

# Analysis of The Effect of Using A Truck Cover and Wind Deflector on The Drag Coefficient of Trucks

Moch Miqdar Efendi<sup>1</sup>, A'rasy Fahrudin<sup>1\*</sup>, Iswanto<sup>1</sup>, Windarta<sup>2</sup>, Edi Widodo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Raya Gelam No.250, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

<sup>2</sup> Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih No.27, Jakarta Pusat 10510

\*Corresponding author: [arasy.fahrudin@umsida.ac.id](mailto:arasy.fahrudin@umsida.ac.id)

## Abstract

*This research analyzes the effect of using a body cover and wind deflector on the drag coefficient (Cd) on a truck using wind tunnel simulation. The study included four configurations: trucks without modifications, trucks with bed covers, trucks with wind deflectors, and a combination of both. The independent variables include the type of modification and wind speed (7 m/s, 8.5 m/s, 10 m/s), while the dependent variable is the drag coefficient (Cd) value. The experimental results showed that the combination of the tub cover and wind deflector provided the most significant Cd reduction of up to (34%) compared to conditions without modification, followed by the individual use of the tub cover (16%) and wind deflector (24%). This reduction in CD reduces drag force significantly, increases aerodynamic efficiency and reduces fuel consumption. Thus, this modification is recommended as a practical solution to increase the efficiency of commercial vehicles and support the ecosystem.*  
**Keywords:** aerodynamics, drag coefficient, wind deflector, body cover, fuel efficiency.

## Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan tutup bak dan deflektor angin terhadap koefisien drag (Cd) pada truk menggunakan simulasi terowongan angin. Penelitian meliputi empat konfigurasi: truk tanpa modifikasi, truk dengan tutup bak, truk dengan deflektor angin, dan kombinasi keduanya. Variabel bebas meliputi jenis modifikasi dan kecepatan angin (7 m/s, 8,5 m/s, 10 m/s), sedangkan variabel yang terikat adalah nilai koefisien drag (Cd). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kombinasi tutup bak dan deflektor angin memberikan penurunan Cd paling signifikan hingga 34% dibandingkan kondisi tanpa modifikasi, diikuti oleh penggunaan individu tutup bak (16%) dan deflektor angin (24%). Penurunan CD ini mengurangi gaya drag secara signifikan, meningkatkan efisiensi aerodinamika, serta mengurangi konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, modifikasi ini direkomendasikan sebagai solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi kendaraan niaga dan mendukung ekosistem.

**Kata Kunci:** Aerodinamika, koefisien drag, *wind deflector*, tutup bak, efisiensi bahan bakar

## 1. Pendahuluan

Di negara berkembang dengan populasi meningkat, peningkatan produksi kendaraan penumpang menjadikan transportasi sebagai pengguna utama bahan bakar minyak, mempengaruhi lingkungan dan energi tak terbarukan. Produsen kendaraan dituntut untuk meningkatkan teknologi demi kenyamanan dan efisiensi, dengan fokus pada desain bodi yang mengurangi koefisien hambatan aerodinamis [1]. Inovasi ini bertujuan mengurangi konsumsi bahan bakar dan dampak negatif lingkungan sambil mempertahankan estetika dan ergonomi kendaraan [2]. *Wind tunnel* adalah perangkat uji berbentuk balok yang

mengarahkan udara dengan kecepatan terkendali untuk menganalisis dampak aliran aerodinamis pada suatu objek. Objek tersebut ditempatkan di tengah bagian uji, sementara udara digerakkan oleh kipas untuk melewati objek itu. Ada dua jenis *wind tunnel*: rangkaian tertutup (*closed circuit*) dan rangkaian terbuka (*open circuit*) [3]. Benda yang bergerak melalui fluida akan mengalami gaya dan momen akibat tegangan geser ( $\tau_w$ ) dari viskositas fluida dan tegangan normal akibat tekanan ( $p$ ), di mana tekanan bekerja tegak lurus terhadap permukaan dan tegangan geser bekerja tangensial terhadapnya. Drag pada benda terdiri dari dua komponen utama: drag gesekan, yang

disebabkan oleh gaya gesek pada permukaan, dan drag tekanan, yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan di sekitar benda [4]. Nilai drag umumnya diperoleh melalui eksperimen di terowongan angin yang dilakukan secara berulang, dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk koefisien drag ( $C_d$ ), sebuah bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk menganalisis efisiensi aerodinamika [5].

