

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2133

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

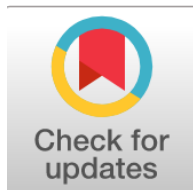
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Combined Aerodynamic Modifications Reduce Drag in MPV Vehicles: Modifikasi Aerodinamis Terpadu Mengurangi Hambatan Udara pada Kendaraan MPV

Adinda Maydana, arasy.fahrudin@umsida.ac.id (*)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

A'rasy Fahrudin, arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Aerodynamic characteristics play an important role in vehicle performance because air resistance directly affects fuel consumption and maximum speed. **Specific Background:** Winglet bumpers and rear spoilers are commonly applied aerodynamic devices intended to regulate airflow around vehicles and reduce drag. **Knowledge Gap:** Although aerodynamic devices have been widely studied, limited experimental evidence directly compares the combined application of bumper winglets and rear spoilers on MPV-type vehicles under controlled wind tunnel conditions. **Aims:** This study aims to analyze the effect of bumper winglets, rear spoilers, and their combination on air drag acting on an MPV model. **Results:** Experimental testing was conducted in a wind tunnel using wind speed variations of 7 m/s, 8.5 m/s, and 10 m/s under four configurations: without modification, winglet bumper, rear spoiler, and combined modification. The results show that all aerodynamic modifications reduced drag force and drag coefficient compared with the unmodified model. The combined configuration produced the best result, achieving the largest drag coefficient reduction of 38% at 8.5 m/s. **Novelty:** This study directly compares individual and combined aerodynamic modifications on an MPV prototype using controlled wind tunnel testing. **Implications:** The findings indicate that the combined use of bumper winglets and rear spoilers offers a practical aerodynamic strategy for reducing drag and improving high-speed vehicle efficiency.

Keywords: Aerodynamics, Drag Coefficient, Winglet Bumper, Rear Spoiler, Wind Tunnel

Key Findings Highlights

Published date: 2026-05-02

Analysis of the effect of Winglet Bumper and Rear Spoiler on Air Drag on Mpv Type Cars

[Analisa Pengaruh Winglet Bumper dan Rear Spoiler Terhadap Gaya Hambat Udara Pada Mobil Jenis Mpv]

Adinda Maydana¹⁾, A'razy Fahrudin²⁾

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Adindamaydana01@gmail.com , Arasy.Fahrudin@umsida.ac.id

Abstract. This study aims to analyse the effect of aerodynamic modifications, particularly bumper winglets and rear spoilers, on the air drag experienced by a Multi-Purpose Vehicle (MPV). This research was conducted using a prototype experimental approach with a wind tunnel, with predetermined wind speed variations (7m/s, 8.5m/s, 10m/s). Tests were conducted on four configuration models: without modification, with bumper winglets, with rear spoiler, and with a combination of both modifications. The test results show that the addition of the bumper winglet and rear spoiler can significantly reduce the drag force and drag coefficient. The combined model was able to reduce the drag coefficient best, achieving a reduction of up to 38% at a speed of 8.5 m/s. These findings suggest that such modifications can result in substantial improvements in vehicle efficiency and performance, especially at high speeds.

Keywords - Aerodynamics, Drag force, Drag Coefficient, Winglet Bumper, Rear Spoiler, Wind Tunnel, MPV Car

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh modifikasi aerodinamis, khususnya winglet bumper dan rear spoiler, terhadap gaya hambat udara yang dialami oleh kendaraan Multi-Purpose Vehicle (MPV). Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen prototype dengan terowongan angin, dengan variasi kecepatan angin yang sudah ditentukan (7m/s, 8,5m/s, 10m/s). Pengujian dilakukan pada empat model konfigurasi: tanpa modifikasi, dengan winglet bumper, dengan rear spoiler, dan dengan kombinasi kedua modifikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan winglet bumper dan rear spoiler mampu menurunkan gaya drag dan koefisien drag secara signifikan. Model kombinasi keduanya mampu mengurangi koefisien drag terbaik, mencapai pengurangan hingga 38% pada kecepatan 8,5 m/s. Temuan ini menunjukkan bahwa modifikasi tersebut dapat menghasilkan peningkatan efisiensi dan performa kendaraan yang substansial, terutama pada kecepatan tinggi

Kata Kunci - Aerodinamika, Gaya hambat, Koefisien Drag, Winglet Bumper, Rear Spoiler, Terowongan Angin, Mobil MPV

