

Analisis Gaya *Drag* Pada Mobil Sedan dengan Penambahan Komponen *Drag Reduction*

Abdul Aziz¹, Nofriadi^{2*}, Rudianto³, Rizki Alfi⁴, Aulia Naro⁵ Ruzita Sumiati⁶

^{1,6}D4-Rekayasa Perancangan Mekanik, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

²D3-Teknik Mesin, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

^{3,4}Politeknik ATI Padang

⁵Universitas Mercu Buana, dept industrial engineering

⁶ruzita.sumiati@gmail.com

Abstract

The aerodynamic design of a vehicle body plays a critical role in reducing air resistance (*drag*), thereby contributing to improved fuel efficiency. Aerodynamic resistance in vehicles is influenced by several parameters, including body geometry, auxiliary elements, and the orientation of the vehicle relative to the airflow. This study aims to analyze the effects of body shape variations and the addition of a spoiler on drag force reduction in a sedan-type vehicle. The methodology employed in this research is numerical simulation using Ansys Fluent software. Simulation results indicate that the model with a more streamlined geometry (Model C) produces a lower drag force compared to the model equipped with a spoiler. The drag coefficients obtained for each configuration are as follows: *Sedan A* — 0.780, *Sedan B* with a spoiler — 0.775, and *Sedan C* with an improved body geometry — 0.647. These findings suggest that optimizing body shape is more effective in enhancing the aerodynamic performance of a vehicle than the addition of external aerodynamic elements such as a spoiler.

Keywords: aerodynamics, drag coefficient, spoiler, *sedan*, fuel efficiency

Abstrak

Desain bodi kendaraan yang aerodinamis memainkan peran penting dalam mengurangi hambatan udara (*drag*), sehingga berkontribusi pada efisiensi konsumsi bahan bakar. Tahanan aerodinamika pada kendaraan dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk geometri bodi, elemen tambahan, serta orientasi kendaraan terhadap aliran udara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk bodi dan penambahan elemen spoiler terhadap reduksi gaya *drag* pada kendaraan tipe sedan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi numerik berbasis perangkat lunak Ansys Fluent dengan menggunakan variasi kecepatan pada inlet 10 dan 20 m/s. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model bodi dengan bentuk geometri lebih lancip (model c) menghasilkan gaya *drag* yang lebih rendah dibandingkan model dengan penambahan spoiler. Masing-masing koefisien drag sedan a 0.777, sedan b dengan spoiler 0.775 dan mobil sedan c dengan perbaikan geometri bodi 0.647, sehingga bentuk bodi lebih efektif dalam meningkatkan performa aerodinamika kendaraan.

Kata kunci: aerodinamik, *drag koeficient*, *spoiler*, mobil sedan, hemat bahan bakar,

1. Pendahuluan

Aerodinamika merupakan karakteristik suatu objek dalam berinteraksi dengan aliran udara di sekitarnya, yang memengaruhi kemampuannya untuk bergerak secara efisien di dalam medium fluida tersebut [1]. Dalam konteks kendaraan bermotor, khususnya mobil, karakteristik aerodinamika pada bodi kendaraan memegang peranan penting karena secara langsung

berdampak pada konsumsi bahan bakar, performa kecepatan, serta efisiensi tenaga yang dihasilkan. Desain bodi kendaraan yang aerodinamis berkontribusi signifikan dalam mengurangi hambatan udara (*drag*), sehingga mampu menurunkan konsumsi bahan bakar [2] [3]. Hal ini mendukung upaya pemerintah dalam mengurangi ketergantungan

terhadap bahan bakar fosil, yang tidak hanya berdampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga memiliki ketersediaan yang terbatas.

Sebagai respon terhadap tantangan tersebut, berbagai penelitian telah dilakukan guna mengembangkan desain kendaraan yang lebih aerodinamis. Beberapa pendekatan yang umum diterapkan antara lain penambahan fitur-fitur desain eksterior seperti *vortex generator*, *rear spoiler*, *rear fairing*, dan *fender*, yang berfungsi untuk memanipulasi aliran udara agar hambatan dapat diminimalkan [4] [11]. Selain itu, sejumlah studi juga mengeksplorasi variasi pada parameter desain seperti sudut kemiringan bagian belakang bodi, sudut pada bagian bawah kendaraan [12], dan konfigurasi lainnya yang bertujuan untuk menurunkan gaya hambat (*drag force*) secara keseluruhan [13].