Dalam pengujian distribusi kecepatan aliran di wind tunnel, karakteristik aliran diukur pada *exhaust fan*. Sebelumnya, pengujian ini menggunakan anemometer. Anemometer bekerja dengan cara yang sederhana namun efektif: angin dari wind tunnel menggerakkan baling-balingnya, yang kemudian berputar dengan kecepatan tertentu. Kecepatan putaran ini diukur dan ditampilkan sebagai angka kecepatan, memberikan data yang akurat tentang aliran udara [6]. Efisiensi bahan bakar kendaraan seringkali hanya fokus pada mesin, padahal aspek aerodinamika bodi kendaraan juga penting. Aerodinamika, yang mempelajari pengaruh udara terhadap benda bergerak, dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan memanfaatkan aliran udara secara optimal [7]. Bentuk dan desain tepi depan kendaraan, yang pertama kali terkena arus udara, sangat mempengaruhi gaya aerodinamis. Tepi depan yang tumpul menghasilkan defleksi aliran lebih kuat dan meningkatkan gaya tarik. Oleh karena itu, mengoptimalkan desain aerodinamis kendaraan, termasuk bagian depan dan belakang, dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar secara signifikan [8]. Menurut Rubiono dan Mujianto [9], perbaikan karakteristik aerodinamika pada kendaraan niaga Hasil penelitian menunjukkan penambahan aksesoris menimbulkan akibat yang unik pada gaya aerodinamis.

Kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi gaya seret dan distribusi tekanan serta kecepatan udara di sekitar kendaraan. Hambatan fluida, terutama di sekitar tempat duduk dan moncong depan, menyebabkan beberapa bagian aliran udara berwarna merah, menunjukkan kecepatan udara yang sangat kecil [10]. Separasi aliran

fluida dapat menimbulkan turbulensi dan wake, meningkatkan gaya drag di sekitar permukaan bodi kendaraan. Hambatan aerodinamis ini berdampak besar pada konsumsi bahan bakar, menyumbang 50%-60% dari total konsumsi saat melaju. Kestabilan dan efisiensi bahan bakar kendaraan dapat ditingkatkan dengan mengurangi koefisien drag ( $C_d$ ) [11].

Pada penelitian ini penulis akan bereksperimen dengan menggunakan wind tunnel untuk mensimulasikan aliran udara di sekitar truk. Eksperimen dilakukan dengan variasi penggunaan tutup bak, wind deflector, dan kombinasi keduanya. Truk model uji ditempatkan di dalam wind tunnel dan aliran udara diarahkan melalui truk untuk mengukur koefisien drag pada berbagai kondisi. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk memahami bagaimana masing-masing konfigurasi mempengaruhi koefisien drag [12]. Penelitian ini perlu dikaji karena memiliki potensi untuk memberikan solusi praktis dan ekonomis dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar truk, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan. Dengan memahami bagaimana tutup bak dan wind deflector mempengaruhi koefisien drag, produsen truk dan pemilik armada dapat membuat keputusan yang lebih baik tentang desain dan modifikasi kendaraan mereka. Selain itu, hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada perkembangan teknologi aerodinamis yang lebih canggih dan efisien, mendorong inovasi di industri otomotif dan transportasi.

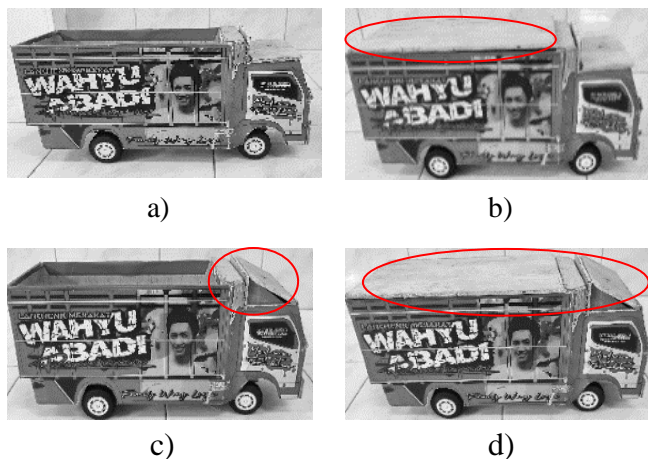
## 2. Metode Penelitian

Proses pengambilan data pada *wind tunnel* dimulai dengan mengarahkan aliran udara terkendali melalui perangkat uji. Objek yang akan diuji ditempatkan di tengah bagian uji, sementara udara digerakkan oleh kipas untuk melewati objek tersebut. Wind tunnel yang digunakan jenis rangkaian terbuka (open circuit) [13], seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Selama pengujian, objek yang terkena aliran udara akan mengalami gaya dan momen akibat tegangan geser ( $\tau_w$ ) dari

