

KAJIAN PENGARUH KONTROL ALIRAN TERHADAP KOEFISIEN HAMBAT MODEL KENDARAAN

Rahmad Hidayat Boli¹, *Wawan Rauf², Moh. Rifal³, Rifaldo Pido⁴ & Zulfikar Haris⁵

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

Alamat email: rh668132@gmail.com, * wawanrauf241193@yahoo.com, rivalr48@gmail.com, rifaldopido813@gmail.com

Abstrak: Kajian Pengaruh Kontrol Aliran terhadap Koefisien Hambat Model Kendaraan. Karakteristik aliran udara yang terbentuk pada sekitar bodi kendaraan mempengaruhi nilai hambatan yang bekerja pada kendaraan tersebut. Saat mencapai tepi belakang kendaraan, aliran mengalami proses separasi. Sehingga modifikasi desain bodi kendaraan yang mampu mengurangi separasi sangat dibutuhkan. Rekayasa aliran disekitar bodi kendaraan dapat diperoleh melalui modifikasi bentuk yang dianggap lebih aerodinamis. Sementara itu, rekayasa aliran juga dapat diperoleh melalui penerapan sistem kontrol aktif pada area yang dianggap berpotensi sebagai awal terbentuknya pusaran aliran pada sisi belakang kendaraan dan memberikan pengaruh yang besar terhadap terbentuknya separasi aliran. Riset ini bertujuan mengkaji dampak penerapan kontrol aliran teknik blowing terhadap hambatan kendaraan yang dimodelkan. Sudut geometri dinding bagian depan ditentukan 35°. Riset menggunakan pendekatan komputasi numerik dengan k-epsilon standar sebagai model turbulensi. *Upstream velocity* yang diterapkan sebesar 13.9 m/s, sementara itu *blowing velocity* ditetapkan sebesar 0.5 m/s. Hasil riset membuktikan bahwa pengaplikasian kontrol aliran blowing berhasil meminimalisasi pembentukan struktur *wake* dan memberi efek penundaan separasi serta berhasil mengurangi koefisien hambatan aerodinamika 9.3187%.

Kata kunci: Separasi; tiupan; karakteristik aliran; koefisien hambatan

Abstract: Study of the Effect of Flow Control on the Drag Coefficient of Vehicle Models. The characteristics of the airflow that is formed around the vehicle body affects the value of the resistance acting on the vehicle. When it reaches the rear edge of the vehicle, the flow undergoes a process of separation. So modification of the vehicle body design that is able to reduce the separation is urgently needed. Flow engineering around the vehicle body can be obtained by modifying the shape which is considered more aerodynamic. Meanwhile, flow engineering can also be obtained through the application of an active control system in areas that are considered to have the potential to initiate flow eddies on the rear side of the vehicle and have a major influence on the formation of flow separation. This research aims to examine the impact of the application of flow control blowing technique on the resistance of the modeled vehicle. The geometric angle of the front wall is determined to be 35°. The research uses a numerical computational approach with a standard k-epsilon as a turbulence model. The upstream velocity applied is 13.9 m/s, while the blowing velocity is set at 0.5 m/s. The research results prove that the application of blowing flow control has succeeded in minimizing the formation of wake structures and has the effect of delaying separation and has succeeded in reducing the aerodynamic drag coefficient to 9.3187%.

Keyword: Separation; blowing; flow characteristics; drag coefficient

History & License of Article Publication:

Received: 06/02/2023 **Revision:** 04/04/2023 **Published:** 20/06/2023

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

Adanya separasi disekitar bodi kendaraan menciptakan fenomena *wake* yang menyebabkan timbulnya tekanan rendah pada dinding bagian belakang dan hambatan yang merugikan. Semakin besar laju separasi terbentuk, maka area *wake* yang muncul juga semakin besar dan sekaligus menjadi sebab utama terciptanya hambatan yang besar pada kendaraan. Fenomena munculnya *wake* pada sisi belakang kendaraan menjadi bahan kajian yang cukup menarik untuk dipecahkan khususnya oleh ilmuan pada bidang keahlian dinamika fluida (Elsayed et al., 2021; Jahanmiri & Abbaspour, 2011; Mariaprakasam et al., 2023; Nizam Sudin et al., 2014). Dalam kajian dinamika fluida, pendekatan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir aliran *wake* adalah modifikasi aliran, menunda separasi serta mengurangi pembentukan area resirkulasi pada sisi belakang kendaraan. Pendekatan tersebut dapat ditempuh dengan menerapkan sistem kendali aliran aktif pada area potensi terjadi resirkulasi (Rauf et al., 2020). Riset terkait fenomena tersebut terus dikembangkan baik secara komputasi numerik maupun dengan pendekatan eksperimental laboratorium dinamika fluida (Tarakka, Salam, Jalaluddin, et al., 2021). Dalam berbagai riset memperlihatkan bahwa reduksi hambatan yang diperoleh akibat peningkatan tekanan dinding belakang dapat dilakukan melalui penerapan sistem kendali aliran teknik tiupan (*blowing*) (Tarakka et al., 2023).

