

Pengembangan Media Praktikum Aerodinamika Kendaraan Berbasis *Wind Tunnel Open Circuit* Menggunakan Smoke Generator


Deny Tomy Andrianto^{1*}, Dwi Heru Siswanto², Muhammad Nur Cahyo Hidayat Nasrullah³, Revvan Rifada Pradiza⁴, Yayang Permadi⁵, Alfi Hasan⁶

^{1,2,4,5,6}Teknologi Mesin, Politeknik Internasional Tamansiswa Mojokerto, Jl. Taman Siswa No. 30, Mergelo, Purwotengah, Kec. Magersari, Kota Mojokerto, Jawa Timur

³Teknik Listrik Bandara, Politeknik Penerbangan Jayapura, Jl. Kayu Batu, Tj. Ria, Kec. Jayapura Utara, Kota Jayapura, Papua

E-mail: denytomyandrianto@gmail.com

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.6755>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 05 June 2026

Revised: 22 June 2026

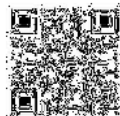
Accepted: 02 July 2026

Kata Kunci:

Kewirausahaan,
Kreativitas dan Inovasi

Keywords:

Entrepreneurship,
Creativity and
Innovation



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun wind tunnel tipe open circuit berbiaya rendah yang dilengkapi smoke generator sebagai media pembelajaran aerodinamika kendaraan. Pengujian dilakukan pada tiga variasi kecepatan aliran udara dengan tiga kali replikasi, mengukur kecepatan udara dan mengamati pola aliran secara visual. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan kipas meningkatkan kecepatan aliran hingga batas tertentu sebelum terjadi turbulensi. Pola asap memperlihatkan perubahan aliran dari laminar, transisi, hingga turbulen dengan terbentuknya wake dan vortex shedding pada kecepatan tinggi. Temuan ini membuktikan bahwa alat mampu memvisualisasikan karakteristik aliran udara secara efektif sebagai media pembelajaran aerodinamika dasar dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan sistem pengukuran dan visualisasi yang lebih komprehensif.

This study aims to design and build a low-cost open-circuit wind tunnel equipped with a smoke generator as a learning medium for vehicle aerodynamics. Tests were conducted at three variations of airflow speed with three replications, measuring airspeed and observing the flow pattern visually. The results show that increasing fan speed increases the flow speed to a certain limit before turbulence occurs. The smoke pattern shows changes in flow from laminar, transition, to turbulent with the formation of wake and vortex shedding at high speeds. These findings prove that the tool is able to visualize airflow characteristics effectively as a learning medium for basic aerodynamics and has the potential to be further developed with a more comprehensive measurement and visualization system.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Deny Tomy Andrianto, et al (2026). Pengembangan Media Praktikum Aerodinamika Kendaraan Berbasis *Wind Tunnel Open Circuit* Menggunakan Smoke Generator, 5(1) 56-61. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.6755>

PENDAHULUAN

Wind tunnel tetap menjadi instrumen penting dalam penelitian aerodinamika karena mampu menyediakan kondisi aliran udara terkontrol yang mendekati fenomena nyata. Perkembangan teknologi *wind tunnel* tidak hanya digunakan untuk pengujian aerodinamika klasik, tetapi juga telah berkembang untuk menghasilkan karakteristik turbulensi yang kompleks bagi aplikasi teknik dan rekayasa, termasuk simulasi atmosfer berkecepatan rendah serta studi perilaku struktur terhadap beban angin [1]. Dalam rekayasa struktur dan transportasi, *wind tunnel* digunakan untuk memahami interaksi aliran udara dengan objek besar seperti jembatan bentang panjang, bangunan tinggi, dan infrastruktur lainnya. Meskipun metode *computational fluid dynamics* (CFD) telah berkembang sebagai alternatif modern, berbagai studi membuktikan bahwa pengujian *wind tunnel* tetap diperlukan untuk memvalidasi simulasi

numerik, terutama pada fenomena nonlinier dan kondisi turbulen yang sulit direpresentasikan melalui pemodelan CFD [2]. Hal ini menguatkan peran fundamental *wind tunnel* dalam eksperimen aerodinamika lintas bidang teknik.

