

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terhadap delapan model bodi bus dengan variasi jenis kaca dan konfigurasi spion, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian aerodinamika desain bus menggunakan metode CFD dilakukan melalui tiga tahapan utama. *Preprocessing* Dimulai dengan pembuatan model desain bus 3D skala 1:1 di SolidWorks, dilanjutkan dengan pengaturan simulasi (*wizard*) yang mencakup penentuan kondisi batas (kecepatan udara 70, 85, dan 100 km/jam), jenis aliran (eksternal, laminar dan turbulen), jenis fluida (udara), serta penentuan *goals* (tujuan) simulasi seperti *drag force* dan *lift force*. *Meshing* yang digunakan adalah jenis *prism* dengan tingkat *refinement level* 7. Selanjutnya, pada tahap *processing* akan dilakukan penyelesaian persamaan-persamaan numerik secara iteratif pada setiap model hingga hasilnya konvergen (stabil). Tahap terakhir yaitu *post-processing* merupakan penampilan hasil simulasi berupa nilai dari *goals* dan visualisasi. Visualisasi yang digunakan untuk menganalisa adalah kontur tekanan, kecepatan, dan *shear stress*.
2. Pengaruh ketinggian spion konvensional memiliki dampak yang berbeda. Pada model *single glass*, menaikkan posisi spion (khususnya 45 cm) cenderung menurunkan *drag force* karena area separasi aliran yang menyempit. Sebaliknya, pada model *double glass*, menaikkan spion justru meningkatkan *drag force* karena area separasi aliran yang meluas. Selain itu, konfigurasi spion juga memengaruhi gaya angkat (*lift force*). Pada model *single glass*, penggunaan spion konvensional berperan sebagai *lift generator* karena menghasilkan nilai *lift force* yang lebih tinggi dari spion kamera, yaitu pada 1339 N pada spion normal di kecepatan 100 km/jam sedangkan pada spion kamera 1276 N. Sementara pada model *double glass*, penggunaan spion kamera cenderung sedikit menaikkan *lift force*. Secara keseluruhan, penggunaan spion kamera mampu mengurangi *drag force* hingga 12% pada

model *single glass* dan 6% pada model *double glass* jika dibandingkan dengan spion konvensional. Spion kamera juga terbukti mampu mengurangi area stagnasi dan separasi aliran, serta dalam kasus tertentu menurunkan *lift force* (pada model *single glass*), sehingga lebih unggul dari sisi efisiensi aerodinamika.

3. Jenis kaca yang digunakan juga memberikan pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika kendaraan. Model dengan *single glass* secara umum menunjukkan performa aerodinamis yang lebih baik dalam hal hambatan udara, dengan nilai *drag force* dan *coefficient of drag* yang lebih rendah dibandingkan *double glass*. Visualisasi kontur tekanan menunjukkan bahwa model *single glass* memiliki area tekanan tinggi (*stagnation point*) yang lebih kecil, yang dibuktikan dengan nilai tekanan maksimum yang lebih rendah. Analisis *shear stress* menunjukkan area separasi aliran yang lebih sempit, sehingga menghasilkan aliran yang lebih *streamline*. Namun dari sisi stabilitas, model *double glass* memiliki keunggulan karena menghasilkan *lift force* dan *coefficient of lift* yang lebih kecil secara konsisten di seluruh konfigurasi spion. Model *double glass* dengan spion konvensional dapat dianggap sebagai model paling stabil dalam pengujian ini.
4. *Drag force* memiliki pengaruh langsung dan signifikan terhadap konsumsi bahan bakar. Hasil perhitungan pada kecepatan 100 km/jam untuk jarak tempuh 356 km menunjukkan bahwa semakin rendah nilai *drag force*, semakin efisien konsumsi bahan bakarnya. Model dengan *drag force* terendah (*single glass* dengan spion kamera) mampu menghemat bahan bakar hingga 12% dibandingkan model acuan yaitu model *single glass* dengan spion normal, sehingga konsumsi bahan bakarnya mencapai 9,13 km/liter. Sementara itu, Model dengan kaca *double glass* dengan spion kamera memiliki penggunaan bahan bakar yang lebih rendah, yaitu 6% jika dibandingkan dengan *double glass* dengan spion konvensional normal. Secara finansial, penghematan terbesar dari model *single glass* spion kamera ini dapat mencapai Rp2.241.747 per bulan skenario yang dihitung. Hal tersebut membuktikan bahwa reduksi hambatan aerodinamis berdampak langsung pada efisiensi operasional.

