

Simulasi Aspek Aerodinamis Aliran Udara 2-D Pada Mobil Model Dengan Variasi Jarak Antar Model

Aditya Abyansyah Subekti, Anak Agung Adhi Suryawan, I Made Gatot
Karahika

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kendaraan saat ini sudah menjadi bagian penting dari kehidupan untuk menjalani kehidupan sehari-hari, akibat dari hal tersebut peningkatan konsumsi bahan bakar minyak terus bertambah. Bahan bakar minyak semakin berkurang setiap tahunnya, dikarenakan minyak bumi adalah sumber daya energi yang tidak dapat diperbaharui. Sehingga usaha untuk penghematan konsumsi bahan bakar minyak pada kendaraan mulai dicoba. Salah satunya dengan menggunakan sebuah mobil dengan cara yang efisien. Banyak cara yang dapat dilakukan seperti pengaturan peleton mobil. Peran dasar peleton dalam mengemudi pada jarak menengah pendek antara kendaraan dalam pengaturan bersama-sama menghasilkan pengurangan yang cukup besar dalam *coefficient drag* sehingga pengaturan peleton antar mobil dapat mendapatkan nilai aerodinamis dan akhirnya konsumsi bahan bakar untuk mobil juga semakin hemat. Aliran fluida yang mengalir pada bodi kendaraan akan menimbulkan gaya-gaya aerodinamika, karena adanya distribusi tekanan dan tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan. *Computational Fluid Dynamics* adalah bagian aerodinamika dimana hasil nilai aerodinamika didapat melalui hitungan. CFD menjadi alternatif yang lebih efisien dalam perancangan alat atau penelitian untuk mengetahui karakteristik suatu aliran dan interaksinya. Untuk mengetahui hal tersebut, penulis melakukan penelitian menggunakan CFD dengan metode aliran 2-D pada antar model mobil kendaraan yang bervariasi terhadap kecepatan dan jarak antar mobil agar mengetahui perbandingan nilai C_P dan C_D antar model kendaraan. Hasil menunjukkan semakin dekat dan kecilnya kecepatan akan mendapatkan efisiensi kinerja mobil yang signifikan yang terlihat dari perbandingan nilai C_P sebesar 97.57% dan C_D sebesar 96.54% pada antar model.

Kata kunci: Efisiensi, Koefisien Hambat, Koefisien Tekan, Aerodinamika, Computational Fluid Dynamics

Abstract

Vehicles have now become an important part of life to live everyday life, and as a result of this, the increase in fuel oil consumption continues to grow. Fuel oil is decreasing every year because petroleum is a non-renewable energy resource. So efforts to save on fuel consumption in vehicles began to be tried. One of them is by efficiently using a car. There are many ways to do this, such as setting up car platoons. The basic role of the platoon in driving at medium-short distances between vehicles in joint arrangement produces a considerable reduction in the drag coefficient so that platoon arrangements between cars can get aerodynamic values and ultimately fuel consumption for cars is also more efficient. The fluid flow that flows on the vehicle body will cause aerodynamic forces, due to the distribution of pressure and shear stress on the surface of the vehicle body. Computational Fluid Dynamics is a part of aerodynamics where aerodynamic values are obtained through calculations. CFD is a more efficient alternative in tool design or research to determine the characteristics of a flow and its interactions. To find out this, the authors conducted a study using CFD with the 2-D flow method between car models that varied the speed and distance between cars to find out the comparison of the values of C_P and C_D between vehicle models. The results show that the closer and smaller the speed will get a significant car performance efficiency which can be seen from the comparison of the values of C_P of 97.57% and C_D of 96.54% between models.

Keywords: Efficiency, Coefficient Drag, Coefficient Pressure, Aerodynamics, Computational Fluid Dynamics