Perkembangan metode *computational fluid dynamics* (CFD) telah memberikan alternatif analisis aerodinamika yang semakin banyak digunakan dalam penelitian modern. Berbagai studi melaporkan bahwa hasil simulasi CFD mampu menunjukkan kesesuaian yang baik dengan pengujian *wind tunnel*, sehingga

keduanya dapat saling melengkapi dalam memahami perilaku aliran udara. Pada beberapa kasus, seperti analisis aerodinamika dalam olahraga bersepeda, simulasi CFD yang divalidasi menggunakan *wind tunnel* menghasilkan kesesuaian pola aliran dan nilai hambatan yang tinggi, sehingga meningkatkan keandalan penggunaan kedua metode secara bersamaan [3]. Penelitian lain menunjukkan bahwa CFD mampu memprediksi koefisien tekanan bangunan dengan tingkat akurasi yang sangat dekat dengan hasil pengujian *wind tunnel*, sehingga kebutuhan validasi eksperimental dapat diminimalkan pada kondisi tertentu [4]. Namun demikian, sejumlah studi memperlihatkan bahwa untuk fenomena aerodinamika yang lebih kompleks seperti aliran di lingkungan perkotaan dan dispersi polutan. Validasi melalui *wind tunnel* tetap diperlukan untuk memastikan akurasi profil kecepatan dan distribusi aliran [5]. Hal ini menunjukkan bahwa CFD tidak sepenuhnya menggantikan peran *wind tunnel*, melainkan berfungsi sebagai pendekatan komputasi yang memerlukan dukungan eksperimental untuk menghasilkan pemodelan aerodinamika yang andal.

Pengembangan *wind tunnel* berbiaya rendah menjadi fokus penting dalam satu dekade terakhir, terutama untuk mendukung kebutuhan pembelajaran aerodinamika di lingkungan akademik. Berbagai studi merancang *wind tunnel subsonic tipe open-circuit* sebagai alternatif yang lebih ekonomis namun tetap mampu menghasilkan kualitas aliran yang memadai untuk demonstrasi fenomena fluida dasar. Desain-desain ini biasanya memprioritaskan parameter desain penting seperti pemilihan kipas aksial, pengendalian kerugian tekanan, serta konfigurasi *test section* agar aliran tetap stabil dan seragam [6]. Pendekatan umum dalam penelitian ini menggabungkan pemodelan CAD, analisis CFD, serta pengujian eksperimental untuk memastikan aliran dan intensitas turbulensi yang rendah [7]. Beberapa studi bahkan mengusulkan kerangka desain berbasis parameter tak berdimensi guna menyederhanakan proses perancangan dan menurunkan biaya tanpa mengorbankan kualitas aliran [8]. Selain itu, rancangan berskala kecil dan modular terbukti efektif digunakan untuk pembelajaran dan penelitian dasar, termasuk pada pengujian aerodinamika kendaraan *prototipe* atau aplikasi *low-speed* lainnya [9], [10]. Tren penelitian ini menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap *wind tunnel* pendidikan yang efisien dan layak diterapkan dalam praktikum teknik fluida.

Meskipun berbagai desain telah dikembangkan, sebagian besar masih difokuskan pada aplikasi industri atau penelitian berskala besar. Ketersediaan alat uji *wind tunnel* sederhana di lingkungan akademik masih terbatas, terutama untuk kegiatan praktikum mahasiswa. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan rancangan alat yang lebih ekonomis, mudah dibuat, namun tetap mampu memberikan gambaran fenomena aerodinamika secara visual dan kuantitatif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *Wind Tunnel* menggunakan *smoke generator* sebagai media pembelajaran dalam praktikum aerodinamika kendaraan. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rancangan alat *wind tunnel* yang dapat digunakan oleh mahasiswa untuk melakukan pengamatan fenomena aliran udara, sekaligus menyediakan data uji dasar untuk analisis kecepatan dan pola aliran udara.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Perancangan dan eksperimental, perancangan *Wind Tunnel* dilakukan dengan mempertimbangkan fungsi utama sebagai alat bantu visualisasi aliran udara pada pengujian aerodinamika. Secara umum, sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu ruang pengujian (*test section*), sistem penggerak udara (kipas hisap), dan sistem pembentuk asap (*smoke generator*).