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu *spoiler* tambahan dapat menyebarkan aliran udara yang melewati kendaraan, yang meminimalkan turbulensi di bagian belakang kendaraan, menambah lebih banyak tekanan *downforce* ke bagian belakang, dan mengurangi daya angkat yang bekerja pada bagasi belakang [14]. *Spoiler* belakang tidak lagi hanya hiasan dan memiliki efek terukur pada hambatan aerodinamis dan stabilitas kendaraan [15].

Tujuan penelitian ini adalah melihat pengaruh penggunaan *spoiler* pada bodi belakang mobil jenis sedan yang diuji secara numerik sehingga dapat diketahui pola aliran, kontur tekanan dan kontur kecepatan di sekitar bodi mobil.

2. Landasan teori

Dalam bidang aerodinamika, *drag coefficient* (koefisien hambat) memiliki pengaruh signifikan terhadap pergerakan suatu benda, dalam hal ini kendaraan seperti mobil. Gaya hambat yang timbul akibat interaksi antara aliran fluida dan permukaan mobil menyebabkan gesekan yang berdampak pada peningkatan konsumsi energi, karena mesin harus mengeluarkan daya lebih besar untuk mengatasi hambatan tersebut. Oleh karena itu, para ahli aerodinamika terus berupaya mengembangkan solusi untuk meminimalkan pengaruh *drag coefficient* terhadap performa kendaraan.

Drag coefficient merupakan parameter yang menunjukkan besarnya tahanan yang dialami suatu objek saat bergerak melalui fluida, seperti udara. Semakin aerodinamis atau *streamline* bentuk suatu benda, maka nilai *drag coefficient* yang dihasilkan akan semakin kecil. Sebaliknya, semakin besar luas penampang suatu benda yang tegak lurus terhadap arah aliran fluida, maka nilai *drag coefficient* yang dihasilkan akan semakin besar [16].

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

Dimana : C_D = Drag koefisien

F_D = Gaya drag (N)

ρ = massa jenis kg.m^3

V = Kecepatan aliran udara m/s

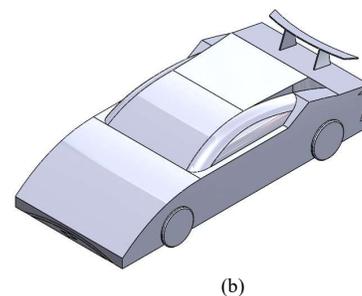
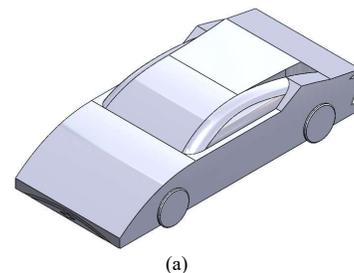
Faktor aerodinamika pada kendaraan dapat diminimalkan melalui pengoptimalan berbagai parameter desain kendaraan. Parameter-parameter yang memengaruhi tahanan aerodinamika pada kendaraan meliputi:

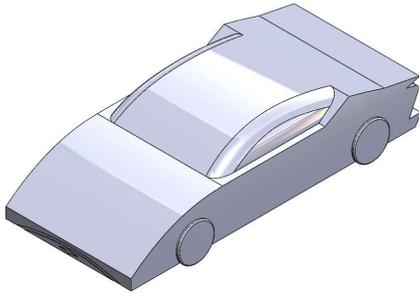
1. **Parameter bentuk**, yaitu konfigurasi geometris kendaraan secara keseluruhan, termasuk bentuk bagian depan, atap (beserta penunjangnya), bagian belakang, sisi samping, dan bagian bawah kendaraan.
2. **Parameter fungsional**, yaitu elemen-elemen tambahan yang memiliki fungsi tertentu pada kendaraan, seperti kaca spion, sistem pendingin (radiator), dan komponen lain yang menonjol dari bodi utama.
3. **Parameter posisi**, yaitu orientasi dan posisi kendaraan terhadap aliran udara, yang mencakup sudut datang (*angle of attack*), jarak antara kendaraan dan permukaan jalan (*ground clearance*), serta distribusi beban kendaraan.