1. Pendahuluan

Kendaraan sekarang ini sudah jadi bagian yang diperlukan dari kehidupan untuk menjalani kehidupan sehari-hari, akibat dari hal tersebut peningkatan konsumsi bahan bakar minyak terus bertambah. Bahan bakar minyak semakin berkurang setiap tahunnya, dikarenakan minyak bumi adalah sumber daya energi yang tidak bisa diperbaharui. Sehingga usaha untuk penghematan konsumsi bahan bakar minyak pada kendaraan mulai dicoba. Salah satunya adalah menggunakan sebuah mobil dengan cara yang efisien. Banyak cara yang dapat dilakukan agar penggunaan sebuah mobil dapat efisien, salah satu cara yang dapat digunakan seperti pengaturan

peleton mobil. Peran dasar peleton dalam mengemudi pada jarak menengah pendek antara kendaraan dalam pengaturan bersama-sama menghasilkan pengurangan yang cukup besar dalam *coefficient drag* dan akhirnya konsumsi bahan bakar untuk mobil juga semakin hemat. Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa 20% pengurangan emisi, 10% penurunan angka kematian dan kelancaran arus lalu lintas dengan potensi peningkatan arus lalu lintas dapat dicapai melalui peletonan kendaraan.[6] Menganalisa pola aliran koefisien gaya pada mobil dengan menggunakan CFD akan menghemat waktu pengerjaan analisa dan juga menghemat biaya dari proses analisa eksperimen yang memerlukan model untuk diuji dalam terowongan angin. Akan tetapi,

menggunakan metode simulasi tidak dapat menjadikan hasil yang didapatkan menjadi acuan dikarenakan diperlukan juga metode eksperimen yang lebih aktual untuk dijadikan pembandingan dari hasil analisa. Pada penelitian kali ini, dikarenakan terbatasnya biaya dan waktu maka penelitian akan dilakukan dengan menggunakan metode simulasi dengan CFD.

Dalam hal ini maka ada beberapa persoalan yang akan dianalisa, yaitu:

1. Bagaimana pola aliran udara pada mobil uji B dengan variasi jarak antar model mobil A dan mobil B?
2. Bagaimana koefisien gaya hambat dan tekan pada model mobil uji B dengan variasi jarak 2 m dan 6 m antar model mobil A dan mobil B?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penulisan ini meliputi:

1. *Software Computational Fluid Dynamics* yang digunakan adalah ANSYS Fluent 21.2
2. Simulasi dibatasi untuk mengetahui pengaruh pola aliran dan mendeskripsikan aspek aerodinamis pada mobil model B terhadap mobil model A dalam kondisi steady flow dan aliran udara 2D dengan model yang digunakan kendaraan umum.
3. Kecepatan yang dipilih 100 km/j.
4. Simulasi yang dijalankan dengan kondisi temperatur dan tekanan konstan.
5. Aliran udara dalam kondisi turbulen.

2. Dasar Teori

Aliran fluida yang mengalir pada bodi kendaraan akan menimbulkan gaya-gaya aerodinamika. Penyebab timbulnya gaya aerodinamika karena adanya distribusi tekanan dan tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan sehingga membentuk resultan gaya yang disebut dengan gaya aerodinamika. *Drag* pada sebuah benda dapat dipecah menjadi dua bagian, yaitu *drag gesekan* yang disebabkan oleh gaya gesek dan *drag tekan* yang diakibatkan oleh tekanan. Dalam bilangan tak berdimensi yang disebut sebagai *Coefficient of Drag*, dapat dituliskan sebagai berikut:

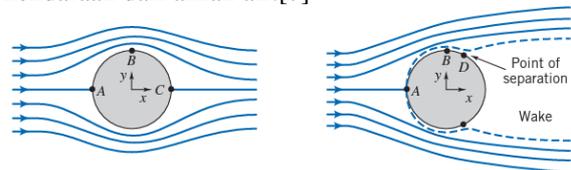
$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} \quad (1)$$

Maka benda yang berbentuk seperti mobil, *drag* aerodinamis yang dihasilkan cenderung dari *drag tekan*, dikarenakan bagian depan dari mobil akan mendapatkan tekanan lebih besar dibanding bagian belakang mobil.

Perbedaan bentuk bodi antara permukaan atas dan bawah bodi mobil mengakibatkan aliran udara di bagian atas lebih cepat daripada di bagian bawah mobil karena bentuk bagian atas mobil lebih landai daripada bagian bawah. Menurut hukum Bernoulli, semakin cepat aliran udara bergerak maka tekanannya semakin rendah, sehingga tekanan pada permukaan bawah mobil akan lebih besar daripada tekanan pada permukaan atas mobil, sehingga terjadi

tekanan udara yang menekan yang mengangkat dari bagian bawah bodi mobil ke permukaan atas.