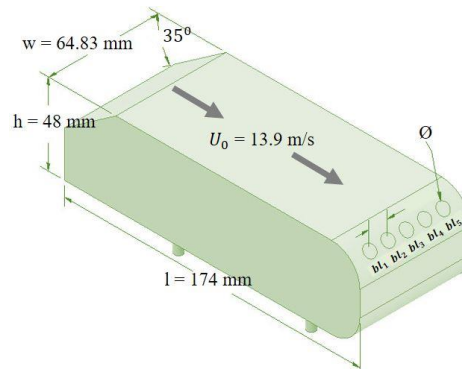
Tarakka dkk meneliti terkait pengaruh pengaplikasian *blowing* kecepatan 1.0 m/s pada sisi belakang model kendaraan. Sudut geometri depan ditentukan sebesar 35° dan kecepatan *upstream* 13.9 m/s. Riset tersebut menggunakan pendekatan komputasi numerik memanfaatkan fasilitas software CFD 6.3. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penerapan *blowing* terhadap pembentukan *wake*, distribusi tekanan, dan hambatan aerodinamika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian *blowing* mampu mengurangi *wake*, menunda proses separasi, dan meningkatkan koefisien tekanan. Penerapan *blowing* juga berhasil mengurangi hambatan 9.583% (Tarakka et al., 2022).

Penelitian terkait *reverse Ahmed* model yang memiliki variasi kemiringan sudut geometri depan 25°, 30°, dan 35° diteliti oleh Tarakka dkk. Penelitian menggunakan metode komputasi numerik dengan *k-epsilon* standar sebagai model turbulensi yang diterapkan. Kecepatan *upstream* yang diterapkan sebesar 11.1 m/s dan kecepatan *suction* sebesar 0.5 m/s. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa geometri depan dan kontrol aktif hisapan memberikan dampak signifikan pada nilai koefisien tekanan, dimana nilai kenaikan koefisien tekanan tertinggi diperoleh pada model dengan sudut geometri depan 35° sebesar 25.31% (Tarakka & Syamsul Arifin, n.d.).

Rauf dkk melakukan kajian secara eksperimental dan komputasi dampak penerapan kontrol aktif terhadap aerodinamika kendaraan yang dimodelkan. Kontrol aktif yang digunakan berupa teknik tiupan yang diatur pada kecepatan 1.5 m/s. Riset difokuskan terhadap tiga aspek utama yaitu dinamika aliran, tekanan dinding belakang, dan hambatan pada model. Khusus aspek dinamika aliran dan tekanan dinding belakang hanya diuji melalui pendekatan komputasi, sedangkan hambatan divalidasi dengan pengujian eksperimental laboratorium dinamika fluida. Hasil riset memperlihatkan penerapan kontrol aktif teknik tiupan berhasil menunda separasi, memberikan dampak peningkatan tekanan dinding belakang dan pengurangan hambatan kendaraan yang dimodelkan (Rauf et al., n.d.).

METODE

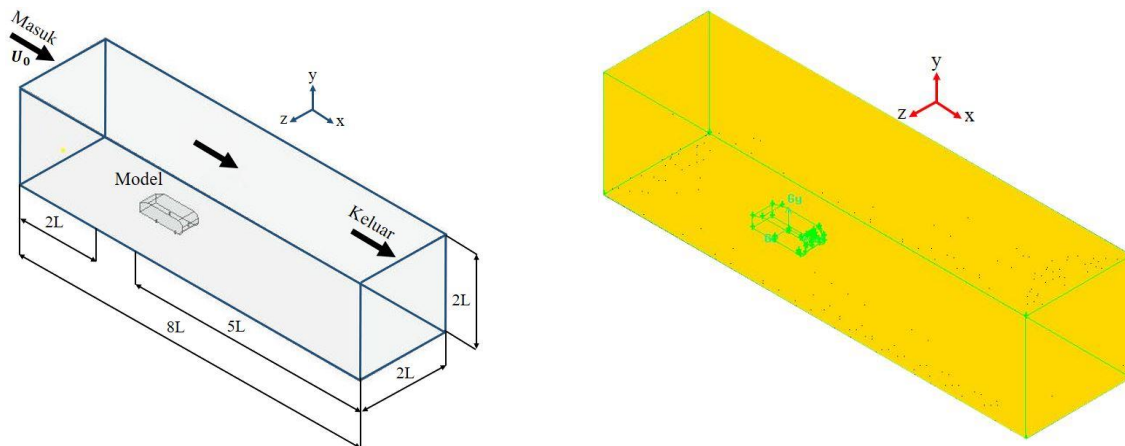
Dalam riset ini, benda uji yang digunakan merupakan reverse ahmed model dengan sudut kemiringan geometri depan ditentukan 35° . Reverse ahmed model memiliki perbandingan geometri 1:6 dibandingkan dengan ahmed model aslinya. Sehingga benda uji tersebut memiliki ukuran panjang 174 mm, tinggi 48 mm, dan lebar 64.83 mm. Penentuan desain reverse Ahmed model didasarkan pada bentuk yang sederhana namun memiliki kemiripan dengan bentuk bodi kendaraan pada umumnya guna memastikan tingkat akurasi dalam simulasi dinamika aliran disekitar kendaraan dapat tercapai. Model simulasi ditampilkan pada gambar 1.