I. PENDAHULUAN

Teknologi merupakan sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, teknologi terus berkembang karena manusia mempelajari dan menyelesaikan berbagai masalah, termasuk transportasi. Transportasi adalah alat yang memungkinkan orang atau barang berpindah dari satu tempat ke tempat lain.[1] Awalnya, alat transportasi bergerak menggunakan tenaga manusia atau hewan. Namun, setelah ditemukan mesin motor bakar, peran manusia atau hewan sebagai tenaga penggerak mulai perlahan tergantikan. Efisiensi motor bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah aerodinamika.[2] Aerodinamika kendaraan sangat penting, terutama dalam hal mengurangi gaya hambat udara (drag force). Gaya hambat udara berdampak besar pada konsumsi bahan bakar dan kecepatan maksimum kendaraan.[3] Aerodinamika adalah salah satu ilmu pengetahuan yang mempelajari aliran fluida yang bergerak pada suatu benda dengan arah yang berlawanan terhadap gerak relatif benda dengan fluida. Gaya hambat (drag) adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Gaya hambatan yang disebabkan oleh adanya gradient tekanan (pressure drag) dan adanya gesekan (friction drag).[4] Terowongan Angin atau Wind tunnel adalah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari karakteristik aliran udara. Angin dialirkan melalui saluran yang menuju bidang uji untuk mengetahui dan menganalisa karakteristik aliran disekitar specimen uji seperti profil aliran, distribusi tekanan dan turbulensi.[5]

Winglet bumper dan Rear spoiler merupakan dua komponen aerodinamis yang sering digunakan pada mobil untuk memodifikasi aliran udara di sekitar kendaraan. Peran winglet bumper dan rear spoiler dalam meningkatkan performa aerodinamika kendaraan sangat signifikan, terutama dalam konteks pengurangan gaya hambat dan peningkatan downforce.[6] Winglet bumper, yang biasanya dipasang di bagian depan kendaraan, berfungsi untuk mengarahkan aliran udara dengan lebih efisien, mengurangi turbulensi yang dapat menyebabkan peningkatan drag.[7] Penelitian [8]

menunjukkan bahwa penggunaan winglet dapat mengurangi gaya drag dengan mengoptimalkan aliran udara di sekitar kendaraan, sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar. Sementara itu, rear spoiler berfungsi untuk meningkatkan downforce, yang sangat penting untuk menjaga stabilitas kendaraan pada kecepatan tinggi. Spoiler ini bekerja dengan mengubah pola aliran udara di belakang kendaraan, sehingga mengurangi lift yang dihasilkan oleh aliran udara.[9], [10]. Penelitian oleh [11] menggarisbawahi bahwa penambahan rear spoiler dapat mengurangi drag dan meningkatkan efisiensi kendaraan secara keseluruhan.

Beberapa peneliti terdahulu telah meneliti tentang aerodinamika penambahan winglet bumper dan rear spoiler pada mobil [12]. Meskipun penggunaan winglet bumper dan rear spoiler telah banyak, pengaruh spesifik komponen- komponen ini

terhadap gaya hambat udara pada berbagai jenis dan model mobil masih menjadi subjek penelitian yang menarik. Analisis mendalam tentang efektivitas dan interaksi kedua komponen ini dalam mengurangi gaya hambat udara dapat memberikan wawasan berharga untuk pengembangan desain kendaraan yang lebih efisien di masa depan [13]. Penelitian ini penulis bertujuan untuk menganalisis pengaruh winglet bumper dan rear spoiler terhadap gaya hambat udara pada mobil jenis mpv melalui pendekatan eksperimental. Eksperimen dilakukan dengan variasi penggunaan winglet bumper, rear spoiler dan kombinasi keduanya. Mobil model uji ditempatkan di dalam wind tunnel dan aliran udara diarahkan melalui mobil untuk mengukur koefisien drag pada berbagai kondisi [14]. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk memahami bagaimana masing-masing konfigurasi mempengaruhi koefisien drag. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam optimalisasi desain aerodinamis kendaraan dan pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar serta performa kendaraan [15].