Fenomena yang ditemukan di lapisan batas disebut pemisahan. Pemisahan adalah peristiwa di mana aliran fluida terpisah dari permukaan kendaraan. Cairan terpisah dari permukaan kendaraan karena gesekan antara cairan dan permukaan yang mencegah aliran cairan mengatasi resistensi. Adanya separasi aliran menyebabkan terjadinya wake di belakang badan kendaraan yang menimbulkan hambatan. Semakin cepat pemisahan aliran terjadi, semakin lebar wake dan semakin besar hambatannya. Pada titik di mana lapisan batas terpisah, sebuah wilayah yang disebut wake muncul. Semakin besar wake, semakin besar perbedaan gaya antara bagian depan dan belakang kendaraan, menghasilkan resistensi yang lebih besar terhadap kendaraan dari aliran air.[7]



Gambar 1 Separasi Aliran 2D di sekitar bola

Pada saat ini perkembangan aplikasi CFD banyak digunakan sebagai penghubung antara dunia eksperimen dan teori. Teknik CFD sering digunakan untuk membantu interpretasi dan pemahaman hasil teoritis dan eksperimen, dan sebaliknya. Selain digunakan untuk keperluan penelitian, alat CFD juga menjadi tren di bidang desain teknik karena fleksibilitasnya dan kemudahan menemukan hubungan antara satu parameter dengan parameter lainnya, seperti pada desain baling-baling kipas dengan sudut yang bervariasi. Meskipun memiliki banyak keunggulan dibandingkan metode eksperimental murni, hasil CFD bukanlah pengganti karena:

1. Hasil kode dari CFD yang didapatkan memungkinkan memiliki hasil yang jauh melampaui dari hasil kehidupan nyata,
2. Data hasil percobaan dari penggunaan CFD tidak akan sama persis seperti data yang sebenarnya.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini sepenuhnya dilakukan di Lab Komputer PSTM-FT-Universitas Udayana, Bali

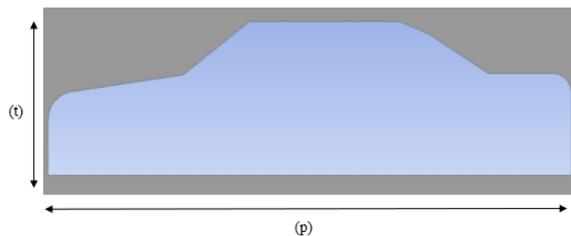
Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan simulasi pada *software CFD (Computational Fluid Dynamic)* untuk menganalisa satu variable dengan variable lainnya dengan batasan-batasan yang sudah ditentukan. Simulasi ini dilakukan sesuai dengan tujuan pelaksanaan penelitian, yakni mencari pola aliran udara, koefisien gaya hambat, koefisien gaya tekan terhadap jarak antar model mobil uji A kepada model mobil uji B. Pada simulasi ini ada 3 tahapan yang harus dilakukan, antara lain *preprocessing*, *processing*, *postprocessing*.

Geometri yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 2D mobil uji yang mendekati ukuran asli

mobil dengan desain disederhanakan dan dianalisa aspek aerodinamis menggunakan *software ANSYS Fluent 21.2*. Adapun geometri dan dimensi dari model mobil yang telah dirancang dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

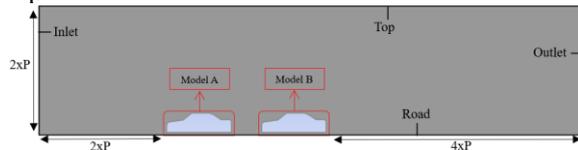
Tabel 1 Dimensi model mobil

Parameter	Dimensi (mm)
panjang	4250
tinggi	1420



Gambar 2 Model Mobil 2D

Dimensi dari domain pemodelan merujuk pada **Pangki Ferdiansyah** yang ditulis dalam tugas akhirnya yang berjudul “Analisa Medan Aliran 2D Bodi Pada Mobil Basudewo” untuk Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Tahun 2015 yang pada domainnya berukuran total $2xP$ pada area depan dari mobil terdapat dan $4xP$ pada area belakang dari mobil terbelakang dengan tinggi domain $2xP$, dimana P pada model mobil = 4250 mm

