

EFEK PENERAPAN KONTROL AKTIF BLOWING TERHADAP TARIKAN AERODINAMIKA MODEL KENDARAAN

**Wawan Rauf¹, Moh. Rifal², Rifaldo Pido³, Rahmad H. Boli⁴, Zulfikar Abd. Haris⁵*

^{1,2,3,4,5}Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo, Indonesia

*Alamat email semua penulis, * wawanrauf241193@yahoo.com, rivalr48@gmail.com,*

rifaldopido813@gmail.com, rh668132@gmail.com

Abstrak: Efek Penerapan Kontrol Aktif Blowing terhadap Tarikan Aerodinamika Model Kendaraan. Stabilitas kendaraan saat melaju adalah permasalahan yang perlu diperhatikan karena berkaitan dengan kenyamanan dalam berkendara dan efektifitas terhadap konsumsi bahan bakar. Ini disebabkan oleh besarnya gaya tarikan aerodinamika kendaraan akibat struktur aliran udara yang mengalir secara teratur mengalami pemisahan (separasi) saat mencapai titik ujung belakang kendaraan. Pemisahan aliran ini menyebabkan timbulnya tekanan negatif secara signifikan pada jendela belakang akibat aliran balik yang bergerak tidak mengikuti bentuk bodi kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efek penerapan kontrol aktif aliran jenis blowing pada model kendaraan terhadap tarikan aerodinamika. Penelitian ini menerapkan metode komputasi numerik dengan model Ahmed bodi hasil modifikasi sebagai objek utama penelitian. Kontrol aktif blowing ditempatkan pada ujung sisi belakang model yang dianggap area awal pemisahan. Kecepatan blowing divariasikan 0.2 m/s, 0.8 m/s, 1.5 m/s, dan 2.0 m/s dan diuji pada kecepatan upstream 16.7 m/s. Hasil riset mengindikasikan penerapan kontrol aktif blowing berhasil memberi efek penundaan separasi, mengurangi olakan dan mereduksi tarikan aerodinamika sebesar 8-9%.

Kata kunci: blowing; separasi; olakan; tarikan aerodinamika

Abstract: The Effect of Applying Active Blowing Control on the Aerodynamic Drag of a Vehicle Model. Vehicle stability when driving is an issue that needs attention because it relates to comfort in driving and the effectiveness of fuel consumption. This is caused by the large aerodynamic drag force of the vehicle due to the structure of the air flow which flows regularly and experiences separation when it reaches the rear end point of the vehicle. This separation of the flows causes significant negative pressure on the rear window due to the return flow which does not follow the shape of the vehicle body. The purpose of this study was to analyze the effect of implementing active control of blowing type flow on vehicle models on aerodynamic drag. This study applies a numerical computational method with a modified Ahmed body model as the main object of research. The active blowing control is placed at the rear end of the model which is considered the initial separation area. Blowing speed was varied 0.2 m/s, 0.8 m/s, 1.5 m/s, and 2.0 m/s and was tested at an upstream speed of 16.7 m/s. Research results indicate that the application of active blowing control has succeeded in providing a delay in separation effect, reducing turbulence and reducing aerodynamic drag by 8-9%.

Keyword: blwoing; separation; refuse; aerodynamic drag

History & License of Article Publication:

Received: 07/02/2023 **Revision:** 14/03/2023 **Published:** 21/06/2023

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

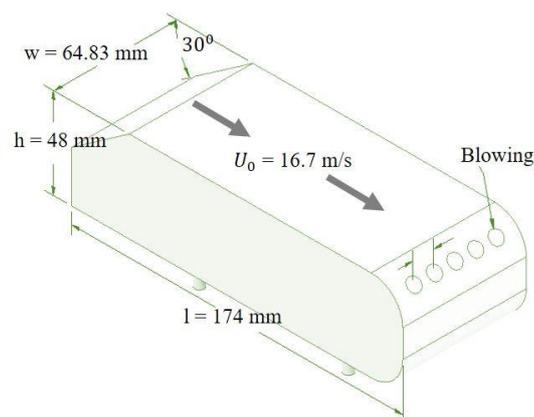
Stabilitas kendaraan saat melaju merupakan dasar permasalahan yang perlu diperhatikan karena terkait dengan kenyamanan dalam berkendara dan efektifitas konsumsi bahan bakar. Permasalahan tersebut diatas disebabkan oleh besarnya gaya tarikan aerodinamika kendaraan (Tarakka, Salam, Rauf, et al., 2021). Gaya tarikan ini terjadi karena struktur aliran udara yang mengalir secara teratur mengalami pemisahan (separasi) saat mencapai titik ujung belakang kendaraan. Pemisahan aliran ini menyebabkan timbulnya tekanan negatif secara signifikan pada jendela belakang akibat aliran balik yang bergerak tidak mengikuti bentuk bodi kendaraan (Rauf et al., n.d.). Separasi yang terbentuk pada kendaraan memiliki sifat yang kompleks dan terbentuk hampir di seluruh permukaan bodi kendaraan yang bersentuhan dengan udara. Akibatnya dinamika aliran yang terbentuk pun memiliki tingkat kompleksitas yang cukup tinggi. Pada sisi dinding depan kendaraan memiliki tekanan yang tinggi namun rendah pada sisi dinding belakang. Perbedaan intensitas tekanan tersebut memunculkan fenomena gaya tarikan melawan gerakan relatif akibat aliran balik tepat menyentuh dinding belakang permukaan kendaraan (Tarakka et al., 2022). Sementara itu, seiring semakin tinggi laju proses separasi terjadi, maka fenomena kemunculan wake dan vortex di sisi belakang bodi kendaraan semakin besar. Hal ini adalah pemicu utama besarnya intensitas hambatan yang bekerja pada kendaraan sekaligus berefek pada semakin rendahnya efisiensi kerja kendaraan (Ragavan et al., 2014). Berbagai usaha telah dilakukan oleh para periset khusus untuk mendalami secara detail terkait dinamika aliran yang muncul disekitar bodi khususnya saat kendaraan melaju pada kecepatan tertentu (Kumar B et al., 2021; Ponnusamy Nallusamy & Kanjиковil Mahali, 2016; Rakibul Hassan et al., 2014; Rauf et al., 2020; Tarakka, Salam, Jalaluddin, et al., 2021). Salah satu upaya tersebut berupa inovasi kontrol aktif yang ditempatkan pada titik separasi guna rekayasa dinamika aliran sekitar bodi. Meskipun kontrol aktif separasi ini membutuhkan energi dari luar untuk mengontrol dinamika aliran, namun pengaplikasiannya tidak memerlukan perubahan bentuk bodi secara signifikan. Salah satu mekanisme pemberian energi luar ini dapat diterapkan melalui teknik tiupan (blowing). Aliran yang biasanya mengalami separasi saat berada pada tepi belakang kendaraan, diberikan energi tambahan dengan kecepatan tertentu. Harapannya adalah efek wake yang disebabkan oleh separasi dapat terdorong menjauh dari permukaan dinding belakang kendaraan (Tarakka et al., 2023).

Tarakka dkk meneliti terkait pengaruh sudut geometri muka serta kontrol aktif suction terhadap nilai hambatan yang bekerja pada Ahmed bodi yang dimodelkan. Sudut geometri muka divariasikan antara lain 25°, 30°, dan 35°. Kecepatan suction dan upstream masing-masing ditentukan 0.5 m/s dan 13.9 m/s. Model uji memiliki rasio dimensi 0.25 terhadap Ahmed model oroginal sehingga dimensi model dituliskan tinggi = 0.072 meter, lebar = 0.09725 meter, dan panjang = 0.261 meter. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sudut geometri muka dan kontrol aktif suction yang diterapkan pada Ahmed model yang dimodifikasi memberikan pengaruh besar terhadap nilai hambatan. Reduksi nilai hambatan tertinggi diperoleh pada sudut kemiringan geometri muka 25° sebesar 14.09% (Rustan Tarakka, 2018).