Sumber: Desain gambar benda uji

Gambar 1. Benda uji

Metode komputasi dalam riset ini memanfaatkan software CFD Fluent 6.3.2 dengan k-epsilon standar sebagai model turbulensi yang diterapkan. Metode ini digunakan untuk menganalisa dampak variasi sudut kemiringan geometri depan dan penerapan kontrol aktif blowing terhadap pola dinamika aliran disekitar bodi kendaraan yang dimodelkan. Pada tahap awal, geometri model didefinisikan kedalam domain simulasi dan melalui proses mesh menggunakan software gambit. Domain simulasi dan hasil mesh ditampilkan secara berurutan pada gambar 2.



a. Domain simulasi

b. Hasil mesh

Sumber: Desain gambar

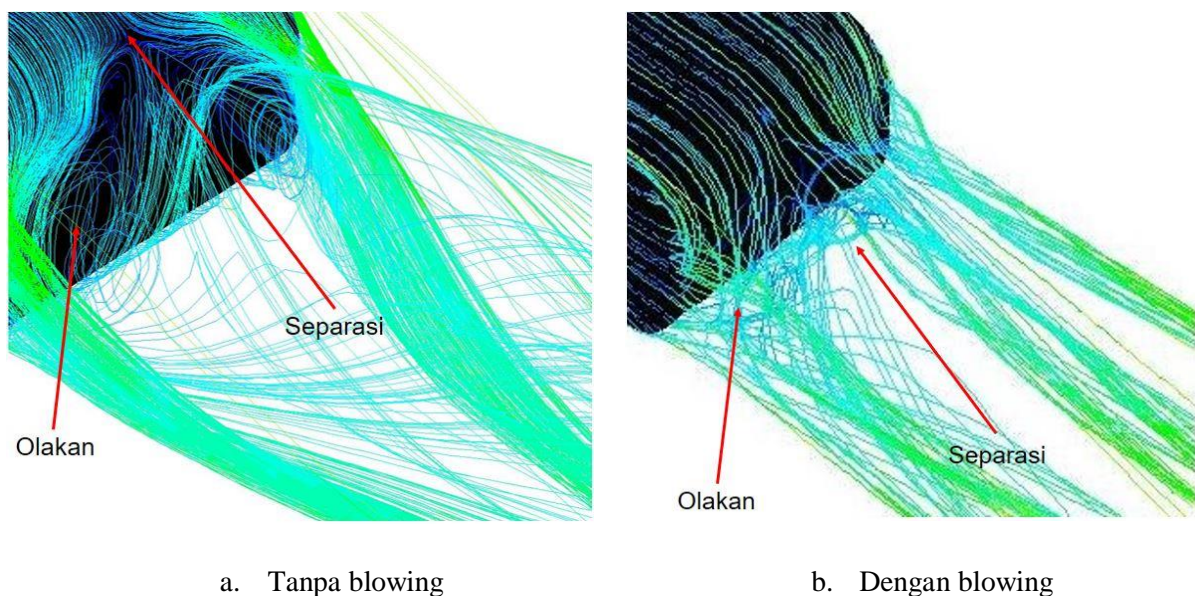
Gambar 2. Domain simulasi dan hasil mesh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Aliran

Hasil dan pembahasan difokuskan untuk menguraikan data karakteristik aliran dan hambatan yang bekerja terhadap model kendaraan. Gambar 3(a) memperlihatkan struktur olakan cenderung besar pada sisi belakang model uji tanpa kontrol blowing. Olakan yang cenderung besar tersebut disebabkan oleh terjadinya pemisahan (separasi) aliran pada ujung dinding belakang kendaraan sehingga menyebabkan fenomena tarikan aerodinamika (Tarakka, Salam, Rauf, et al., 2021). Tarikan ini menjadi kontributor terbesar atas hambatan aerodinamika yang diterima oleh kendaraan. Besar intensitas olakan ini pun menandakan besarnya tekanan balik pada dinding belakang kendaraan. Sementara itu juga terlihat pembentukan longitudinal vortex yang diakibatkan oleh perlambatan struktur aliran sisi tengah bagian belakang yang otomatis menjadikan aliran terdorong bergerak ke area samping kendaraan.