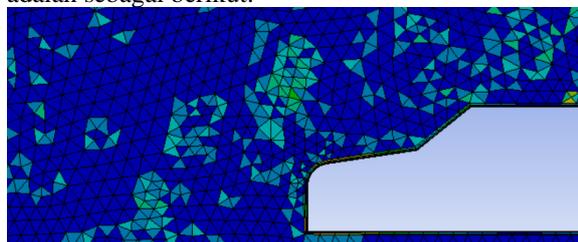


Gambar 3 Domain Pemodelan Mobil

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengaturan Simulasi pada Ansys Workbench

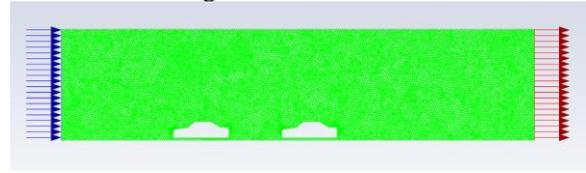
Pengaturan simulasi ini adalah untuk menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menjalankan simulasi analisa yang akan dilakukan dengan beberapa prosesnya. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Mesh pada mobil model dan domain pemodelan

Pada bagian domain, konsep mesh yang dipilih adalah CFD, Fluent. Setelah konsep mesh sudah ditentukan, akan dilakukan tahapan meshing pada model mobil dan domain. Ukuran mesh yang digunakan sebesar 0,145 m ukuran ini dipilih karena memiliki hasil kualitas skewness yang sangat baik

senilai 0.0056 yang menggambarkan nilai tersebut masuk dalam kategori *Excellent* dalam kualitas mesh.



Gambar 5. Peletakkan laju aliran

Pengaturan setup untuk meletakkan laju aliran yang dapat dilihat pada gambar 5. Pada tahap ini melakukan pengaturan dalam tabel *Models*, *Materials*, *Boundary Conditions*, dan *Reference Values*. Metode yang digunakan dalam *processing* adalah menggunakan SIMPLE dengan penentuan kondisi konvergen apabila nilai residual menunjukkan nilai $1e-6$ atau kondisi konstan. Selanjutnya pada *initialization* menentukan dimulainya perhitungan numerik pada inlet dengan iterasi digunakan sebanyak 2000 iterasi.

4.2. Hasil Simulasi

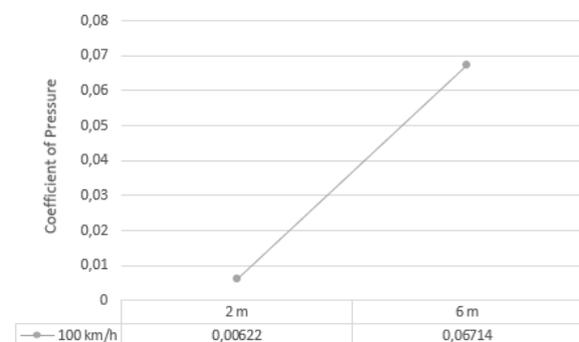
Nilai-nilai yang didapatkan dari hasil simulasi akan dirangkum dan tergambar pada di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Simulasi Variasi Jarak 2 m

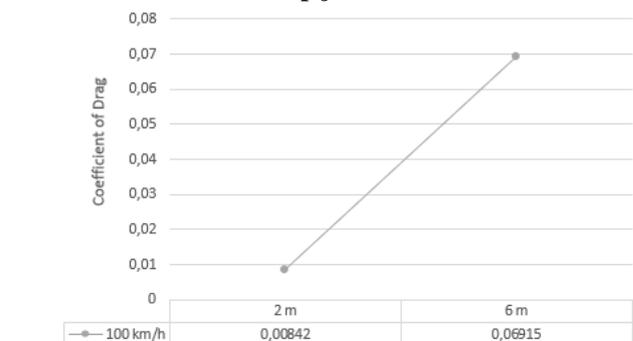
Jarak 2 m	Model A (C_p)	Model B (C_p)	C_p (%)	Model A (C_D)	Model B (C_D)	C_D (%)
100 km/h	0.20956477	0.0062271869	97.02	0.21347233	0.0084285725	96.05