Harinaldi dkk meneliti terkait pengaruh kontrol aktif hembusan terhadap besarnya hambatan pada kendaraan. Model yang digunakan merupakan bluff body jenis kendaraan van yang diproduksi secara luas pada pabrik-pabrik mobil dunia. Penelitian dijalankan dengan dua pendekatan utama yakni komputasi dan eksperimental laboratorium dengan fasilitas wind tunnel. Khusus untuk pendekatan komputasi menggunakan jenis turbulensi k-epsilon standar guna mengkaji secara mendalam pola pembentukan medan aliran. Kecepatan hembusan dan kecepatan upstream masing-masing ditentukan 0.5 m/s dan 13.9 m/s. Hasil riset menunjukkan penambahan kontrol aktif hembusan memberikan efek pada pola medan aliran yang terbentuk, turbulensi dan hambatan aerodinamika (Harinaldi et al., 2013)

METODE

Benda uji penelitian yang digunakan merupakan bluff body jenis model kendaraan (modifikasi Ahmed Model). Adapun ukuran benda uji dituliskan 174 mm (panjang), 64.83 (lebar), dan 48 mm (tinggi) dan sudut geometri muka ditentukan 30° . Modifikasi terhadap Ahmed model dilakukan karena dianggap mirip dengan kendaraan keluarga yang lebih banyak disukai di Indonesia karena kapasitasnya yang lebih besar. Riset ini mengaplikasikan kontrol aktif jenis tiupan yang diletakan pada ujung tepi belakang model uji. Area ini dipilih karena merupakan titik awal separasi terjadi sehingga diharapkan terjadi rekayasa dinamika aliran yang diharapkan. Bentuk model uji ditampilkan pada gambar 1.

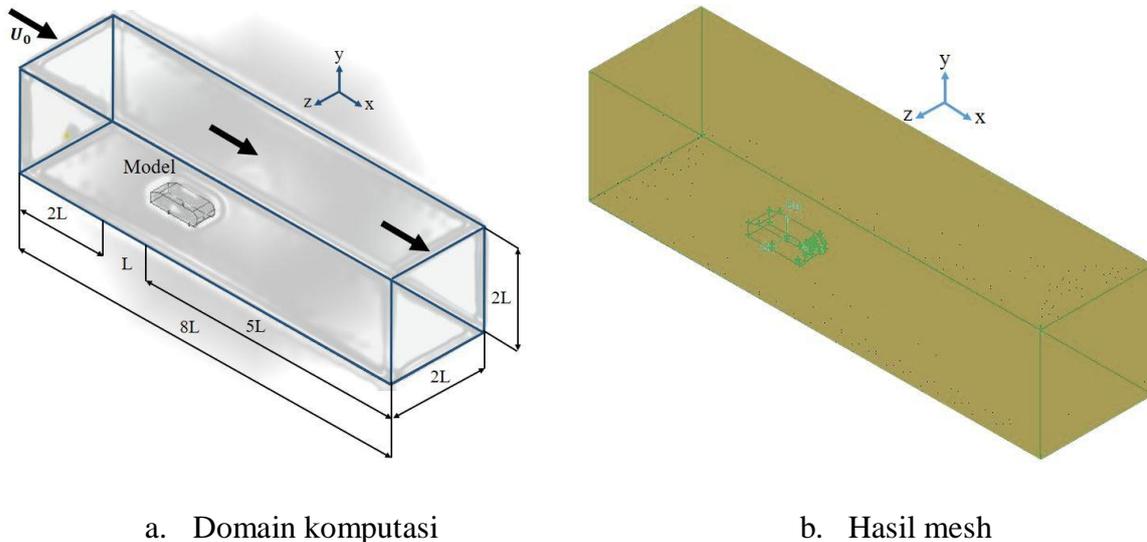


Sumber: Desain gambar

Gambar 1. Objek pengujian

Pengujian model uji hanya menggunakan metode komputasi numerikal untuk menganalisis struktur pola aliran pada area belakang model uji guna memastikan rekayasa separasi aliran melalui penambahan kontrol aliran dapat bekerja dengan baik serta untuk mengetahui efeknya terhadap hambatan model uji. Model uji yang telah digambar dengan aplikasi inventor kemudian di input pada software gambit untuk menentukan domain komputasi seperti yang ditampilkan pada gambar 2a. Pada tahap ini ditentukan pula kondisi batas berupa dinding batas, aliran input, aliran output, dan model untuk kemudian