II. METODE

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan simulasi dan uji terowongan angin untuk menganalisis pengaruh winglet bumper dan rear spoiler terhadap gaya hambat udara pada mobil jenis mpv. Elemen yang diuji meliputi winglet bumper, rear spoiler, serta kombinasi antara winglet bumper dan rear spoiler. Kondisi batas pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan angin sebesar 7 m/s, 8,5 m/s, dan 10 m/s. Model mobil yang digunakan memiliki dimensi panjang 25 cm, tinggi 10,5 cm, lebar 9,5 cm. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah gaya drag (F_d) yang diukur pada setiap kombinasi elemen dan kecepatan angin. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing elemen, baik secara terpisah maupun bersamaan, terhadap efisiensi aerodinamis kendaraan.

Gambar 1. Alat Uji Wind Tunnel (terowongan angin)

Gambar 2. Alat Uji Wind Tunnel (terowongan angin)

Keterangan :

1. Winglet bumper

2. Rear spoiler

2.2 Diagram Alir

Diagram alir (flow chart) adalah bagian yang menggambarkan alur proses secara umum. Metodologi penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Flowchart

2.3 Perhitungan Nilai Koefisien Drag

Langkah-langkah proses perhitungan melibatkan:

a. Gaya Drag (F_d) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$F_d = m \cdot g [1]$$

Dimana:

- m = Massa objek (dalam kilogram),
- g = Percepatan gravitasi (dalam meter per detik kuadrat, biasanya $9,8 \text{ m/s}^2$).

b. Koefisien drag (C_d) dihitung menggunakan rumus:

$$C_d = \frac{2 F_d}{\rho v^2 A} [2]$$

Dimana:

- F_d = Gaya drag (dalam Newton),
- ρ = Massa jenis udara (dalam kg/m^3),
- v = kecepatan relatif aliran udara (m/s),
- A = luas penampang kendaraan (dalam m^2).

c. Perhitungan penurunan koefisien drag (Cd) menggunakan rumus berikut :

$$\text{Penurunan (\%)} = \frac{\text{Nilai drag dengan modifikasi} - \text{Nilai drag tanpa modifikasi}}{\text{Nilai drag tanpa modifikasi}} \times 100\% [3]$$

Nilai drag dengan modifikasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan winglet bumper membantu mengarahkan aliran udara disekitar roda depan sehingga mengurangi turbulensi di area bawah kendaraan, sementara rear spoiler mengurangi efek wake atau pusaran udara di bagian belakang kendaraan yang berkontribusi pada penurunan gaya hambat. Kombinasi keduanya menciptakan aliran udara yang lebih terkontrol, mengurangi perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang kendaraan sehingga mengoptimalkan aerodinamika. Eksperimen terowongan angin yang telah dilakukan, diperoleh gaya drag (Fd). Berikut adalah tabel dari perhitungan gaya drag (Fd).

Tabel . Nilai dari Gaya drag (Fd) dari berbagai kategori

No Variasi kecepatan angin (m/s) Variasi pemodelan mobil Gaya Drag (Fd)

Tanpa Modifikasi (N) Winglet Bumper

(N) Rear Spoiler

(N) Kombinasi (N)

170,20580,17640,16170,1323

28,50,26460,22050,19110,1617

3100,38220,33810,30870,2793

Dari tabel 1 diatas menunjukkan bagaimana gaya drag berubah seiring dengan peningkatan kecepatan angin pada empat kategori: tanpa modifikasi, dengan winglet bumper, dengan rear spoiler, dan kombinasi keduanya. Berikut merupakan grafik nilai gaya drag dari tabel di atas:

Gambar 4. Grafik nilai Gaya Drag

Pada Gambar 4, grafik tersebut terlihat bahwa gaya drag meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan dalam semua kondisi, yang sesuai dengan prinsip aerodinamika bahwa gaya hambat fluida meningkat dengan kecepatan. Kendaraan tanpa modifikasi memiliki gaya drag lebih tinggi dibandingkan kondisi dengan winglet bumper, rear spoiler, dan kombinasi keduanya. Pada kecepatan 7 m/s gaya drag tanpa modifikasi mencapai 0,2058 N, lebih tinggi dibandingkan kondisi dengan winglet bumper (0,1764 N), rear spoiler (0,1617 N), kombinasi (0,1323 N); kecepatan 8,5 m/s gaya drag tanpa modifikasi mencapai 0,2646 N, lebih tinggi dibandingkan kondisi dengan winglet bumper (0,2205 N), rear spoiler (0,1911 N), kombinasi (0,1617 N); kecepatan 10 m/s gaya drag tanpa modifikasi mencapai 0,3822 N, lebih tinggi dibandingkan kondisi dengan winglet bumper (0,3381 N), rear spoiler (0,3087 N), dan kombinasi keduanya (0,2793 N). hal ini menunjukkan bahwa setiap modifikasi aerodinamis, dapat mengurangi gaya drag, dengan kombinasi winglet bumper dan rear spoiler memberikan pengurangan terbesar. Penurunan gaya drag yang signifikan pada kondisi kombinasi dapat meningkatkan efisiensi kendaraan dengan mengurangi hambatan udara.