3. Metode Penelitian

3.1 Disain mobil sedan sebagai objek studi

Ada 3 model yang dianalisa gaya aerodinamiknya pada penelitian ini. Bentuk disain mobil sedan yang dianalisis disajikan pada Gambar 1.



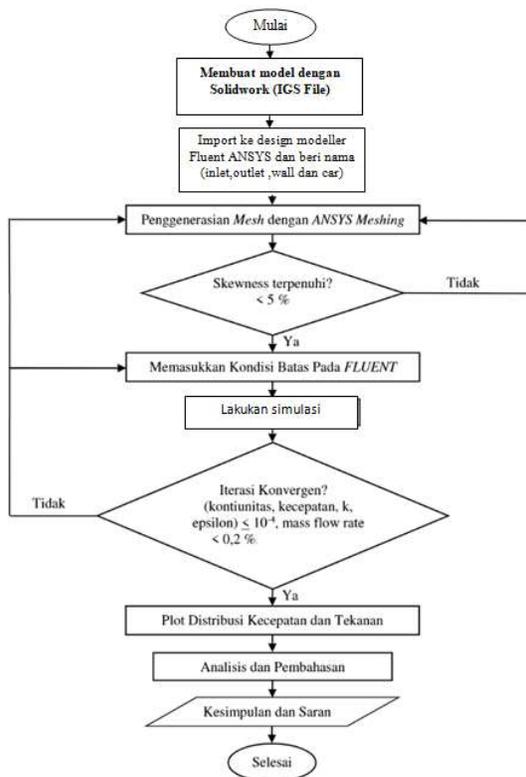


(c)

Gambar 1 . Disain mobil (a) tanpa spoiler (b) menggunakan Spoiler (c) perbaikan geometri bodi mobil

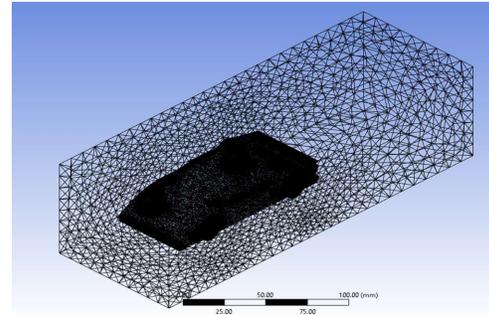
3.2 Tahapan penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metoda numerik dalam menganalisis gaya aerodinamik pada mobil yang menjadi objek studi. *Software* yang digunakan adalah ANSYS Fluent R1. Adapun tahapan yang dilaksanakan dalam menganalisis disajikan pada diagram alir Gambar 2.

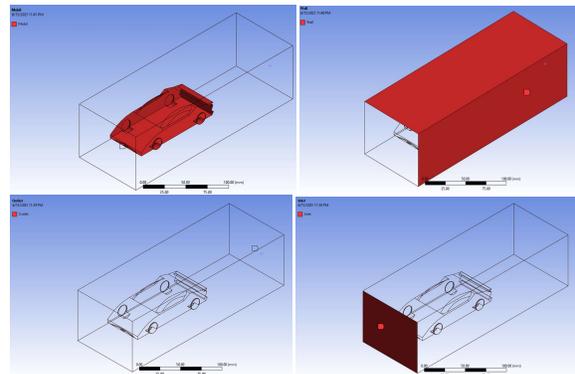


Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Domain komputasi 3D telah didiskretisasi menggunakan grid segitiga tak berstruktur. Gambar 3 menunjukkan domain komputasi tersebut dan Gambar 4 merupakan nama-nama bidang batas.