Smoke Generator

Smoke generator berfungsi menghasilkan asap yang digunakan untuk memvisualisasikan pola aliran udara di dalam *test section*. Asap dihasilkan dari cairan alami berbasis *vegetable glycerin* yang dipanaskan menggunakan elemen pemanas listrik. Asap yang dihasilkan bersifat tidak beracun dan

mudah terdispersi dalam udara. Komponen *smoke generator* terdiri atas wadah cairan, elemen pemanas, pipa pengarah asap, dan sumber daya listrik DC.

Kipas Penghisap (Fan System)

Sistem penggerak udara menggunakan kipas DC dengan daya 12 V yang dikontrol menggunakan *speed controller* berbasis potensiometer. Kipas dipasang pada bagian ujung *Wind Tunnel* untuk menarik udara melewati *test section*. Kecepatan aliran dapat diatur sesuai kebutuhan pengujian, dengan pengukuran dilakukan menggunakan anemometer digital untuk mendapatkan nilai kecepatan aktual.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Mesin Politeknik Internasional Tamansiswa Mojokerto, selama periode 15 Juni 2025 hingga 15 Oktober 2025.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini meliputi akrilik transparan sebagai dinding *test section*, papan kayu sebagai rangka penyangga, serta lem perekat epoxy untuk penyambungan. Komponen elektronik terdiri dari motor DC 12 V, *speed controller*, LED sebagai sumber cahaya, dan sensor kecepatan udara (anemometer). Objek uji yang digunakan berupa model kendaraan miniatur skala 1:20 dengan bentuk dasar sedan. Pemilihan model ini didasarkan pada bentuk permukaan yang umum digunakan dalam studi aerodinamika kendaraan ringan.

Desain dan alat pengujian di tunjukkan oleh Gambar 1 alat uji (*wind tunnel*) kemudian dilakukan pengambilan data menggunakan pendekatan eksperimental dengan variabel utama berupa kecepatan udara dan pola aliran asap. Kecepatan udara divariasikan dalam tiga tingkat, yaitu rendah (sekitar 2–3 m/s), sedang (4–5 m/s), dan tinggi (6–7 m/s). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pola aliran asap di sekitar objek uji, yang diamati secara visual menggunakan kamera digital. Kriteria kestabilan aliran dinilai berdasarkan tingkat kelinieran dan keteraturan garis asap di belakang objek uji.



Gambar 1. alat uji (*wind tunnel*)

Prosedur pengujian dilakukan guna memastikan bahwa sistem *Wind Tunnel* dan *smoke generator* berfungsi sesuai rancangan serta menghasilkan pola aliran yang stabil. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari pemeriksaan komponen, pengaturan kecepatan aliran udara, hingga pengambilan data visualisasi aliran. Langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan seluruh komponen *Wind Tunnel* dan memastikan *smoke generator* serta kipas berfungsi dengan baik.
2. Menyalakan kipas dan mengatur kecepatan aliran udara sesuai variasi yang diinginkan.
3. Menempatkan model kendaraan pada posisi tengah *test section*.
4. Mengaktifkan *smoke generator* hingga asap mengalir stabil melewati benda uji.
5. Menyalakan LED untuk memperjelas visualisasi aliran.
6. Melakukan pengamatan dan perekaman pola aliran asap untuk setiap variasi kecepatan.
7. Mencatat data kecepatan udara yang terbaca oleh anemometer.

Data hasil pengamatan dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan membandingkan bentuk dan arah aliran asap pada tiap variasi kecepatan udara. Visualisasi aliran digunakan untuk mengevaluasi tingkat kelinieran dan kestabilan aliran di sekitar model kendaraan. Selain itu, hasil pengujian dibandingkan dengan teori dasar aerodinamika untuk mengidentifikasi kecenderungan pembentukan *wake* di belakang objek.