viskositas fluida dan tegangan normal akibat tekanan ( $p$ ). Tekanan bekerja tegak lurus terhadap permukaan, sedangkan tegangan geser bekerja tangensial terhadap permukaan tersebut. Drag pada objek terdiri dari dua komponen utama, yaitu drag gesekan yang disebabkan oleh gaya gesek pada permukaan, dan drag tekanan yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan di sekitar objek. Nilai drag diperoleh melalui eksperimen berulang di wind tunnel dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk koefisien drag ( $C_d$ ), yaitu bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk menganalisis efisiensi aerodinamika [14].



Gambar 1. Alat Uji Wind tunnel



Gambar 2. (a) Tanpa modifikasi (b) Variasi truk dengan tutup bak, (c) Variasi truk *wind deflector*, (d) Variasi truk kombinasi

Dalam pengujian distribusi kecepatan aliran, karakteristik aliran udara diukur pada exhaust fan. Pengukuran ini sebelumnya dilakukan menggunakan anemometer. Alat tersebut bekerja dengan memanfaatkan angin dari wind tunnel yang menggerakkan baling-balingnya. Baling-baling berputar dengan kecepatan tertentu yang kemudian diukur dan ditampilkan sebagai angka kecepatan,

memberikan data yang akurat tentang aliran udara di dalam wind tunnel [15]. Elemen yang diuji meliputi jenis tutup bak, penggunaan wind deflector, serta kombinasi antara tutup bak dan *wind deflector*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Kondisi batas pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan angin sebesar 7 m/s, 8,5 m/s, dan 10 m/s. Model truk yang digunakan memiliki dimensi panjang 30 cm, tinggi 16 cm, lebar 9 cm, dengan jarak antara titik tengah roda depan dan belakang 17 cm.

### Perhitungan Nilai Koefisien Drag

Langkah-langkah proses perhitungan melibatkan:

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

$$F_d = m \cdot g \quad \dots(1)$$

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:

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho v^2 A} \quad \dots(2)$$

Dimana:

$F_d$  = Gaya drag (dalam Newton),

$\rho$  = Massa jenis udara (dalam  $\text{kg/m}^3$ ),

$v$  = kecepatan relatif aliran udara (m/s),

$A$  = luas penampang kendaraan (dalam  $\text{m}^2$ ).

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

$$\text{Penurunan } C_d = \frac{C_d \text{ tanpa modifikasi} - C_d \text{ dengan modifikasi}}{C_d \text{ tanpa modifikasi}} \times 100\%$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan memaparkan data koefisien drag ( $C_d$ ) dari eksperimen *wind tunnel* pada empat konfigurasi truk: standar, dengan tutup bak, dengan *wind deflector*, dan kombinasi keduanya. Pengukuran gaya drag menggunakan neraca pegas, dengan konversi 1 mm = 1,5 gram. Penambahan tutup bak mengurangi turbulensi di belakang truk dan menurunkan  $C_d$ , sementara *wind deflector* mengurangi

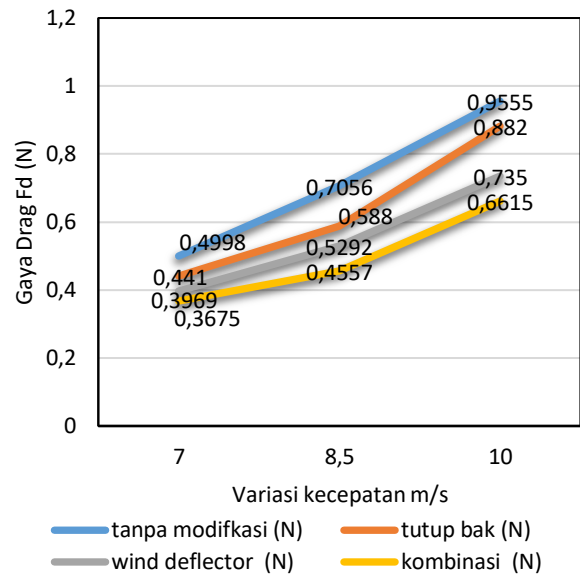
hambatan frontal dengan mengarahkan aliran udara. Kombinasi keduanya paling efektif, menghasilkan penurunan Cd paling signifikan dibandingkan konfigurasi lainnya, Modifikasi aerodinamis sederhana seperti tutup bak dan *wind deflector* meningkatkan efisiensi aerodinamika, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang. Tabel 1 menunjukkan nilai dari Gaya drag (Fd) dari berbagai model pada variasi kecepatan.