Gambar 3. Domain



Gambar 4. Nama bidang batas

Pada *set-up* menggunakan metode turbulen *k-epsilon realizable standard wall function*, yang ditentukan berdasarkan validasi pada fenomena *backward-facing step*. Menggunakan metode diskretisasi *second order upwind* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Boundary kondisi yaitu menggunakan kecepatan inlet 10 m/s.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan simulasi numeric dengan variasi kecepatan maka untuk ke-tiga model sedan didapatkan data *Coeffisient Drag* tersaji pada Table 1.

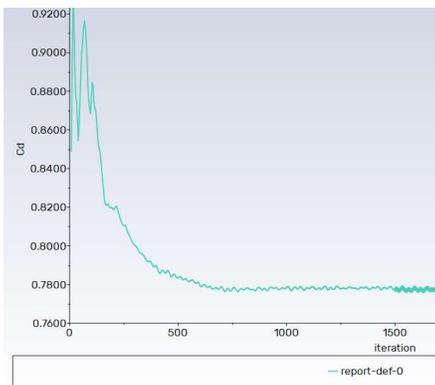
Tabel 1. Koefisien drag pada variasi kecepatan inlet

Variasi Model	Koefisien Drag	
	V=10 m/s	V= 20 m/s
Sedan A	0.777	0.728
Sedan B	0.775	0.74
Sedan C	0.647	0.5997

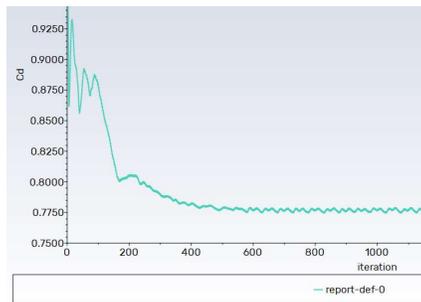
Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan dalam tabel, diketahui bahwa nilai koefisien drag terendah diperoleh pada mobil Sedan C. Hal ini dikarenakan desain bodi Sedan C yang lebih ramping dan meruncing dibandingkan dua model sedan lainnya, sehingga menghasilkan bentuk aerodinamis yang memungkinkan aliran udara mengalir secara streamline mengikuti kontur bodi kendaraan. Oleh karena itu, geometri bodi kendaraan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik aerodinamika, khususnya gaya hambat.

Penelitian sebelumnya terkait penggunaan *spoiler* menunjukkan hasil yang beragam. Beberapa studi melaporkan bahwa penambahan *spoiler* meningkatkan nilai koefisien drag, sementara penelitian lainnya menunjukkan penurunan. Perbedaan ini umumnya disebabkan oleh variasi bentuk, posisi, dan sudut kemiringan *spoiler*, yang memengaruhi pola aliran udara di sekitar kendaraan dan berdampak pada besarnya gaya drag yang dihasilkan. Dalam pengujian pada penelitian ini, penggunaan *spoiler* pada Sedan B tidak menunjukkan pengaruh signifikan dalam menurunkan gaya drag, bahkan menyebabkan sedikit peningkatan nilai koefisien drag. Dengan demikian, pada desain ini, *spoiler* lebih berfungsi sebagai elemen estetika dan penyeimbang kendaraan, bukan sebagai komponen peningkat performa aerodinamika.

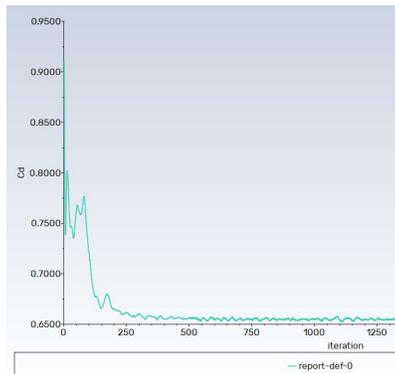
Pada Gambar 3 terlihat nilai koefisien drag pengujian ketiga sampel Sedan, diuji pada kecepatan 10 m/s



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik nilai koefisien drag (a) Sedan A, (b) Sedan B, (c) Sedan C