HASIL DAN DISKUSI

Pada tahap ini menyajikan hasil pengujian kinerja *Wind Tunnel* menggunakan *smoke generator* sebagai media visualisasi aliran udara. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi kecepatan udara, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, masing-masing dengan tiga kali replikasi untuk memastikan konsistensi

hasil. Pengukuran kecepatan udara dilakukan pada dua titik berbeda di dalam *test section*, yaitu di bagian hulu dan sisi objek uji, untuk mengamati variasi kecepatan aliran yang terbentuk di sekitar benda uji.

Kondisi Kecepatan Rendah

Hasil pengujian pada kondisi kecepatan rendah ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil tiga kali replikasi, diperoleh nilai kecepatan udara rata-rata pada titik pertama sebesar 3,97 m/s dan pada titik kedua sebesar 8,79 m/s. Nilai kecepatan udara 2 yang lebih tinggi menunjukkan adanya percepatan aliran di sekitar sisi benda uji akibat perbedaan tekanan antara bagian depan dan samping objek.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kondisi Kecepatan Rendah

Replikasi	Sudut Airfoil (°)	Kecepatan Udara 1 (m/s)	Kecepatan Udara 2 (m/s)	Kecepatan Kipas	Keterangan
1	75	4.2	7.21	20.9	Aliran mulai terbentuk
2	77	5.0	8.38	21.1	Aliran mulai terbentuk
3	86	2.7	10.77	21.2	Aliran mulai terbentuk

Fenomena ini sesuai dengan prinsip Bernoulli, di mana peningkatan kecepatan aliran di sekitar permukaan benda diikuti oleh penurunan tekanan lokal. Aliran yang terbentuk pada kondisi rendah masih tergolong laminar, ditandai dengan bentuk aliran asap yang halus dan teratur. Pada kecepatan kipas sekitar 21,1 V, pola aliran mulai terbentuk namun belum menunjukkan adanya turbulensi yang signifikan.

Kondisi Kecepatan Sedang

Pada kondisi kecepatan sedang di tunjukkan pada Tabel 2, kecepatan udara pada titik pertama meningkat menjadi rata-rata 4,93 m/s, sedangkan pada titik kedua meningkat hingga 16,52 m/s. Peningkatan ini menandakan bahwa laju aliran udara di sisi objek semakin besar akibat pengaruh gaya hisap kipas dan konfigurasi ruang uji yang semakin stabil.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kondisi Kecepatan Rendah

Replikasi	Sudut Airfoil (°)	Kecepatan Udara 1 (m/s)	Kecepatan Udara 2 (m/s)	Kecepatan Kipas	Keterangan
1	92	4.4	14.74	21.3	Aliran stabil
2	97	5.6	16.59	21.3	Aliran stabil
3	97	4.8	18.23	21.6	Aliran stabil

Pola asap pada kondisi ini terlihat lebih rapat dan mulai menunjukkan sedikit getaran di area belakang objek, menandakan transisi dari aliran laminar menuju aliran transisi. Kondisi ini merupakan fase penting dalam studi aerodinamika karena menunjukkan awal terbentuknya perbedaan tekanan signifikan antara sisi atas dan bawah benda, yang menjadi dasar timbulnya gaya angkat (*lift*) dan hambatan (*drag*).

Kondisi Kecepatan Tinggi

Pada kondisi kecepatan tinggi di tunjukkan pada Tabel 3, kecepatan udara pada titik pertama rata-rata mencapai 5,93 m/s, sedangkan pada titik kedua sebesar 13,82 m/s. Meskipun kecepatan kipas meningkat hingga 24,9 V, nilai kecepatan udara 2 justru sedikit menurun dibandingkan kondisi sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pada laju udara yang tinggi, turbulensi mulai mendominasi di sekitar objek uji, sehingga kecepatan di titik sisi objek menjadi fluktuatif.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kondisi Kecepatan Tinggi

Replikasi	Sudut Airfoil (°)	Kecepatan Udara 1 (m/s)	Kecepatan Udara 2 (m/s)	Kecepatan Kipas	Keterangan
1	95	4.9	9.32	24.9	Aliran turbulen meningkat

2	98	5.0	14.51	24.5	Aliran turbulen meningkat
3	98	7.9	17.64	24.9	Aliran turbulen meningkat

Visualisasi asap memperlihatkan adanya pusaran kecil di belakang objek yang menandakan pembentukan *wake region*. Daerah ini merupakan hasil dari interaksi kompleks antara gaya hambat dan perbedaan tekanan, di mana sebagian energi kinetik fluida hilang akibat gesekan dan perputaran aliran (*vortex shedding*).