Tabel 2. Hasil Simulasi Variasi Jarak 6 m

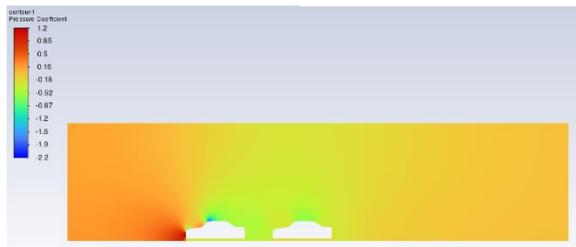
Jarak 6 m	Model A (C_p)	Model B (C_p)	C_p (%)	Model A (C_D)	Model B (C_D)	C_D (%)
100 km/h	0.21213668	0.067144015	68.35	0.21607168	0.069158054	68.99



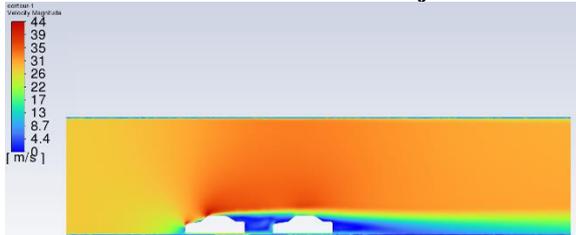
Gambar 6. Grafik Coefficient of Pressure terhadap jarak



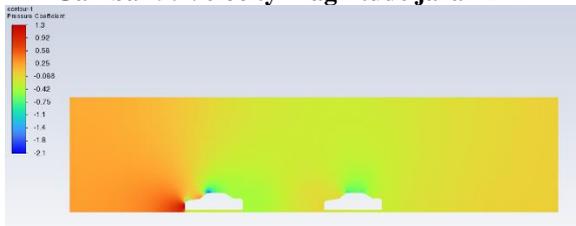
Gambar 7. Grafik Coefficient of Drag terhadap jarak



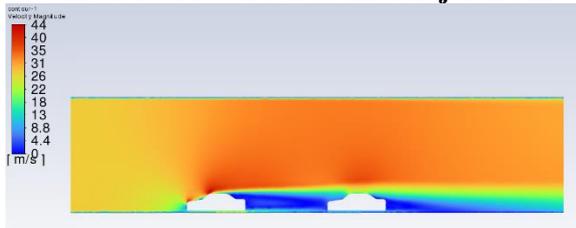
Gambar 8. Pressure Coefficient jarak 2 m



Gambar 9. Velocity Magnitude jarak 2 m



Gambar 10. Pressure of Coefficient jarak 6 m



Gambar 11. Velocity Magnitude jarak 6 m

Dari hasil simulasi yang tertulis pada tabel 1 dan tabel 2 yakni pada tiap variasi jarak antar model A dan B didapatkan perbedaan yang signifikan seperti pada variasi jarak 2 m perbedaan C_p 97.02% dan C_d 96.05% antar model A dan model B terlihat semakin jauh jarak antar model maka nilai C_p dan C_d pada mobil B juga akan meningkat. Hasil tersebut juga dapat dilihat dari pola aliran pada gambar 8-11 yang mana pada mobil A pada daerah frontal areanya mengalami gaya tekanan lebih besar dibandingkan pada model mobil B yang dapat diperhatikan dimana mobil B memanfaatkan kondisi separasi aliran yang terjadi pada mobil A sehingga mengalami besaran kecepatan aliran yang lebih kecil dibandingkan dari kondisi model mobil A yang ada di depannya.

5. Kesimpulan

Dari hasil *Computational Fluid Dynamics* yang telah dilakukan pada aplikasi ANSYS, penelitian simulasi ini untuk menggambarkan kondisi yang terjadi pada model mobil B terhadap dampak model mobil A dari variasi jarak antar keduanya, dan juga dengan pola aliran udara antar model telah divisualisasikan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada antar model mobil A dan model mobil B dengan variasi jarak 2 m menghasilkan C_p pada mobil B sebesar 0.0062271869 dan C_d sebesar 0.0084285725. Sedangkan pada variasi jarak 4 m menghasilkan C_p pada mobil B sebesar 0.067144015 dan C_d sebesar 0.069158054 dari hasil tersebut dapat disimpulkan semakin jauh jarak antar mobil maka nilai C_p dan C_d pada mobil B juga akan semakin meningkat hingga pada jarak tertentu akan mengalami nilai C_p dan C_d yang sama dengan mobil A
2. Dari hasil analisa simulasi numerik yang sudah dilakukan tersebut dapat disimpulkan semakin jauh jarak antar mobil maka nilai C_p dan C_d pada mobil B juga akan semakin meningkat hingga pada jarak tertentu akan mengalami nilai C_p dan C_d yang sama dengan mobil A