dilakukan proses mesh seperti ditunjukkan pada gambar 2b. Setelah melalui proses mesh, objek pengujian disimpan dalam bentuk file acis. Objek pengujian kemudian diinput ke dalam software CFD Fluent untuk melalui proses iterasi. Pada tahap ini jenis fluida, viscositas fluida, kecepatan upstream dan kecepatan blowing yang diterapkan di tentukan. Dalam penelitian ini ditentukan kecepatan upstream sebesar 16.7 m/s dan kecepatan blowing divariasikan 0.2 m/s, 0.8 m/s, 1.5 m/s, dan 2.0 m/s.



a. Domain komputasi

b. Hasil mesh

Sumber: Desain gambar

Gambar 2. Domain komputasi dan mesh

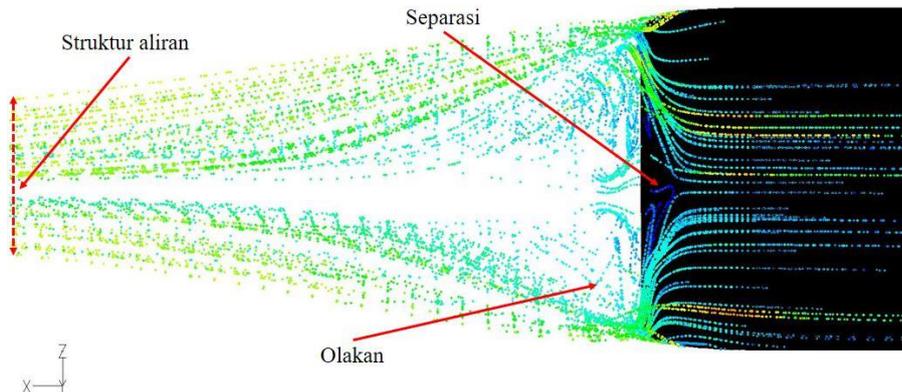
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik aliran udara

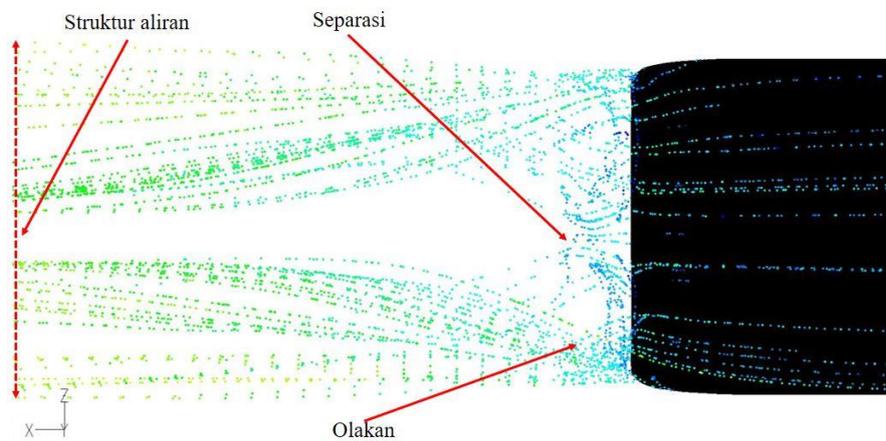
Perbedaan karakteristik pola aliran udara model tanpa blowing dan model dengan penerapan blowing masing-masing $U_{bw} = 0.2$ m/s, $U_{bw} = 0.8$ m/s, $U_{bw} = 1.5$ m/s, dan $U_{bw} = 2.0$ m/s disajikan dalam gambar 3. Untuk model tanpa blowing (3a) terlihat bahwa titik separasi terbentuk tepat pada saat aliran udara mencapai ujung dinding belakang. Fenomena ini terjadi karena saat mencapai ujung permukaan dinding, aliran kehilangan momentum untuk bergerak menyesuaikan dengan bentuk bodi belakang. Akibatnya aliran udara langsung terdorong menuju sisi samping disebabkan perbedaan kecepatan aliran antara sisi samping dan tengah. Dorongan aliran ini menyebabkan munculnya pembentukan olakan hingga menyebabkan fenomena tarikan atau hambatan bodi belakang. Terlihat pula bahwa struktur aliran untuk model tanpa blowing tidak merata dan cenderung lebih pendek yang mengindikasikan bahwa intensitas olakan yang tercipta cukup besar.