Tabel 1. Nilai dari Gaya drag (Fd) dari berbagai model

No	Variasi kecepatan angin (m/s)	Variasi pemodelan truk Gaya Drag (N)			
		Tanpa Modifikasi	Tutup bak	Wind deflector	Kombinasi
1	7	0,4998	0,441	0,3669	0,3675
2	8,5	0,7056	0,588	0,5292	0,4557
3	10	0,9555	0,882	0,753	0,6615

Pada Gambar 3, menunjukkan hubungan gaya drag (Fd) terhadap variasi kecepatan untuk empat kondisi: tanpa modifikasi, menggunakan tutup bak, *wind deflector*, dan kombinasi keduanya. Didapatkan gaya drag meningkat seiring bertambahnya kecepatan pada semua kondisi.

Namun, setiap jenis modifikasi memiliki dampak yang berbeda terhadap pengurangan gaya drag dibandingkan dengan kondisi tanpa modifikasi. Kombinasi tutup bak dan *wind deflector* terbukti memberikan gaya drag terendah pada setiap kecepatan, menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi hambatan udara. Pada kecepatan 7 m/s, kondisi tanpa modifikasi menghasilkan gaya drag tertinggi sebesar 0,4998 N, sementara kombinasi modifikasi hanya mencatat gaya drag sebesar 0,3675 N, yang merupakan nilai terendah. Modifikasi dengan tutup bak dan *wind deflector* juga memberikan pengurangan gaya drag, masing-masing mencatat 0,4406 N dan 0,3965 N.



Gambar 3. Grafik Nilai Gaya Drag (N)

Ketika kecepatan meningkat menjadi 8,5 m/s, pola yang sama tetap terlihat. Gaya drag pada kondisi tanpa modifikasi naik menjadi 0,7056 N, sedangkan kombinasi modifikasi tetap menunjukkan pengurangan terbaik dengan gaya drag sebesar 0,4557 N. Pada kecepatan 10 m/s, perbedaan semakin jelas, di mana kondisi tanpa modifikasi menghasilkan gaya drag sebesar 0,9555 N, sementara kombinasi modifikasi hanya sebesar 0,6615 N.

Kecepatan yang lebih tinggi akan menghasilkan geseran dan tumbukan udara ke body yang lebih besar, sehingga meningkatkan pressure drag maupun friction drag. Penggunaan tutup bak akan menurunkan gaya drag, karena penggunaan tutup bak dapat meminimalkan vortex di belakang kepala truk sehingga menurunkan gesekan. Penggunaan *wind deflector* di atas kepala truk akan meningkatkan aerodinamika, beda ketinggian antara kepala truk dan bak truk menjadi bidang miring, sehingga menurunkan tumbukan normal dan menurunkan gaya drag. Kombinasi penggunaan tutup bak dan *wind deflector* akan menurunkan gaya drag yang lebih besar karena meningkatkan aerodinamika sekaligus mengurangi vortex diatas bak truk.

Tabel 2. Nilai dari koefisien drag ( $C_d$ ) setelah dilakukan perhitungan

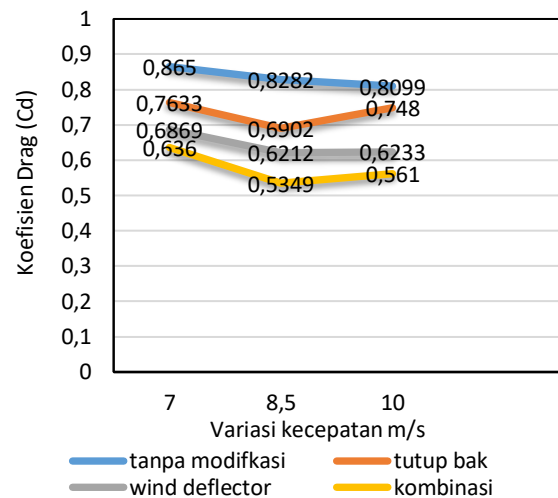
No	Variasi kecepatan angin (m/s)	Variasi pemodelan truk Koefisien Drag ( $C_d$ )			
		Tanpa Modifikasi	Tutup bak	Wind deflector	kombinasi
1	7	0,8650	0,7633	0,6869	0,6360
2	8,5	0,8282	0,6902	0,6212	0,5349
3	10	0,8099	0,7480	0,6233	0,5610