Daftar Pustaka

- [1] Anderson, John. 2017. *Fundamentals of Aerodynamics*. New York, NY.
- [2] Fadhil Bhyantarrah Nugraha. 2021. *Analisis Aliran Udara Di Sekitar Truk Pickup Yang Dipasangi Terpal Di Bagian Bak Menggunakan CFD*.
- [3] Faruk, Umar, and Kamiran. 2012. "1019-4970-1-PB." *Matematika, FMIPA, Institut Sepuluh Nopember*.
- [4] Ferdiansyah, Pangki. 2015. "Studi Numerik: Analisa Medan Aliran 2D Bodi Pada Mobil Basudewo".
- [5] Fox and McDonald's. 2011. "Introduction To Fluid Mechanics".
- [6] Gnatowska, Renata, and Marcin Sosnowski. 2018. "The Influence of Distance between Vehicles in Platoon on Aerodynamic Parameters." in *EPJ Web of Conferences*. Vol. 180. EDP Sciences.
- [7] Gunawan Tista, I. Putu Gede, I. Gusti Ngurah Putra Tenaya, and I. Gusti Ngurah Putu Sudanta. 2018. "Pengaruh Variasi Jarak Penghalang Segitiga Di Depan Silinder Arah Vertikal Terhadap Drag." *Jurnal Energi Dan Manufaktur* 11(1):11. doi: 10.24843/jem.2018.v11.i01.p03.
- [8] Kamal, Muhammad Nabil Farhan, Izuan Amin Ishak, Nofrizalidris Darlis, Daniel Syafiq Baharol Maji, Safra Liyana Sukiman, Razlin Abd Rashid, and Muhamad Asri Azizul. 2021. "A Review of Aerodynamics Influence on Various Car Model Geometry through CFD Techniques." *Journal of Advanced Research in*

Fluid Mechanics and Thermal Sciences
88(1):109–25. doi:
10.37934/arfmts.88.1.109125.

Judul Tugas Akhir Simulasi Aspek Aerodinamis Aliran Udara 2-D Pada Mobil Model Dengan Variasi Kecepatan dan Jarak Antar Model

- [9] Pagliarella, Riccardo M. 2009. *On the Aerodynamic Performance of Automotive Vehicle Platoons Featuring Pre and Post-Critical Leading Forms*.
- [10] Ridwan Nofianto, Muhammad, and Nur I. Aklis Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl Ahmad Yani Tromol Pos Pabelan. n.d. *Simulasi Perilaku Aerodinamika Dalam Kondisi Steady Dan Unsteady Pada Mobil Menyerupai Toyota Avanza Dengan CFD*.
- [11] Robertson, F. H., D. Soper, and C. Baker. 2021. “Unsteady Aerodynamic Forces on Long Lorry Platoons.” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 209. doi: 10.1016/j.jweia.2020.104481
- [12] Sutantra, I. Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif: Teori Dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- [13] Törnell, Johannes, Simone Sebben, and Per Elofsson. 2021. “Experimental Investigation of a Two-Truck Platoon Considering Inter-Vehicle Distance, Lateral Offset and Yaw.” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 213. doi: 10.1016/j.jweia.2021.104596.
- [14] Watkins, S., J. W. Saunders, and H. Kumar. 1992. *Aerodynamic Drag Reduction of Goods Trains*. Vol. 40.
- [15] Yogatama, Marga, and Ramon Trisno. 2018. *Studi Koefisien Drag Aerodinamika Pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik*. Vol. 07.
- [16] Zhang, Xiao Tian, Francis H. Robertson, David Soper, Hassan Hemida, and Shi Di Huang. 2021. “Investigation of the Aerodynamic Phenomena Associated with a Long Lorry Platoon Running through a Tunnel.” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 210. doi: 10.1016/j.jweia.2020.104514



Aditya Abyansyah Subekti merupakan mahasiswa Teknik Mesin Universitas Udayana Angkatan 2019, dan saat ini sedang menempuh tugas akhir dengan topik rekayasa manufaktur.