



## ***Aerodynamic Analysis of Urban Single Seater Vehicle Body using Computational Fluid Dynamics (CFD) method***

### **Analisis Aerodinamika Bodi Kendaraan Urban Single Seater Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)**

Rheihanita Noer Aprillia<sup>1\*</sup>, Sriyono<sup>1</sup>, Ramdhani<sup>1</sup>

#### **Abstract**

*The purpose of this study is to determine the aerodynamic design of an energy-efficient vehicle body by reducing the drag force and side force. The method used is to compare two single seater vehicle body designs through Computational Fluid Dynamics simulations on the Autodesk Flow Design tool. Then proof is carried out using theoretical calculation analysis. Based on the simulation test, it was found that the aerodynamics of vehicle design 2 had a smaller aerodynamic force compared to design 1. The difference in the drag force value with speed variations of 13.9 m/s in the simulation and theoretical analysis was 6.814 N and 4.3 N. Meanwhile, the difference in the value side force with the same speed variations in the simulation and theoretical analysis is 7.399 N and 7.3 N.*

#### **Keywords**

*Vehicle aerodynamic, computational fluid dynamic, drag force, side force*

#### **Abstrak**

#### **Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bodi kendaraan hemat energi yang aerodinamis dengan mengurangi besar *drag force* dan *side force*. Metode yang digunakan yaitu membandingkan dua rancangan desain bodi kendaraan *single seater* melalui simulasi *Computational Fluid Dynamics* pada perangkat Autodesk *Flow Design*. Kemudian dilakukan pembuktian menggunakan analisis perhitungan secara teoritis. Berdasarkan uji simulasi, didapatkan bahwa aerodinamika desain kendaraan 2 memiliki gaya aerodinamika lebih kecil dibandingkan dengan desain 1. Selisih perbedaan nilai *drag force* dengan variasi kecepatan 13,9 m/s pada simulasi dan analisa teoritis yaitu sebesar 6,814 N dan 4,3 N. Sedangkan perbedaan nilai *side force* dengan variasi kecepatan yang sama pada simulasi dan analisa teoritis yaitu sebesar 7,399 N dan 7,3 N.

#### **Kata Kunci**

Aerodinamis kendaraan, computational fluid dynamics, gaya drag, gaya samping

<sup>1</sup> Department Automotive Engineering, Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung, Jawa Barat - Indonesia

\*[rheihanitapr@gmail.com](mailto:rheihanitapr@gmail.com)

Submitted : June 22, 2023. Accepted : November 23, 2023. Published : December 29, 2023



## PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan bahan bakar sebagai transportasi konvensional di dunia khususnya di Indonesia semakin tinggi. Diketahui bahwa sektor transportasi menduduki peringkat pertama dalam konsumsi bahan bakar dengan persentase 40% pada tahun 2018 [1]. Indonesia merupakan salah satu negara dengan pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi di dunia, dengan pertumbuhan konsumsi energi 7% per tahun. Konsumsi energi di Indonesia tersebut terbagi untuk sektor industri 50%, transportasi 34%, rumah tangga 12%, dan komersial 4%. Konsumsi energi Indonesia yang cukup tinggi tersebut, hampir 95% dipenuhi dari bahan bakar minyak (BBM) [2]. Ketidakseimbangan antara produksi dan konsumen ini yang menjadi acuan para ahli mencari energi alternatif dalam misi hemat energi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak.

Shell Eco Marathon merupakan kompetisi mobil hemat energi yang diikuti oleh mahasiswa dari seluruh penjuru dunia. *Event* ini memiliki tujuan yaitu menuju 2025 *zero emission*, meningkatkan efektivitas penggunaan energi untuk mencapai efisiensi energi yang tinggi. Terdapat dua kelas perlombaan yaitu *prototype* dan *urban concept*. Tim Bumi Siliwangi 4 mengikuti kategori *urban concept – battery electric* [3].