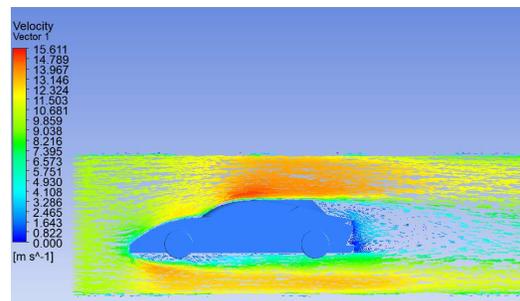
Pada grafik menunjukkan bahwa ketiga mobil yang diuji pada kecepatan inlet 10 m/s menghasilkan koefisien drag untuk Sedan A memiliki koefisien drag 0.777, Sedan B dengan spoiler 0.775 dan mobil Sedan C dengan perbaikan geometri bodi 0.647. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan geometri lebih memiliki pengaruh yang signifikan pada penurunan koefisien drag pada pengujian mobil sedan.

Sedangkan untuk koefisien lift pada pengujian 10 m/s menyajikan data pada Table 2.

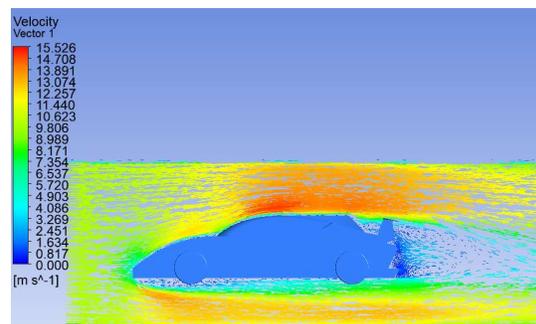
Model	Koefisien lift
Sedan A	0.004
Sedan B	0.065
Sedan C	0.34

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan koefisien lift terkecil pada mobil sedan dengan bentuk bodi belakang berbentuk kotak, kemudian dengan menggunakan spoiler juga memiliki koefisien lift yang kecil. Berdasarkan penelitian Mahdi Kheirkhah [17] menegaskan bahwa *spoiler* belakang yang dapat disesuaikan dapat secara efektif mengurangi daya angkat, sehingga meningkatkan daya cengkram jalan pada kecepatan tinggi dan meningkatkan kinerja pengereman tanpa mengorbankan efisiensi aerodinamis. Namun, sudut *spoiler* yang lebih tinggi juga meningkatkan gaya hambat, yang dapat berdampak pada konsumsi bahan bakar.

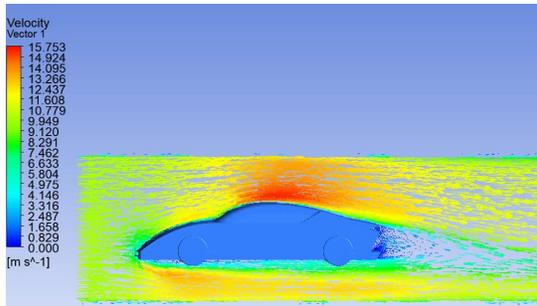
Gambar 6 menyajikan velocity vector dari ketiga sampel uji sedan.



(a)



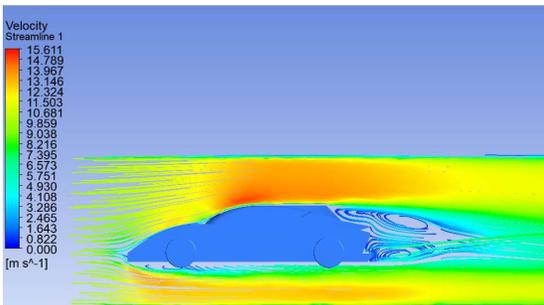
(b)



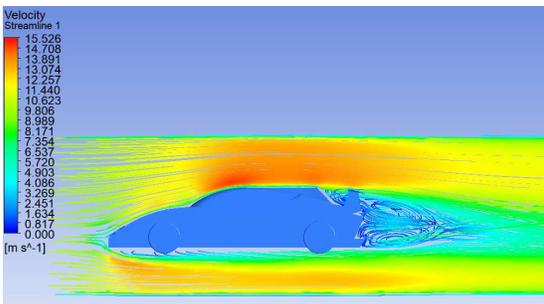
(c)

