruh positif bagi peningkatan koefisien tekanan. Hal ini disebabkan karena terjadi penundaan separasi aliran yang mengakibatkan pembentukan *wake* yang semakin kecil dan terkonfirmasi dari hasil *pathline* kecepatan pada Gambar 4(b). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dipertegas pula oleh hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Krajnović & Fernandes, 2011), yang menginformasikan bahwa penggunaan kontrol aktif aliran yang diposisikan pada tepi atas bagian belakang model kendaraan dapat meningkatkan tekanan dasar. Senada dengan itu adalah hasil penelitian Rouméas et al., (2008), dimana efek yang didapatkan dengan penggunaan *blowing* di area belakang benda mampu mereduksi daerah olakan (*wake*), demikian pula *total pressure loss*, serta menambah *static pressure* pada permukaan benda.

Hambatan Aerodinamika

Koefisien hambatan aerodinamika dengan kecepatan *upstream*, $U_0=13.9$ m/s diinformasikan pada Tabel 2, yang mengindikasikan bahwa pada model kendaraan tanpa kontrol aktif, nilai koefisien hambatan aerodinamika yang dihasilkan sebesar 1.873. Sementara, untuk model kendaraan dengan penerapan kontrol aktif aliran dengan *blowing* pada kecepatan 1.0 m/s, dengan nilai koefisien hambatan aerodinamis yang diperoleh sebesar 1.694 sehingga mengalami pengurangan koefisien hambatan aerodinamika yang dihasilkan sebesar 9.583%. Hasil penelitian yang diperoleh ini mengkonfirmasi penelitian yang telah dilakukan oleh Harinaldi et.al. (2013), yang melansir bahwa penambahan kontrol aktif *blowing* mampu menurunkan *drag* aerodinamis pada model van *bluff body*.

Tabel 2. Koefisien hambatan aerodinamika dengan kecepatan *upstream*, $U_0 = 13.9$ m/s

Model kendaraan	Koefisien <i>drag</i> (C_d)
Tanpa kontrol aktif	1.873
Dengan <i>blowing</i> , $U_{bl}=1.0$ m/s	1.694
Reduksi (%)	9.583

KESIMPULAN

Dengan hasil penelitian ini dapat dirumuskan kesimpulan bahwa penggunaan kontrol aktif *blowing* pada kecepatan 1.0 m/s, dan kecepatan *upstream* 13.9 m/s di bagian belakang model kendaraan dengan sudut kemiringan geometri depan atau *slant angle* (α) 35° dapat mengurangi pembentukan *wake* dan menunda separasi aliran dibandingkan dengan model kendaraan tanpa kontrol aliran, dapat meningkatkan koefisien tekanan minimum pada dinding belakang model kendaraan di mana peningkatan koefisien tekanan minimum rata-rata yang diperoleh sebesar 24,6901% serta dapat mereduksi koefisien hambatan aerodinamika hingga sebesar 9,583%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapatkan pendanaan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin melalui Skema Penelitian Dasar Unhas (PDU) Tahun 2021 dengan No. Kontrak 915/UN4.22/PT.01.03/2021. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Kepala dan Staf Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

REFERENSI

- Fiedler, H. E., & Fernholz, H.-H. (1990). On management and control of turbulent shear flows. *Progress in Aerospace Sciences*, 27(4), 305–387. [https://doi.org/10.1016/0376-0421\(90\)90002-2](https://doi.org/10.1016/0376-0421(90)90002-2)
- Geropp, D., & Odenthal, H. J. (2000). Drag reduction of motor vehicles by active flow control using the Coanda effect. *Experiments in Fluids*, 28(1), 74–85. <https://doi.org/10.1007/s003480050010>
- Gopal, P., & Senthilkumar, T. (2013). Influence of wake characteristics of a representative car model by delaying boundary layer separation. *Journal of Applied Science and Engineering*, 16(4), 363–374. <https://doi.org/10.6180/jase.2013.16.4.04>

- Harinaldi, H., Budiarmo, B., Tarakka, R., & Simanungkalit, S. P. (2013). Effect of active control by blowing to aerodynamic drag of bluff body van model. *International Journal of Fluid Mechanics Research*, 40(4), 312–323. <https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v40.i4.20>
- Hetawal, S., Gophane, M., Ajay, B. K., & Mukkamala, Y. (2014). Aerodynamic study of formula SAE car. *Procedia Engineering*, 97, 1198–1207. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.398>
- Jahanmiri, M., & Abbaspour, M. (2011). Experimental investigation of drag reduction on Ahmed car model using a combination of active flow control methods. *International Journal of Engineering Transactions A: Basics*, 24(4), 403–410. <https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2011.24.04a.09>
- Krajnović, S., & Fernandes, J. (2011). Numerical simulation of the flow around a simplified vehicle model with active flow control. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 32(1), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2010.06.007>
- Ragavan, T., Palanikumar, S., Anastraj, D., & Arulalagan, R. (2014). Aerodynamic drag reduction on race cars. *Journal of Basic and Applied Engineering Research*, 1(4), 99–103.
- Rouméas, M., Gilliéron, P., & Kourta, A. (2008). Separated flows around the rear window of a simplified car geometry. *Journal of Fluids Engineering*, 130(2). <https://doi.org/10.1115/1.2829566>
- Tarakka, R., Salam, N., Jalaluddin, J., & Ihsan, M. (2019). Effect of blowing flow control and front geometry towards the reduction of aerodynamic drag on vehicle models. *FME Transactions*, 47(3), 552–559. <https://doi.org/10.5937/fmet1903552T>