Selain itu untuk model dengan penerapan blowing pada kecepatan 0.2 m/s, 0.8 m/s, 1.5 m/s dan 2.0 m/s rata-rata memperlihatkan titik separasi terbentuk menjauh dari dinding belakang. Ini disebabkan oleh penambahan energi blowing sehingga separasi yang harusnya terjadi pada ujung dinding belakang, mengalami penundaan hingga terbentuk jauh dari dinding. Terlihat pula bahwa intensitas olakan cenderung lebih kecil dan tidak terjadi penumpukan aliran disekitar dinding sehingga struktur aliran yang terbentuk pun lebih merata mengikuti dimensi bodi belakang. Ini mengindikasikan bahwa terjadi

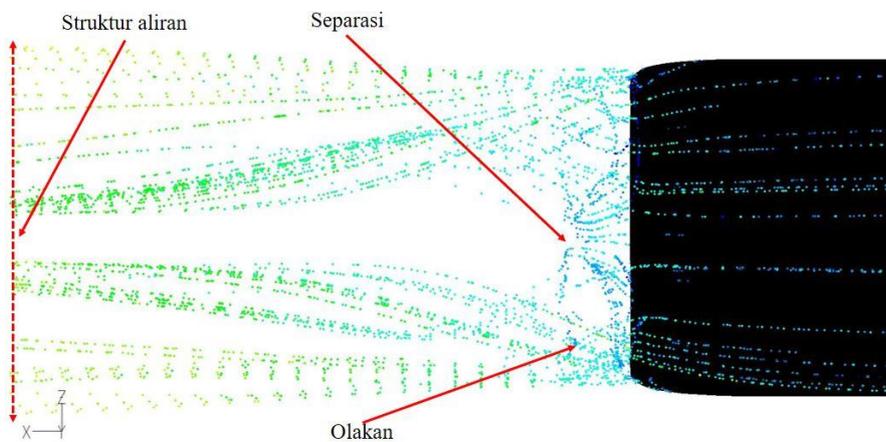
minimalisasi kontak udara dan permukaan bodi belakang yang sekaligus mengkonfirmasi bahwa terikan/hambatan model dengan penerapan blowing lebih kecil dibandingkan model tanpa blowing.