Terdapat berbagai aspek yang diperhitungkan untuk menciptakan kendaraan yang hemat energi antara lain yaitu engine, transmisi, kemudi, suspensi, rem, kelistrikan, estetika dan bentuk bodi kendaraan [4]. Karena bentuk desain bodi kendaraan itu berpengaruh terhadap aerodinamika. Pentingnya memperhatikan aspek aerodinamika sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Marselino, R bahwa kendaraan dengan nilai koefisien hambat yang besar akan berpengaruh terhadap efisiensi, performa, serta kecepatan kendaraan [5]. Nath, dkk dalam penelitiannya berhasil mereduksi *drag force* sebesar 16.53 untuk mengurangi hambatan dan turbulensi [6]. Hasil pengujian He, dkk menunjukkan bahwa letak lajur kendaraan yang berbeda mempengaruhi aerodinamis koefisien signifikan, serta interferensi aerodinamis antara kendaraan dengan pengaturan melintang atau susunan memanjang, terutama untuk koefisien gaya samping [7].

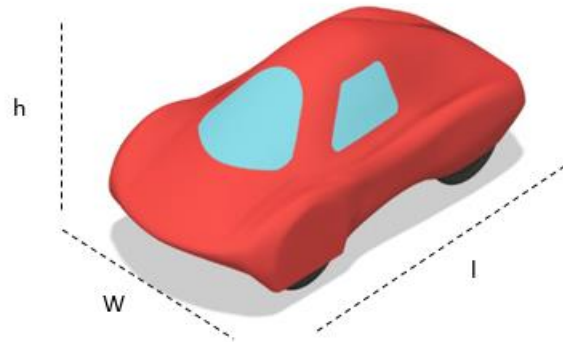
Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Engineu, R bahwa mereduksi aerodinamika dapat mereduksi konsumsi energi [8], Penelitian yang dilakukan oleh Zakher, dkk menunjukkan bahwa simulasi dengan metode *Computational Fluid Dynamics* merupakan perangkat yang dapat membantu untuk memprediksi bagaimana distribusi tekanan serta gaya yang diberikan pada kendaraan yang telah kita buat [9]. Penelitian yang dilakukan oleh Badrawada, dkk dengan membandingkan dua desain kendaraan lama dan yang baru setelah modifikasi mendapatkan hasil desain yang lebih aerodinamis dibandingkan dengan desain yang sebelumnya [10].

Hambatan aerodinamika adalah salah satu kontributor utama konsumsi energi kendaraan dan meningkat secara kuadrat dengan peningkatan kecepatan kendaraan [11]. Aerodinamika bodi sangat diperhitungkan, dalam kecepatan tinggi terdapat gaya yang berpengaruh terhadap kendaraan yaitu *lift force* dan *drag force*, serta *side force* saat sedang berbelok. Gaya ini berpengaruh terhadap kendaraan dan konsumsi energi kendaraan [12]. Semakin ideal aerodinamis bodi suatu kendaraan akan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

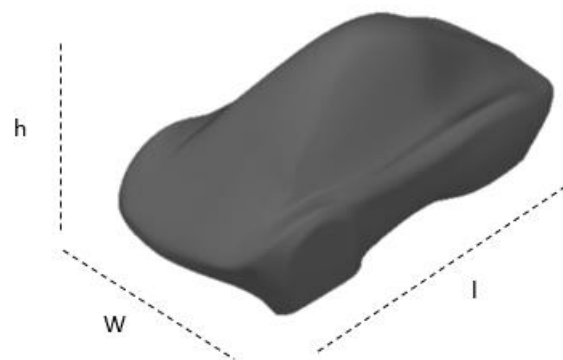
Penelitian simulasi menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) akan menghasilkan nilai besar *drag force*, dan *side force* [13]. Metode ini akan memberikan nilai *coefficient drag* (CD) dan *coefficient side* (CS) dari mobil yang dirancang. Tujuan dari penelitian ini yaitu mencari tahu *coefficient* dari masing – masing gaya, serta besar *drag force* dan *side force* dari rancangan desain bodi kendaraan 2, dibuktikan melalui analisis perhitungan secara teoritis. Kemudian dibandingkan hasilnya dengan kendaraan sebelumnya yaitu desain 1.