Rangkuman nilai rata-rata dari ketiga kondisi pengujian ditunjukkan pada Tabel 4. Secara umum, peningkatan kecepatan kipas berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan udara pada kedua titik pengukuran hingga batas tertentu. Tren kenaikan ini sejalan dengan teori dasar aerodinamika, bahwa semakin besar energi kinetik fluida yang diberikan melalui kipas, maka semakin tinggi pula kecepatan aliran yang dihasilkan dalam *test section*.

Tabel 4. Hasil Rata-rata Pengujian

Kondisi Uji	Rata-rata Sudut Airfoil (°)	Rata-rata Kecepatan Udara 1 (m/s)	Rata-rata Kecepatan Udara 2 (m/s)	Rata-rata Kecepatan Kipas	Karakteristik Aliran
Rendah	79.3	3.97	8.79	21.07	Aliran mulai terbentuk
Sedang	95.3	4.93	16.52	21.40	Aliran stabil
Tinggi	97.0	5.93	13.82	24.77	Aliran turbulen meningkat

Namun, pada kondisi kecepatan tinggi, efisiensi peningkatan kecepatan udara mulai menurun akibat munculnya turbulensi di sekitar objek. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem *Wind Tunnel* telah mencapai batas stabilitas aliran (*critical Reynolds number*), di mana gaya inersia fluida lebih dominan daripada gaya viskos.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat *Wind Tunnel* yang dirancang telah mampu menghasilkan aliran udara yang dapat digunakan untuk pengamatan fenomena aerodinamika dasar. Pola aliran asap yang terbentuk memberikan visualisasi yang jelas terhadap perubahan karakteristik aliran dari laminar ke turbulen, sehingga alat ini efektif digunakan sebagai sarana pembelajaran praktikum aerodinamika kendaraan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat *Wind Tunnel* menggunakan *smoke generator*, dapat disimpulkan bahwa alat yang dirancang telah mampu menghasilkan aliran udara yang stabil serta memungkinkan visualisasi pola aliran di sekitar benda uji. Peningkatan kecepatan kipas menyebabkan peningkatan kecepatan udara dalam *test section* hingga batas tertentu, di mana karakteristik aliran berubah dari kondisi laminar menjadi turbulen.

Hasil pengujian pada tiga kondisi kecepatan udara menunjukkan pola yang konsisten antar replikasi. Terjadi peningkatan kecepatan udara di sisi objek akibat perbedaan tekanan lokal yang menimbulkan efek percepatan aliran. Visualisasi asap yang dihasilkan oleh *smoke generator* memberikan gambaran yang jelas mengenai fenomena aerodinamika dasar seperti pembentukan *wake* dan transisi aliran. Dengan demikian, alat *Wind Tunnel* ini dapat digunakan secara efektif sebagai media pembelajaran dalam praktikum mekanika fluida dan aerodinamika kendaraan.

Untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem *Wind Tunnel* dilengkapi dengan perangkat pengukuran otomatis seperti sensor tekanan dan sistem pencatatan data digital agar hasil pengujian lebih akurat dan terukur. Kalibrasi terhadap kecepatan kipas dan volume udara juga perlu dilakukan untuk memperoleh hubungan matematis antara tegangan kipas dan kecepatan udara di *test section*. Selain itu, penelitian berikutnya dapat difokuskan pada variasi bentuk benda uji dan sudut serang

(*angle of attack*) guna memperluas pemahaman terhadap pengaruh geometri terhadap karakteristik aliran udara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Laboratorium Teknologi Mesin Politeknik Internasional Tamansiwa Mojokerto atas fasilitas ruang dan peralatan yang disediakan selama pelaksanaan penelitian. Apresiasi dan terima kasih juga kami tujukan kepada seluruh civitas akademika Politeknik Internasional Tamansiwa Mojokerto dan Politeknik Penerbangan Jayapura, serta pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan fisik, pemikiran, hingga artikel ini dapat tersusun dengan baik.