Gambar 3(b) menunjukkan proses pembentukan struktur olakan yang lebih kecil dengan pengaplikasian kontrol blowing pada kecepatan 0.5 m/s dibandingkan model kendaraan tanpa kontrol blowing. Terciptanya penundaan separasi, dimana prosesnya cenderung jauh dari dinding belakang kendaraan sehingga terjadi minimalisasi fenomena tarikan aerodinamika dan mengurangi intensitas tekanan balik serta menyebabkan pembentukan struktur olakan yang lebih kecil. Demikian halnya juga terkait *longitudinal vortex* yang mengalami pengurangan signifikan akibat penerapan kontrol blowing. Hasil yang ditunjukkan dalam penelitian ini selaras dengan hasil yang diperoleh peneliti terdahulu (Tarakka et al., 2023), dimana pengaplikasian kontrol blowing di sisi belakang kendaraan memberikan efek pengurangan pembentukan olakan. Sementara berdasarkan penelitian Hetawal dkk menginformasikan bahwa berkurangnya olakan berdampak cukup baik terhadap performa kendaraan secara menyeluruh (Hetawal et al., 2014).



Sumber: Hasil simulasi

Gambar 3. Karakteristik separasi dan olakan

Hambatan Model Kendaraan

Koefisien hambat model kendaraan pada kecepatan *upstream* 13.9 m/s dan kecepatan blowing 0.5 m/s ditampilkan pada tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa untuk model tanpa kontrol blowing, nilai koefisien hambatan (Cd) diperoleh sebesar 1.8733. Sementara itu untuk model dengan penerapan kontrol blowing pada kecepatan 0.5 m/s diperoleh nilai koefisien hambat sebesar 1.6987. Dengan demikian terjadi pengurangan koefisien hambat model tanpa kontrol aktif blowing dibandingkan dengan model dengan pengaplikasian kontrol aktif blowing sebesar 9.3187%. Hasil riset ini terkonfirmasi atas penelitian yang dilakukan oleh Tarakka dkk yang menunjukkan fakta bahwa pengaplikasian kontrol aliran blowing berhasil mereduksi koefisien hambat model kendaraan (Tarakka et al., 2022).

Tabel 1. Perbandingan koefisien hambat, Cd

Model	Koefisien hambat (Cd)
Tanpa blowing	1.8733
Dengan blowing 0.5 m/s	1.6987
Reduksi drag	9.3187

Sumber: Hasil pengolahan data

KESIMPULAN

Melalui hasil riset ini dapat ditarik kesimpulan terkait pengaplikasian kontrol aliran blowing pada sisi ujung belakang model uji kendaraan yang diatur pada kecepatan 0.5 m/s dan dijalankan pada kecepatan *upstream* 13.9 m/s (50 km/jam) dengan besar sudut geometri muka (*slant angel*) 35° mampu meminimalisasi pembentukan struktur *wake* dan memberi efek penundaan separasi dibandingkan model tanpa kontrol aliran blowing serta berhasil mengurangi koefisien hambat aerodinamika 9.3187%.

DAFTAR PUSTAKA

- Elsayed, O., Omar, A., Jeddi, A., Elhessni, S., & Hachimy, F. Z. (2021). Drag Reduction by Application of Different Shape Designs in a Sport Utility Vehicle. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 18(3), 8870–8881. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.3.2021.03.0680>
- 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>
- Mariaprakasam, R. D. R., Mat, S., Samin, P. M., Othman, N., Wahid, M. A., & Said, M. (2023). Review on Flow Controls for Vehicles Aerodynamic Drag Reduction. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 101(1), 11–36. <https://doi.org/10.37934/arfmts.101.1.1136>
- Nizam Sudin, M., Azman Abdullah, M., Anuar Shamsuddin, S., Redza Ramli, F., & Mohd Tahir, M. (2014). Review of Research on Vehicles Aerodynamic Drag Reduction

- Methods. In *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*.
- 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>
- 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).
- Tarakka, R., & Syamsul Arifin, A. P. (n.d.). *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV) Analisis Komputasi Pengaruh Geometri Muka dan Kontrol Aktif Suction Terhadap Koefisien Tekanan Pada Model Kendaraan*.