## METODE

Penelitian ini akan membahas dan membandingkan terkait analisis aerodinamika desain bodi kendaraan 1 dan 2 dengan mengabaikan tingkat kekaasaran permukaan *body* kendaraan. Metode yang digunakan yaitu simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan Autodesk *Flow Design*.



Gambar 1. Desain Bodi Kendaraan 1



Gambar 2. Desain Bodi Kendaraan 2

Gambar 1 merupakan desain dari kendaraan *single seater* sebelumnya dan Gambar 2 merupakan desain dari kendaraan *single seater* terbaru dengan ukuran yang sama yaitu *length* (l) 2500 mm, *width* (w) 1200 mm, dan *height* (h) 1100 mm. Kedua desain tersebut yang akan diuji dan dibandingkan untuk mencari hasil aerodinamika yang lebih kecil. Setelah didapatkan hasil simulasi, melakukan analisis perhitungan secara teoritis nilai *drag* dan *side force*. Kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi, seperti yang ditunjukkan pada persamaan [14].

- a. Menentukan Nilai *drag force*

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

- b. Menentukan Nilai *Side force* dengan sudut  $15^\circ$

$$F_S = C_S A \frac{\rho v^2}{2}$$

*Coeffisien drag* ( $C_D$ ) dan *side* ( $C_S$ ) didapatkan dari uji simulasi CFD. Kedua desain kendaraan diuji dengan tiga variasi kecepatan ( $v$ ) berdasarkan regulasi Shell Eco Marathon 2022 yaitu 8,3, 11,1, dan 13,9 m/s. Luas *frontal area* ( $A$ ) Desain 1 dan Desain 2 saat uji *drag force* yaitu 0,37 dan 0,42 m. Sedangkan saat *side force* yaitu 1,5 dan 1,6 m. Besar sudut yang digunakan untuk menentukan *side force* yaitu  $15^\circ$ . Sirkuit yang dijadikan tempat perlombaan yaitu Pertamina

Mandalika International Circuit berada di ketinggian sekitar 2 mdpl dengan rata – rata suhu sekitar 29°C. Setelah itu dilakukan perbandingan hasil uji coba simulasi dan perhitungan secara teoritis dari desain kendaraan 1 dengan 2. Maka akan diketahui perbedaan hasil aerodinamika dari kedua desain kendaraan tersebut.

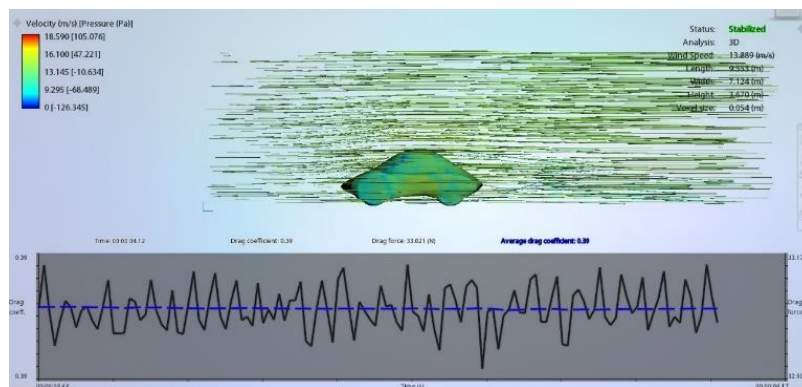
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