a. Tanpa Modifikasi

Gambar 5 menunjukkan pola aliran udara pada mobil tanpa modifikasi. Sebagian besar aliran udara di atas kap dan atap mobil tampak cukup halus dan mengikuti kontur bodi kendaraan. Namun, di bagian belakang mobil terlihat indikasi adanya pemisahan aliran (flow separation), yang ditandai dengan turbulensi atau pusaran aliran yang tidak teratur.

Gambar 5. Mobil Tanpa Modifikasi

b. Winglet Bumper

Gambar 6 menunjukkan pola aliran udara pada mobil MPV yang telah dimodifikasi dengan penambahan winglet pada bumper depan. Terlihat bahwa pola aliran udara mengalami perbaikan signifikan dibandingkan kondisi tanpa modifikasi. Aliran udara di bagian depan mobil lebih terarah dan terpecah dengan rapi, yang menunjukkan bahwa winglet berfungsi mengelola aliran udara sebelum mencapai bodi utama kendaraan. Penambahan winglet pada bumper membantu mengurangi hambatan udara (drag) dengan menstabilkan aliran di sekitar kendaraan.

Gambar 6. Mobil Dengan Winglet Bumper

c. Rear Spoiler

Gambar 7 menunjukkan pola aliran udara pada mobil MPV yang telah dimodifikasi dengan penambahan rear spoiler. Dari pola aliran asap yang terlihat di bagian belakang mobil, terutama di area atas aliran udara tampak lebih tertata dan tidak menunjukkan pemisahan aliran (flow separation) yang besar. Hal ini menandakan bahwa spoiler berhasil mengurangi pembentukan wake yang besar dan turbulen di belakang kendaraan. Pengurangan area wake ini memberikan penurunan hambatan aerodinamis (drag) dan peningkatan stabilitas kendaraan pada kecepatan tinggi.

Gambar 7. Mobil Dengan Rear Spoiler

d.Kombinasi

Gambar 8 menunjukkan pola aliran pada mobil yang telah dimodifikasi menggunakan kombinasi winglet bumper dan rear spoiler. Dari pola aliran asap terlihat adanya kontrol aliran yang baik dari rear spoiler. Sementara itu, penambahan winglet bumper tampak memberikan efek pengarah aliran di bagian bawah dan samping kendaraan. Hal ini terlihat dari aliran yang lebih bersih dan tertata di sisi bawah depan kendaraan. Di bagian belakang, aliran juga tampak lebih stabil dengan pengurangan signifikan pada daerah wake (area turbulensi di belakang kendaraan).