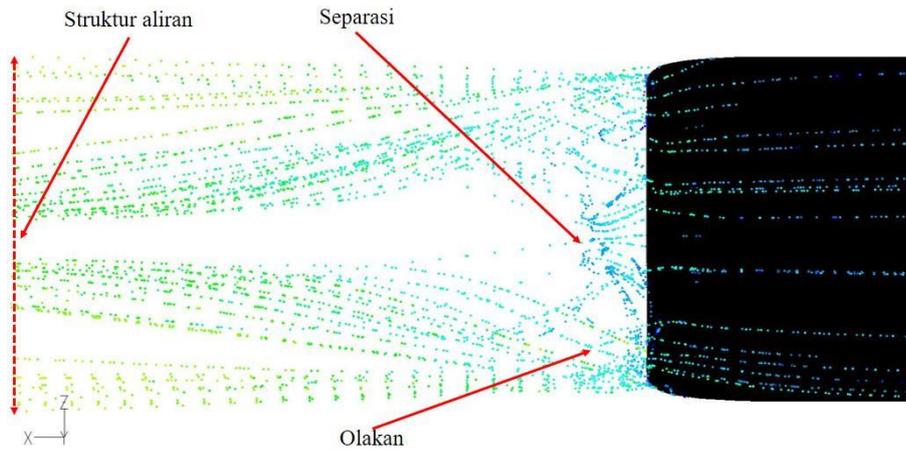
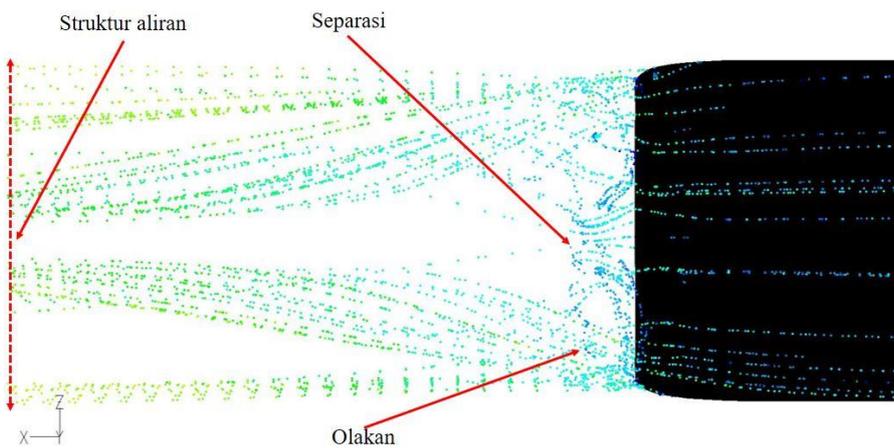
a. Tanpa blowing



b. Dengan blowing, $U_{bw} = 0.2$ m/s



c. Dengan blowing, $U_{bw} = 0.8$ m/s

d. Dengan blowing, $U_{bw} = 1.5 \text{ m/s}$ e. Dengan blowing, $U_{bw} = 2.0 \text{ m/s}$

Sumber: Hasil simulasi karakteristik aliran

Gambar 3. Perbandingan karakteristik aliran sisi belakang

Hambatan

Perbedaan hambatan model tanpa blowing dan model dengan penerapan blowing pada kecepatan masing-masing $U_{bw} = 0.2 \text{ m/s}$, $U_{bw} = 0.8 \text{ m/s}$, $U_{bw} = 1.5 \text{ m/s}$, dan $U_{bw} = 2.0 \text{ m/s}$ ditampilkan pada tabel 1. Untuk jenis model tanpa blowing diperoleh nilai hambatan (C_d) sebesar 1.5533. Sedangkan untuk model dengan blowing, nilai hambatan masing-masing kecepatan secara berurutan dituliskan 1.4188, 1.4160, 1.4113, dan 1.4135.

Tabel 1. Perbandingan hambatan (C_d)

Model	Tanpa blowing	$U_{bw} = 0.2 \text{ m/s}$	$U_{bw} = 0.8 \text{ m/s}$	$U_{bw} = 1.5 \text{ m/s}$	$U_{bw} = 2.0 \text{ m/s}$
Hambatan (C_d)	1.5533	1.4188	1.4160	1.4113	1.4135
Reduksi (%)	-	8.6589	8.8392	9.1418	9.0002

Sumber: Hasil pengolahan data

Dari sajian data diatas diketahui bahwa nilai hambatan yang diperoleh untuk model dengan penerapan blowing lebih rendah dibandingkan dengan model tanpa blowing. Sehingga dapat dipastikan bahwa terjadi pengurangan hambatan secara signifikan akibat penerapan blowing pada sisi belakang kendaraan. Presentase pengurangan hambatan tersebut secara berurutan dituliskan $U_{bw} = 0.2$ m/s sebesar 8.6589%, $U_{bw} = 0.8$ m/s sebesar 8.8392%, $U_{bw} = 1.5$ m/s sebesar 9.1418%, dan $U_{bw} = 2.0$ m/s sebesar 9.0002%. Fenomena menarik terlihat bahwa presentase pengurangan hambatan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kecepatan blowing. Puncaknya pada kecepatan blowing 1.5 m/s merupakan kecepatan dengan pengurangan hambatan tertinggi. Namun saat kecepatan blowing ditingkatkan pada 2.0 m/s, presentase hambatan justru lebih rendah dibanding dengan kecepatan blowing 1.5 m/s tapi lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan blowing 0.2 m/s dan 0.8 m/s. Secara keseluruhan dapat dipastikan bahwa penerapan kontrol aktif blowing yang ditempatkan pada ujung dinding belakang model kendaraan mampu mereduksi hambatan pada kisaran 8 hingga 9%.