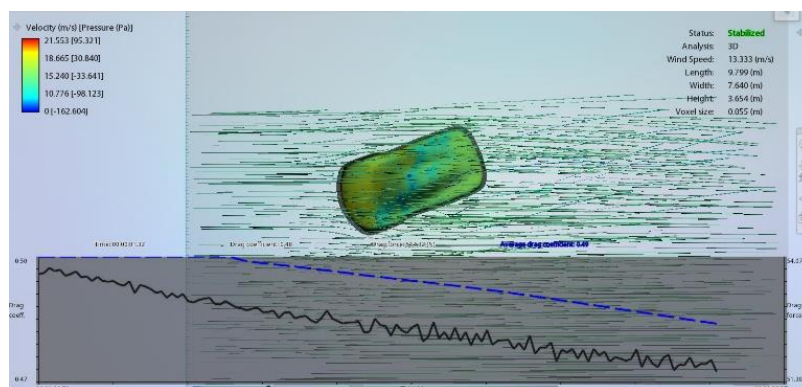
*Drag force* (hambatan) merupakan hasil perkalian dari *drag coefficient*, tekanan dinamis arus bebas, serta luas area [15]. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan antara daerah bertekanan tinggi di bagian depan kendaraan dan daerah bertekanan rendah di bagian belakang kendaraan [16]. *Drag coefficient* (CD) merupakan nilai aerodinamika yang penting pada perancangan kendaraan karena berpengaruh pada konsumsi bahan bakar yang digunakan, semakin kecil penurunan *drag coefficient* (CD). Begitupun dengan *side force*, semakin kecil nilai *coefficient side*, maka besar *side force* akan semakin kecil. Semakin kecil gaya aerodinamika, maka konsumsi bahan bakar akan semakin hemat.

### Simulasi CFD

Hasil yang didapat dari melakukan uji coba menggunakan simulasi CFD ialah sebagai berikut.



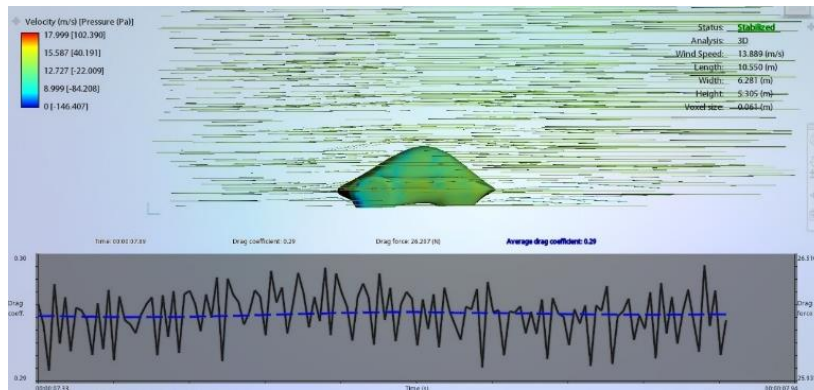
Gambar 3. Coefficient Drag dan Drag Force Desain Kendaraan 1



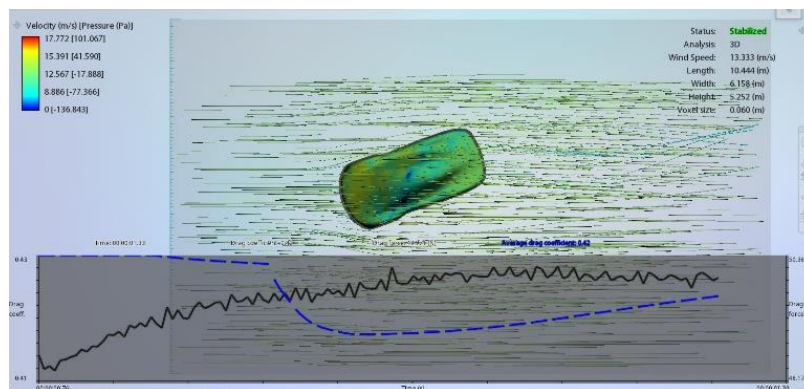
Gambar 4. Coefficient Side dan Side Force Desain Kendaraan 1

Pada Gambar 3 Terlihat terlihat bahwa rata-rata *coefficient drag* aerodinamika desain bodi kendaraan 1 dengan kecepatan kendaraan sebesar 13,9 m/s yaitu 0,38 dengan *drag force* sebesar 33,021 (N). Sedangkan pada Gambar 4 Rata-rata *coefficient side* yang dimiliki yaitu 1,03 dengan *side force* sebesar 159,023 (N).