Gambar 6. Velocity Countour (a) Sedan A, (b) Sedan B, (c) Sedan C

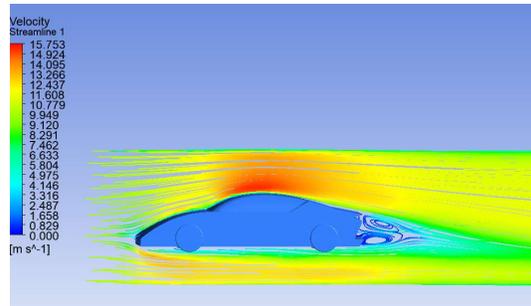
Pada bagian belakang ketiga sampel uji mobil sedan tergambar adanya aliran pusaran atau *vortex*. Dari ketiga mobil sampel didapatkan data bahwa Sedan C memiliki vortex yang sedikit. Hal ini disebabkan oleh bentuk aerodinamis dari geometri bodi mobil tersebut. *Vortex* di bagian belakang bodi mobil, atau dikenal juga sebagai pusaran udara belakang, dapat menimbulkan beberapa efek negatif pada performa mobil dan stabilitasnya. Efek yang paling umum adalah peningkatan hambatan udara, yang berarti mobil membutuhkan lebih banyak tenaga untuk bergerak dengan kecepatan yang sama. Selain itu, vortex juga dapat menyebabkan ketidakstabilan pada kendaraan, terutama pada kecepatan tinggi, karena adanya perbedaan tekanan dan turbulensi yang dihasilkan.



(a)



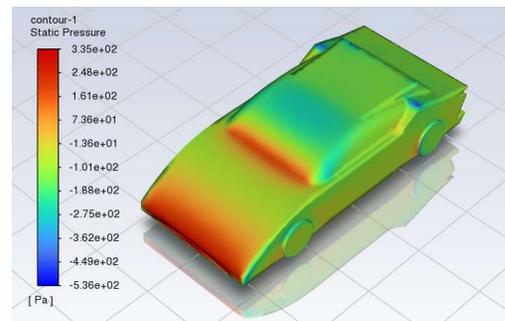
(b)



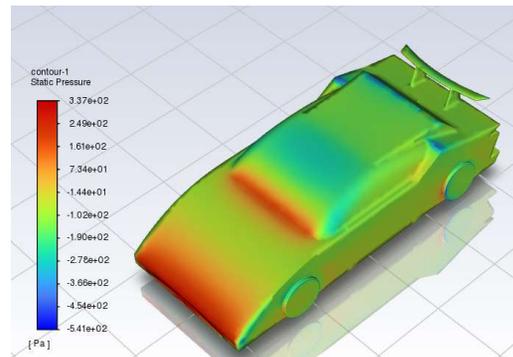
(c)

Gambar 7. Velocity Streamline (a) Sedan A, (b) Sedan B, (c) Sedan C

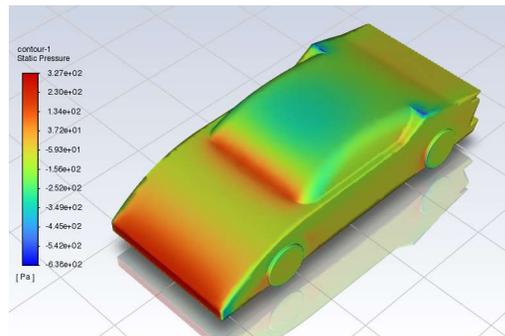
Gambar 8 menyajikan kontur tekanan statik pada ketiga mobil sedan yang diuji. Berdasarkan Gambar 8 membuktikan bahwa tekanan pada body depan sedan C memiliki tekanan yang lebih kecil dibandingkan kedua mobil sedan lainnya, yang menunjukkan aerodinamis bodi mobil Sedan C.