Gambar 8. Mobil Dengan Winglet Bumper dan Rear Spoiler

IV.SIMPULAN

Kesimpulan dari Penelitian ini menunjukkan pengaruh penambahan winglet bumper dan rear spoiler terhadap gaya hambat udara pada mobil jenis mpv. Menurut hasil yang diperoleh penambahan aksesoris seperti winglet bumper dan rear spoiler terbukti efektif dalam mengurangi gaya drag (F_d). Dari data yang diperoleh, setiap modifikasi memberikan pengurangan gaya drag dibandingkan kendaraan tanpa modifikasi, dengan kombinasi winglet bumper dan rear spoiler memberikan hasil terbaik. penggunaan modifikasi aerodinamis seperti winglet bumper dan rear spoiler juga terbukti efektif dalam mengurangi koefisien drag (C_d) pada kendaraan. Dari data yang diperoleh, setiap jenis modifikasi memberikan penurunan C_d dibandingkan dengan kondisi tanpa modifikasi, dengan kombinasi winglet bumper dan rear spoiler menunjukkan hasil paling optimal. Penurunan koefisien drag terbesar terjadi pada kecepatan 8,5 m/s dengan reduksi sebesar 38%. Meskipun efektivitas kombinasi modifikasi sedikit menurun pada kecepatan 10 m/s, pengurangan tetap signifikan dibandingkan kendaraan tanpa modifikasi. Oleh karena itu, penerapan kombinasi winglet bumper dan rear spoiler dapat meningkatkan efisiensi aerodinamika kendaraan, yang berpotensi mengurangi konsumsi bahan bakar serta meningkatkan performa kendaraan pada kecepatan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, khususnya Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini. Saya sampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang berharga selama proses penelitian ini berlangsung. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada staf Laboratorium Teknik Mesin atas bantuan teknis dalam pengoperasian alat, seperti wind tunnel, serta dukungan dalam penyediaan peralatan yang diperlukan untuk eksperimen ini. Dukungan ini sangat membantu dalam memastikan kelancaran penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu aerodinamika, mendukung inovasi dalam desain kendaraan yang lebih efisien.

REFERENSI

- [1]D. D. Santoso, "Aerodinamika pada modifikasi bodi kendaraan angkutan pedesaan," J. TEDC, vol. 12, no. 2, pp. 112-127, 2018.
- [2]S. Suryady and R. Zhafran, "Analisa Desain Bodi Kendaraan Tipe Urban Concept Pada Pengaruh Koefisien Drag Dan Koefisien Lift," Presisi, vol. 24, no. 1, pp. 74-84, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/presisi/article/view/1149>
- [3]putri Kurniawati, "PENGARUH PENGGUNAAN SPOILER PADA MODEL KENDARAAN SEDAN TERHADAP TEKANAN HISAP DALAM TEROWONGAN ANGIN," Univ. Nisant. PGRI Kediri, vol. 01, pp. 1-7, 2017.
- [4]R. N. Legowoh, A. Fahrudin, and A. Akbar, "Analisa Pengaruh Wind Shield Dan Rear Box Terhadap Gaya Hambat Udara Pada Sepeda Motor," Otopro, vol. 19, no. 2, pp. 55-59, 2024, doi: 10.26740/otopro.v19n2.p55- 59.
- [5]V. Aditya, A. Alchalil, A. Asnawi, and A. Rahman, "Analisa Indikator Kinerja Terowongan Angin Rangkaian Terbuka (Open Circuit Wind Tunnel) Tipe Subsonic," Malikussaleh J. Mech. Sci. Technol., vol. 7, no. 2, p. 120, 2023, doi: 10.29103/mjmst.v7i2.13658.
- [6]A. Karyadi and M. Iklas, "Simulasi Aliran Udara Penggunaan Winglet Untuk Sepeda Motor 1000 Cc Pada Berbagai Angle of Attack Dan Laju Aliran Udara," J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra, vol. 5, no. 2, pp. 1-5, 2019, doi: 10.52005/rekayasa.v5i2.87.

- [7]I. C. Setiawan, "Automotive Experiences," *Automot. Exp.*, vol. 2, no. 1, p. 8, 2019.
- [8]H. ÇİFTÇİ, C. BAYINDIRLI, and İ. ÖRS, "Experimental investigation of spoiler application in an SUV type vehicle," *Int. J. Energy Appl. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1-5, 2023, doi: 10.31593/ijeat.1223324.
- [9]W. C. Scheffer and T. Szakács, "Comparative CFD Analysis of Angles of attack to increase aerodynamics properties," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2848, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2848/1/012008.
- [10]T. Lift et al., "Simulasi Numerik Pengaruh Multi-Element Airfoil Terhadap Lift dan Drag Force pada Spoiler Belakang Mobil Formula SAE dengan variasi Angle of attack Arif," vol. 091486, pp. 1-6, 1981.
- [11]D. S. Nath, P. C. Pujari, A. Jain, and V. Rastogi, "Drag reduction by application of aerodynamic devices in a race car," *Adv. Aerodyn.*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s42774-020-00054-7.
- [12]M. A. Kurniawan, Y. Oktopianto, A. Eska Fahmadi, and P. Rusmandani, "Studi Karakteristik Aliran Udara Kendaraan dengan Penambahan Spoiler Belakang Standard Dan Lebih Panjang," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 9, no. 1, pp. 29-39, 2022, doi: 10.46447/kjtj.v9i1.416.
- [13]M. A. Kurniawan and A. G. Wailandu, "Karakteristik Aliran Pada Kendaraan Menyerupai MPV Dengan Penambahan Rear Spoiler," *Jur. Tek. Mesin*, vol. 03, no. 02, pp. 261-270, 2014.
- [14]H. Yudha, "Analisa Geometri Bodi Mobil Dan Aerodinamis Material Berbahan Dasar Serat Fiber," 2016.
- [15]A. H. Hanif and M. S. K. T. S. Utomo, "Simulasi Aerodinamika Desain Mobil Hemat Bahan Bakar 'Antawirya' Dengan Metode Computational Fluid Dynamics," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 3, no. 2, pp. 188-197, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/8726%0Ahttps://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/download/8726/8487>