REFERENSI

- K. B. Rajasekara Babu, G. Hu, B. R. Noack, and K. C. S. Kwok, "From active grids to fan-array wind generators: A review of turbulence generation, control, and artificial intelligence integration in wind tunnels," *Physics of Fluids*, vol. 37, no. 8, p. 081304, Aug. 2025, doi: 10.1063/5.0279910.
- Y. Zhang, P. Cardiff, and J. Keenahan, "Wind-Induced Phenomena in Long-Span Cable-Supported Bridges: A Comparative Review of Wind Tunnel Tests and Computational Fluid Dynamics Modelling," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 4, p. 1642, Feb. 2021, doi: 10.3390/app11041642.
- L. Oggiano, L. Spurkland, L. Sætran, and L. M. Bardal, "Aerodynamical Resistance in Cycling on a Single Rider and on Two Drafting Riders: CFD Simulations, Validation and Comparison with Wind Tunnel Tests," in *Sports Science Research and Technology Support*, vol. 632, J. Cabri and P. Pezarat Correia, Eds., in *Communications in Computer and Information Science*, vol. 632. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 22–37. doi: 10.1007/978-3-319-52770-3_3.
- M. A. Lukiantchuki, A. P. Shimomura, F. M. D. Silva, and R. M. Caram, "Evaluation of CFD simulations with wind tunnel experiments: pressure coefficients at openings in sawtooth building," *Acta Sci. Technol.*, vol. 40, no. 1, p. 37537, Apr. 2018, doi: 10.4025/actascitechnol.v40i1.37537.
- M. Vasudevan, B. Basu, F. Pilla, and A. McNabola, "Development and validation of a computational fluid dynamics modelling methodology for isolated and urban street canyon configurations using wind tunnel measurements," *Int. J. CMEM*, vol. 10, no. 2, pp. 104–116, May 2022, doi: 10.2495/CMEM-V10-N2-104-116.
- B. E. Benítez, A. M. Trujillo, D. O. Cubias, and R. C. Valle, "Open Circuit/Eiffel- Type Subsonic Low Speed Wind Tunnel (LSWT) Conceptual Design Initial Parameters and Section Losses' Analysis for the Selection of an Adequate and Efficient Axial Fan," in *2023 IEEE 41st Central America and Panama Convention (CONCAPAN XLI)*, Tegucigalpa, Honduras: IEEE, Nov. 2023, pp. 1–7. doi: 10.1109/CONCAPANXLI59599.2023.10517570.
- Kok-Hoe Wong, Weldon Lai, Jing-Hong Ng, Ahmad Fazlizan, Kamaruzzaman Sopian, and Niranjan Sahoo, "Open-Loop Subsonic Suction Type Wind Tunnel: Design, Simulation, Build and Test," *ARFMTS*, vol. 105, no. 2, p. 204, June 2023, doi: 10.37934/arfmts.105.2.204223.
- D. L. Jayasooriya, C. V. P. Wedikkara, H. K. H. Kodithuwakku, and N. Samaraweera, "A Design Framework for Subsonic Low-Speed Wind Tunnels," in *2023 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*, Moratuwa, Sri Lanka: IEEE, Nov. 2023, pp. 161–166. doi: 10.1109/MERCon60487.2023.10355478.
- S. H. Siddharth, N. Singh, H. Yadav, A. Mishra, and K. E. Ahmed, "Feasibility Study for the Development of Small Scale Low Speed Wind Tunnel for Supermileage Prototype Car," *jmmf*, pp. 2358–2367, Nov. 2023, doi: 10.18311/jmmf/2023/36261.
- Ismail, E. Augupta Pane, and R. Abdu Rahman, "An open design for a low-cost open- loop subsonic wind tunnel for aerodynamic measurement and characterization," *HardwareX*, vol. 12, p. e00352, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.ohx.2022.e00352.