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Static pressure bodi Sedan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap tiga model mobil sedan yang diuji secara numerik, dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri bodi kendaraan yang aerodinamis memiliki peran penting dalam menurunkan nilai koefisien *drag*. Sementara itu, pengaruh penggunaan *spoiler* terhadap gaya *drag* sangat bergantung pada desain dan posisi pemasangannya. Dalam penelitian ini, penggunaan *spoiler* tidak memberikan kontribusi terhadap penurunan koefisien *drag* karena desain dan posisinya tidak dioptimalkan untuk menghasilkan aliran udara yang *streamline*, melainkan cenderung membentuk pusaran (*vortex*) di bagian belakang bodi kendaraan yang justru dapat meningkatkan hambatan aerodinamika.

Daftar Rujukan

- [1] Fluid Mechanics (Fifth Edition), "Aerodynamics." Elsevier Inc., 2012.
- [2] Yoni, E., Chigumba, P., 2024. Aerodynamics and its role in enhancing fuel efficiency in automotive engineering. *International Journal of Automobile Engineering*, 5 (2), pp. 32–35.
- [3] Hwang, B. G., *et al.*, 2016. Reduction of drag in heavy vehicles with two different types of advanced side skirts. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn*, 155, pp. 36–46.
- [4] Mirmahdi, E., Khoubrou, A., 2021. The Effect of Aerodynamic Forces on Automotive Design and Reducing Fuel Consumption. *International Journal of Robotich and Automation*, 7 (1), pp. 36–41.
- [5] Piechna, J. R., *et al.*, 2022. Influence of the Car Movable Aerodynamic Elements on Fast Road Car Cornering. *Energies*, 15 (3), pp. 1–28
- [6] Xia, Z., Huang, M., 2024. Optimizing the Aerodynamic Efficiency of Electric Vehicles via Streamlined Design: A Computational Fluid Dynamics Approach. *Int. J. Heat Technol*, 42 (3), pp. 865–876.
- [7] Abedin, M. Z., Mukut, A. N. M. M. I., 2019. Review on Aerodynamic Drag Reduction of Vehicles. *Int. J. Eng. Mater. Manuf*, 4 (1), pp. 1–14.
- [8] Piechna, J., 2021. A review of active aerodynamic systems for road vehicles. *Energies*, 14 (23), pp. 1–31.
- [9] Allah, A. A., Mulyanto, T., 2025. Analisis Aerodinamika Untuk Desain Mobil Listrik Jenis Kargo Mini. *SJME Kinematika*, 10 (1), pp. 33–47.
- [10] Paper, C., Rajyagura, P., 2017. To design active spoiler of high speed car to swell stability by using cfd-aerodynamics analysis. *IRJET*, 4 (3), pp. 1678–1684, 2017.
- [11] Al-Saadi, A., *et al.*, 2022. Improvement of the aerodynamic behavior of a sport utility vehicle numerically by using some modifications and aerodynamic devices. *Scientific Reports*, 12 (1), pp. 1–14.
- [12] J. Howell., 2013. Aerodynamic Drag Reduction on a Simple Car-Like Shape with Rear Upper Body Taper. *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, 6 (1), pp. 52–60.
- [13] Khaled, M., El Hage, H., Harambat, F., Peerhossaini, H., 2012. Some innovative concepts for car drag reduction: A parametric analysis of aerodynamic forces on a simplified body. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn*, 107–108, pp. 36–47.
- [14] Ananda, Y. R., Putra, R. P., Fernanda, Y., Qalbina, F., Padang, U. N., 2025. Analisis Aerodinamika Rancangan Body City Car Dengan Penambahan Spoiler Belakang Menggunakan Ansys Fluent. *Masal. (jurnal Pendidik. sains*, 5 (2), pp. 602–616.
- [15] Naveen Kumar, V., Lalit Narayan, K., Rao, N., Ram, Y. S., 2015. Investigation of Drag and Lift Forces over the Profile of Car with Rears spoiler using CFD. *Int. J. Adv. Sci. Res*, 1(08), pp. 322–328.
- [16] Frank M. White., 2011. *Fluid Mechanics*, 7th ed. Mcgraw-Hill series in mechanical engineering.
- [17] Kheirkhah, M., Roohi, E., Pasandidehfard, M., 2025. Improving the aerodynamics of a fastback car body using a spoiler. *Sci. Rep*, 15 (1), pp. 1–14.