Tabel 3. Hasil penurunan dari koefisien drag ( $C_d$ ) setelah dilakukan perhitungan

Penurunan koefisien drag( $C_d$ ) %		
Tutup bak	Wind deflector	Kombinasi
11	20	27
16	24	34

Tabel 2 menunjukkan nilai  $C_d$  untuk beberapa model dengan variasi kecepatan. Sedangkan Tabel 3 menunjukkan persentase nilai drag untuk beberapa model jika dibandingkan dengan model truk tanpa modifikasi. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara koefisien drag ( $C_d$ ) dan variasi kecepatan untuk empat kondisi: tanpa modifikasi, menggunakan tutup bak, *wind deflector*, dan kombinasi keduanya. Secara keseluruhan, nilai  $C_d$  menurun dengan bertambahnya kecepatan untuk sebagian besar kondisi, meskipun tingkat penurunannya bervariasi. Kondisi tanpa modifikasi memiliki nilai  $C_d$  tertinggi pada semua kecepatan, menunjukkan hambatan udara yang paling signifikan. Pada kecepatan 7 m/s, nilai  $C_d$  tanpa modifikasi adalah 0,865, dan sedikit menurun menjadi 0,8099 pada kecepatan 10 m/s. Modifikasi tutup bak dan *wind deflector* masing-masing menunjukkan pengurangan  $C_d$  yang signifikan dibandingkan kondisi tanpa modifikasi. Tutup bak mencatat nilai  $C_d$  sebesar 0,7633 pada kecepatan 7 m/s, sementara *wind deflector* lebih rendah pada 0,6869. Kedua modifikasi ini membantu mengurangi turbulensi udara di sekitar kendaraan, dengan tutup bak memperbaiki aliran di bagian

belakang kendaraan dan *wind deflector* mengarahkan aliran di bagian depan.



Gambar 3. Grafik Nilai Koefisien Drag ( $C_d$ )

Kombinasi tutup bak dan *wind deflector* menghasilkan nilai  $C_d$  terendah, menunjukkan bahwa kedua modifikasi ini bekerja secara sinergis untuk mengurangi hambatan udara. Pada kecepatan 7 m/s, kombinasi ini mencatat nilai  $C_d$  sebesar 0,6194, dan pada kecepatan 10 m/s menurun menjadi 0,5610, yang merupakan pengurangan terbesar dibandingkan kondisi lainnya.

Semakin tinggi kecepatan semakin besar gaya drag total yang dihasilkan, akan tetapi  $C_d$  merupakan koefisien yang menunjukkan karakteristik aerodinamika body yang terlepas dari pengaruh kecepatan. Hal ini sesuai dengan persamaan (2),

$$C_d = \frac{2Fd}{\rho v^2 A}$$

Pada grafik  $C_d$  terlihat bahwa nilai  $C_d$  cenderung stabil terhadap perubahan kecepatan. Sehingga nilai  $C_d$  modifikasi truk dapat ditentukan dari nilai rata-ratanya. Penggunaan tutup bak dapat meminimalkan vortex di belakang kepala truk sehingga menurunkan gesekan sehingga menurunkan gaya drag dan nilai  $C_d$ . Penggunaan *wind deflector* membentuk bidang miring antara kepala truk dan bak truk, menurunkan tumbukan arah normal, sehingga lebih menurunkan gaya drag dan  $C_d$  dibandingkan penggunaan tutup bak. Kombinasi penggunaan tutup bak dan *wind deflector*