Gambar 5. Coefficient Drag dan Drag Force Desain Kendaraan 2



Gambar 6. Coefficient Side dan Side Force Desain Kendaraan 2 dengan Kemiringan 15°

Dibandingkan dengan hasil uji coba simulasi desain kendaraan 1, desain kendaraan 2 memiliki gaya aerodinamika lebih kecil. Dapat dilihat pada Gambar 5 rata – rata *coefficient drag* desain bodi kendaraan 2 dengan kecepatan kendaraan yang sama sebesar 13,9 m/s yaitu 0,29 dengan *drag force* sebesar 26,207 (N). Sedangkan pada Gambar 6 didapati rata – rata *coefficient side* aerodinamika yaitu sebesar 0,82 dengan *side force* sebesar 151,624 (N). Hal ini dikarenakan perbedaan geometri bentuk yang membuat aliran udara di sekitar bodi kendaraan menjadi lebih *streamline*.

**Analisa perhitungan secara teoritis**

Data hasil perhitungan teoritis disajikan pada Tabel 1 yang dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Perhitungan secara Teoritis

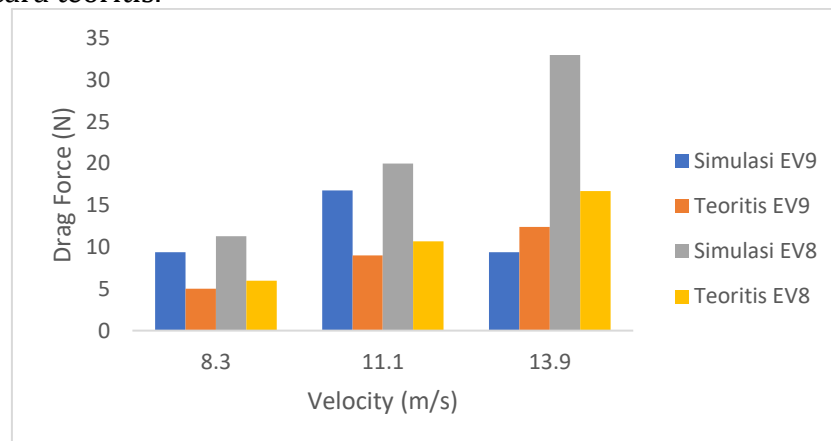
Velocity (m/s)	drag force (N)		Side force (N)	
	Desain 1	Desain 2	Desain 1	Desain 2
8,3	5.97	5.03	24.7	16.9
11,1	10.7	9	44.1	30.95
13,9	16.7	12.4	85.2	77.9

**Pembahasan**

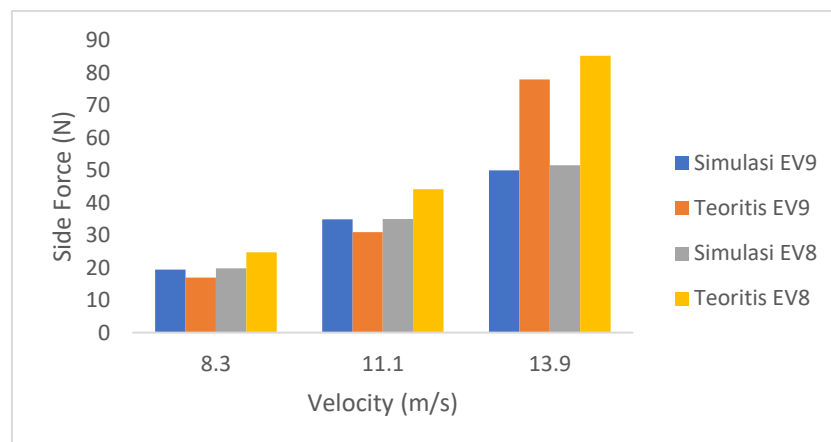
Setelah mendapatkan data dari uji coba simulasi CFD dan analisis perhitungan secara teoritis, menghasilkan bahwa desain kendaraan 2 memiliki gaya aerodinamika lebih kecil dibandingkan dengan desain kendaraan 1. *Drag force* maupun *side force* desain kendaraan 2 lebih kecil nilainya setelah diuji pada tiga variasi kecepatan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan bentuk *body* desain pada kendaraan 2 yang mempengaruhi aliran udara menjadi lebih *streamline* [17]. Penelitian Utomo menganalisa tentang aerodinamika body mobil residual-sat menggunakan metode computational fluid dynamics dengan empat variasi kecepatan mendapatkan hasil yang lebih aerodinamis dengan melakukan perubahan bentuk