References

1. D. D. Santoso, "Aerodynamics in Rural Transportation Vehicle Body Modification," *Jurnal TEDC*, vol. 12, no. 2, pp. 112-127, 2018.
2. S. Suryady and R. Zhafran, "Analysis of Urban Concept Vehicle Body Design on Drag Coefficient and Lift Coefficient," *Presisi*, vol. 24, no. 1, pp. 74-84, 2022.
3. P. Kurniawati, "The Effect of Spoiler Application on Sedan Vehicle Models on Suction Pressure in a Wind Tunnel," Undergraduate Thesis, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, Indonesia, 2017.
4. R. N. Legowoh, A. Fahrudin, and A. Akbar, "Analysis of the Effect of Wind Shield and Rear Box on Air Drag Force on Motorcycles," *Otopro*, vol. 19, no. 2, pp. 55-59, 2024, doi: 10.26740/otopro.v19n2.p55-59.
5. V. Aditya, A. Alchalil, A. Asnawi, and A. Rahman, "Performance Indicator Analysis of an Open Circuit Subsonic Wind Tunnel," *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 7, no. 2, p. 120, 2023, doi: 10.29103/mjmst.v7i2.13658.
6. A. Karyadi and M. Iklas, "Airflow Simulation of Winglet Application for 1000 cc Motorcycles at Various Angles of Attack and Airflow Rates," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 5, no. 2, pp. 1-5, 2019, doi: 10.52005/rekayasa.v5i2.87.
7. I. C. Setiawan, "Automotive Experiences," *Automotive Experiences*, vol. 2, no. 1, p. 8, 2019.
8. H. Ciftci, C. Bayindirli, and I. Ors, "Experimental Investigation of Spoiler Application in an SUV Type Vehicle," *International Journal of Energy Applications and Technologies*, vol. 10, no. 1, pp. 1-5, 2023, doi: 10.31593/ijeat.1223324.
9. W. C. Scheffer and T. Szakacs, "Comparative CFD Analysis of Angles of Attack to Increase Aerodynamic Properties," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2848, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2848/1/012008.
10. T. Lift et al., "Numerical Simulation of the Effect of Multi-Element Airfoil on Lift and Drag Force of a Formula SAE Rear Spoiler at Various Angles of Attack," *Proceedings of Mechanical Engineering Research*, pp. 1-6, 1981.
11. D. S. Nath, P. C. Pujari, A. Jain, and V. Rastogi, "Drag Reduction by Application of Aerodynamic Devices in a Race Car," *Advances in Aerodynamics*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s42774-020-00054-7.
12. M. A. Kurniawan, Y. Oktopianto, A. E. Fahmadi, and P. Rusmandani, "Study of Vehicle Airflow Characteristics with Standard and Extended Rear Spoilers," *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, vol. 9, no. 1, pp. 29-39, 2022, doi: 10.46447/kjtj.v9i1.416.
13. M. A. Kurniawan and A. G. Wailandu, "Flow Characteristics of an MPV-Like Vehicle with Rear Spoiler Addition," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 261-270, 2014.
14. H. Yudha, *Analysis of Car Body Geometry and Aerodynamic Fiber-Based Materials*, Undergraduate Thesis, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 2016.
15. A. H. Hanif and M. S. K. T. S. Utomo, "Aerodynamic Simulation of the Fuel-Efficient Car Design Antawirya Using Computational Fluid Dynamics," *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. 3, no. 2, pp. 188-197, 2015.