KESIMPULAN

Berkenaan dengan hasil penelitian yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Penerapan kontrol aktif jenis blowing pada ujung sisi belakang model uji memberikan efek positif berupa penundaan separasi sehingga mengurangi intensitas olakan yang terbentuk disekitar bodi model.
2. Berhasil mereduksi hambatan/tarikan aerodinamika secara signifikan pada presentase pengurangan 8 hingga 9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Harinaldi, H., Budiarmo, B., & Pangihutan Simanungkalit, S. (2013). Effect of Active Control by Blowing to Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model Turbulent flow control-mass transfer View project. *Article in International Journal of Fluid Mechanics Research*. <https://doi.org/10.1615/InterJFluidMechRes.v40.i4>
- Kumar B, R., M, N. V., & T, K. (2021). Aerodynamic design optimization of an automobile car using computational fluid dynamics approach. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 19(5), 495–501. <https://doi.org/10.1080/14484846.2019.1654963>
- Ponnusamy Nallusamy, S., & Kanjickovil Mahali, P. (2016). Numerical and experimental investigations of drag force on scaled car model. *Thermal Science*, 20, S1153–S1158. <https://doi.org/10.2298/TSCI16S4153P>
- Ragavan, T., Palanikumar, S., Anastraj, D., & Arulalagan, R. (2014). *Aerodynamic Drag Reduction on Race Cars*. 1(4), 99–103. <http://www.krishisanskriti.org/jbaer.html>
- Rakibul Hassan, S. M., Islam, T., Ali, M., & Islam, M. Q. (2014). Numerical study on aerodynamic drag reduction of racing cars. *Procedia Engineering*, 90, 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.854>
- Rauf, W., Rifal, M., & Boli, R. H. (n.d.). Kajian Komputasi Dan Eksperimental Pengaruh Kontrol Aktif Terhadap Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan. <https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.268>
- Rauf, W., Tarakka, R., Jalaluddin, J., & Ihsan, M. (2020). Effect of Flow Separation Control with Suction Velocity Variation: Study of Flow Characteristics, Pressure

- Coefficient, and Drag Coefficient. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 8(3), 142–151. <https://doi.org/10.13189/ujme.2020.080302>
- Rustan Tarakka, A. S. A. P. , Y. F. B. (2018). Analisis Komputasi Pengaruh Geometri Muka dan Kontrol Aktif Hisapan Terhadap Koefisien Hambatan Pada Reversed Ahmed Model. *Jurnal Voering*, 3(1).
- Tarakka, R., Salam, N., Jalaluddin, Rauf, W., & Ihsan, M. (2021). Aerodynamic drag reduction on the application of suction flow control on vehicle model with varied upstream velocity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1173(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1173/1/012045>
- Tarakka, R., Salam, N., Mochtar, A. A., Ihsan, M., & Rauf, W. (2022). Kajian Komputasi Pengaruh Penerapan Blowing pada Bagian Belakang Model Kendaraan. *Semesta Teknika*, 25(1), 33–39. <https://doi.org/10.18196/st.v25i1.13478>
- Tarakka, R., Salam, N., Mochtar, A. A., Rauf, W., & Ihsan, M. (2023). On the Aerodynamics of Rear of Vehicle Model with Active Control by Blowing: Computational and Experimental Analysis. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 84–90. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.12.2.84-90>
- Tarakka, R., Salam, N., Rauf, W., & Ihsan, M. (2021). *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal Kajian Aerodinamika Pada Model Kendaraan dengan Penerapan Kontrol Aktif Suction* (Vol. 5, Issue 1).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Pengembangan, Penelitian, dan Pengabdian Universitas Gorontalo yang telah membiayai proses penelitian dan publikasi melalui surat tugas Nomor: 020/C/LP3M/IV/2023.