bodi menghasilkan penurunan *drag force* yaitu pada kecepatan 40 km/jam terjadi penurunan *coefficient drag* sebesar 19,37 % dari 0,264 menjadi 0,214, kecepatan 50 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,43 % dari 0,263 menjadi 0,212, kecepatan 60 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,51 % dari 0,262 menjadi 0,211, dan kecepatan 70 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,56 % dari 0,2612 menjadi 0,210. [18].

Berdasarkan hasil uji coba dan analisis perhitungan secara teoritis, variasi kecepatan dan luas *frontal area* sangat berpengaruh terhadap *coefficient* serta *force* dari aspek *drag* dan *side*. Berikut merupakan grafik perbandingan antara hasil uji coba simulasi CFD dengan analisis perhitungan secara teoritis.



Gambar 7. Perbandingan Uji Coba Simulasi dan Analisis Perhitungan secara Teoritis *Drag Force* Desain Kendaraan 1 dan 2



Gambar 8. Perbandingan Uji Coba Simulasi dan Analisis Perhitungan secara Teoritis *Side Force* Desain Kendaraan 1 dan 2

Gambar 7 menunjukkan perbandingan grafik *drag force* simulasi serta analisis perhitungan secara teoritis antara desain kendaraan 1 dan 2 disebabkan oleh variasi akurasi perhitungan dan simulasi. Gambar 8 menunjukkan perbandingan grafik *side force* simulasi serta perhitungan manual antara desain kendaraan 1 dan 2. Perbedaan antara hasil perhitungan dengan simulasi yaitu dikarenakan simulasi lebih akurat dalam mendeteksi bentuk bodi dan kerataan bodi.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Setelah dilakukan uji coba dengan metode simulasi CFD serta pembuktian melalui analisis perhitungan secara teoritis, terhadap desain kendaraan 1 dan 2. Selisih perbedaan nilai *drag*

*force* dengan variasi kecepatan 13,9 m/s pada simulasi yaitu 6,814 dan analisis sebesar 4,3 N. Sedangkan perbedaan nilai *side force* dengan variasi kecepatan yang sama yaitu 13,9 m/s pada simulasi yaitu 7,399 dan analisis sebesar 7,3. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kendaraan **desain 1** memiliki gaya aerodinamika yang lebih kecil dibandingkan **desain 2**. Hal ini dikarenakan adanya perubahan bentuk *body* desain pada kendaraan **2** yang mempengaruhi aliran udara menjadi lebih *streamline*.

### Saran

Analisis perbandingan ini masih dapat dilakukan pengembangan untuk mencari aerodinamika kendaraan *single seater* yang lebih efisien lagi dengan mempertimbangkan hasil yang telah didapatkan pada penelitian ini, dengan lebih memperhatikan nilai *coefficient drag* dan *side* dalam perancangan desain kendaraan. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat desain dan bentuk *genetic* dari kendaraan agar nilai *coefficient* lebih kecil.

### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Nasional, T. S. J. D. E. (2019). Indonesia Energy Outlook 2019. J. Chem. Inf. Model, 53(9), 1689-1699.
- [2] SIDABUTAR, A. Y. (2023). ANALISIS PENGARUH HARGA MINYAK MENTAH DUNIA, SUBSIDI BBM, TARIF HARGA BBM DAN JUMLAH PENDUDUK TERHADAP KONSUMSI ENERGI BBM DI INDONESIA TAHUN 2000-2021.
- [3] Team Shell Eco Marathon 2022 Shell Eco-Marathon 2020 Official Rules Chapter I [Online] [https://www.shellecomarathon.com/about/global-rules/\\_jcr\\_content/root/main/section/simple\\_copy\\_copy/link\\_list\\_copy\\_21380\\_1371644988/links/item0.stream/1676645394231/38a7abe7331aaa24603d0e8b158565cc726ab78d/shell-eco-marathon-2022-official-rules-chapter-i.pdf](https://www.shellecomarathon.com/about/global-rules/_jcr_content/root/main/section/simple_copy_copy/link_list_copy_21380_1371644988/links/item0.stream/1676645394231/38a7abe7331aaa24603d0e8b158565cc726ab78d/shell-eco-marathon-2022-official-rules-chapter-i.pdf).
- [4] Kaluva, S. T., Pathak, A., & Ongel, A. (2020). Aerodynamic Drag Analysis of Autonomous Electric Vehicle Platoons. Energies, 13(15), 4028.
- [5] Marselino, R. (2021). Perancangan Bodi Kendaraan Urban Electric UNP Dan Tinjauan Aspek Aerodinamika Body (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).
- [6] Nath, D. S., Pujari, P. C., Jain, A., & Rastogi, V. (2021). Drag Reduction by Application of Aerodynamic Devices in A Race Car. Advances In Aerodynamics, 3(1), 1-20.
- [7] He, X., Xue, F., Zou, Y., Chen, S., Han, Y., Du, B., ... & Ma, B. (2020). Wind Tunnel Tests on The Aerodynamic Characteristics of Vehicles on Highway Bridges. Advances In Structural Engineering, 23(13), 2882-2897.
- [8] Engineu, R. (2019). Aerodynamic Drag Reduction of Vehicle Si Pitung G4 UNJ For Shell Eco-Marathon Asia 2015. Kne Social Sciences, 304-311.
- [9] Zakher, Bassem Nashaat, Mostafa El-Hadary, And Andrew Nabil Aziz. "The Effect of Vortex Generators on Aerodynamics for Sedan Cars." CFD Letters 11, No. 6 (2019): 1-17.
- [10] Badrawada, I. G. G., Purwanto, A., & Firlanda, E. R. (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel Dengan ANSYS 15.0. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material, 3(1), 8-14.
- [11] Barus, C. B., & Affif, J. M. (2018, October). Modifikasi Dan Analisa Aerodinamika Body Mobil Gladiator 2 Pnj Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd). In Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan (Pp. 171-177).
- [12] Putra, A. R. R. (2022). Analisis Pengaruh Bentuk Pengarah Angin (Deflector) Terhadap Hambatan Aerodinamika Pada Kendaraan Truk= Analysis of The Influence of Deflector Shape on Aerodynamic Resistance on Trucks (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).

- 
- [13] Hendaryati, H., Mokhtar, A., & Sudarman, S. (2021, January). Analisis Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Srikandi Fakultas Teknik. In Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi Dan Rekayasa) (No. 6, Pp. 80-84).
- [14] Cengel Y. A., Cimbala J. M. (2014). Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications, Third Edition. New York: Mcgraw-Hill.
- [15] Handoyo, Yudho Terial Panji (2018) Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Tipe Prototype Battery Electric “Barqun Speed” Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. Undergraduate (S1) thesis, University of Muhammadiyah Malang.
- [16] Niulai, J., & Mustika, N. D. (2022). Pengaruh Bentuk Benda Uji Terhadap Pola Aliran Angin di Ruang Uji Wind Tunnel. Jurnal Voering, 7(1), 37-46.
- [17] I Gusti Gde, B., Adi, P., & Edo, R. F. (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel dengan ANSYS 15.0. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, 3(1), 8-14.
- [18] Utomo, M. T. S. (2017). Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. JURNAL TEKNIK MESIN, 5(1), 50-59.