akan menurunkan gaya drag yang lebih besar karena menurunkan *pressure drag* diatas kepala truk sekaligus *friction drag* diatas bak truk. Oleh karena itu, kombinasi tutup bak dan *wind deflector* sangat direkomendasikan untuk kendaraan yang membutuhkan efisiensi aerodinamis dan kinerja optimal, terutama pada kecepatan tinggi. Pengurangan nilai Cd ini tidak hanya meningkatkan efisiensi bahan bakar, tetapi juga mendukung performa kendaraan yang lebih baik secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa modifikasi aerodinamis dengan penggunaan tutup bak, *wind deflector* dan kombinasi keduanya, memberikan pengaruh signifikan terhadap pengurangan koefisien drag (Cd) pada kendaraan truk. Sedangkan kendaraan tanpa modifikasi memiliki Cd tertinggi pada semua kecepatan karena turbulensi udara tidak terkontrol dibagian belakang dan hambatan frontal yang signifikan dibagian depan. Penggunaan tutup bak mampu mengurangi vortex di belakang kendaraan, menghasilkan penurunan Cd hingga 16% terutama pada kecepatan sedang hingga tinggi. Sementara itu penggunaan *wind deflector* efektif mengarahkan aliran udara di bagian depan kendaraan, menurunkan hambatan frontal dengan penurunan Cd hingga 24%, terutama pada kecepatan rendah hingga sedang. Kemudian penggunaan kombinasi keduanya memberikan hasil yang paling optimal, dengan penurunan Cd mencapai 34%, menghasilkan aliran udara yang lebih terkontrol di sepanjang kendaraan dan mengurangi gaya drag secara signifikan. Modifikasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi aerodinamis, tetapi juga berpotensi mengurangi konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, kombinasi tutup bak dan *wind deflector* sangat direkomendasikan untuk kendaraan niaga sebagai solusi praktis dan ekonomis untuk meningkatkan efisiensi kendaraan dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

#### Ucapan terimakasih

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.

#### Referensi

- [1] 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>
- [2] M. A. Derlyartha and N. Robbi, "Analisis Gaya Hambat Variasi Model Ahmed Body Car Menggunakan Ansys Fluent," pp. 14–20, 2020.
- [3] K. Yanel and A. Yanto, "Design and Manufacturing of Wind Tunnel for Turbine Impeller Airfoil Testing," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 124–130, 2022, doi: 10.21063/jtm.2022.v12.i2.124-130.
- [4] Bagus Wahyu Prastyo & Imam Syafa'at dan Muhammad Dzulfikar, "Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi ...," pp. 80–86, 2020.
- [5] M. Yogatama and R. Trisno, "Studi Koefisien Drag Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, p. 10, 2018, doi: 10.22441/jtm.v7i1.2235.
- [6] R. Hermawan, A. Aziz, P. David Rey, and B. Besar Teknologi Konversi Energi BPPT, "Investigasi Parameter Kinerja Alat Uji Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic Investigation of The Performance Parameters Of Subsonic Type Open Circuit Wind Tunnel Test Equipment," 2020, pp. 15–22.
- [7] A. Mukhlisin, E. Erwin, and S. Wiyono, "Rancang Bangun Smoke

- Generator pada Kecepatan Angin Rendah dengan Wind Tunnel Rangkaian Terbuka,” *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 4, pp. 81–88, 2022, doi: 10.35814/asiimetrik.v4i1.2944.
- [8] Wildan Fahmi, “Visualisasi Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus,” vol. 40, 2016.
- [9] G. Rubiono and H. Mujianto, “Pengaruh Bentuk Pengarah Angin ( Deflector ) Terhadap Karakteristik Aerodinamis Kendaraan Niaga ( Truck ),” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. April, pp. 6–10, 2014, [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/view/1604>
- [10] H. Purwanto, S. R. Andary, and M. Andrianto, “Rekayasa Kecepatan Angin Wind Tunnel dan Gerak Wings pada Aerodinamika Berbasis Alat Ukur Anemometer,” *J. Pengemb. Potensi Lab.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–66, 2022, doi: 10.25047/plp.v1i2.3018.
- [11] 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.
- [12] J. Wang *et al.*, “High-resolution flexible iontronic skins for both negative and positive pressure measurement in room temperature wind tunnel applications,” *Nat. Commun.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1038/s41467-024-51415-5.
- [13] 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/ktj.v9i1.416.
- [14] P. Matondang and A. G. Wailanduw, “Rancang Bangun Smoke Generator dengan Aliran Asap secara Konstan untuk Media Pembelajaran di Laboratorium Aerodinamika,” *Ejournal.Unesa.Ac.Id*, vol. 6, no. 3, pp. 31–39, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/44949>
- [15] J. T. Novita, “Skripsi analisis pengaruh fin terhadap hambatan aerodinamis pada bluff body model kendaraan,” 2021.