V.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan meneliti pengaruh aerodinamis dari komponen lain seperti desain bagian belakang (*rear end*), bagian bawah (*underbody*), dan atap. Selain itu, lakukan simulasi pada kondisi yang lebih dinamis, seperti saat ada angin samping (*crosswind*) untuk menguji stabilitas.
2. Melakukan validasi untuk memastikan akurasi data, perlu dilakukan pengujian fisik pada model bus, baik melalui uji terowongan angin (*wind tunnel*) untuk pengukuran gaya secara langsung maupun uji jalan raya (*road test*) untuk mengukur konsumsi bahan bakar dan performa di dunia nyata.
3. Analisis dapat diperdalam dengan mengkaji aspek lain yang berhubungan dengan aerodinamika, seperti aeroakustik untuk mengukur tingkat kebisingan angin demi kenyamanan penumpang, atau manajemen termal untuk menyeimbangkan antara hambatan udara rendah dengan efektivitas pendinginan mesin.
4. Melakukan redesain bodi bus guna meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan mengurangi area separasi aliran dan dengan memperhatikan *coefficient of lift* agar stabilitas tetap baik ketika bus melakukan manuver.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, E. W. 2024, October 14. *Ini Jumlah Bus Di Indonesia Bulan Oktober 2024*. OTODRIVER. diakses dari <https://otodriver.com/mobility/bus/2024/ini-jumlah-bus-di-indonesia-bulan-oktober-2024-inieaedd024> [pada 17 Februari 2025]
- Alfian, S. 2023. *Analisis Cfd Penyempurnaan Penggunaan Pengarah Angin Terhadap Pengurangan Gaya Drag Pada Mobil Barang Bak Tertutup*. Barometer, 8(1), 42–49. <https://doi.org/10.35261/barometer.v8i1.7291>
- Arabaci, S. K., & Pakdemirli, M. 2023. *Aerodynamic Improvements of Buses Inspired by Beluga Whales*. Journal of Applied Fluid Mechanics, 16(12), 2569–2580. <https://doi.org/10.47176/jafm.16.12.1694>
- Arandityo Narutomo. 2012. *Aplikasi Perpindahan Panas Terhadap Susunan Material Pada Dinding Kamar yang Disusun Seri*. <https://arandityonarutomo.blogspot.com/>
- Arteaga, O., Hernán, M. V., Terán, H., Chacon, S., Lara, M. A., Rocha-Hoyos, J., Arguello, E., & Aguirre, R. P. 2020. *Aerodynamic optimization of the body of a bus*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 872(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/872/1/012002>
- ASUS TUF Dash F15 (2022) / Laptop For Gaming / ASUS Indonesia. n.d. diakses dari <https://www.asus.com/id/laptops/for-gaming/tuf-gaming/asus-tuf-dash-f15-2022/> [pada 20 Januari 2025]
- Azhiima, F. 2016. *Analisis Penggunaan Spoiler Terhadap Nilai Drag Coefficient Pada Mobil Sedan X*. Universitas Negeri Jakarta.
- Buana, D. R. W., Setiawan, P. A., & Setiawan, T. A. 2018. *Desain dan Analisa Aerodinamis Bodi Mobil Minimalis Roda Tiga Terhadap Tingkat Kestabilan Kendaraan Ditinjau dari Kondisi Skid dan Rolling*. 50–54.
- Cengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Turner, R. H. 2017. *Fundamentals Of Thermal Fluid Science*.
- Chowdhury, H., Juwono, R., Zaid, M., Islam, R., Loganathan, B., & Alam, F. 2019.

- An Experimental Study On Of The Effect Of Various Deflectors Used For Light Trucks In Indian Subcontinent*. Energy Procedia, 160(2018), 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.115>
- Damissie, H. Y., & Babu, N. R. 2017. *Aerodynamic Drag Reduction on Locally Built Bus Body using Computational Fluid Dynamics (CFD) : A Case Study at Bishoftu Automotive Industry*. 6(11), 276–283.
- Ekoprianto, A. 2016. *Analisis Aerodinamik Pada Bodi Kendaraan Listrik Type Citycar Untuk Lingkungan Kampus*. Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ, 125–130.
- Fahmi, M., & Hafli, T. M. 2019. *Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D*. Jurnal Teknik Sipil, 8(2), 50–59. <https://doi.org/10.24815/jts.v8i2.13905>
- Fiqih, H. I. 2023. *Analisis Koefisien Drag terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Bus Normal Deck dan Double Decker Menggunakan Metode CFD*. Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda, 21(1), 43–55.
- Hidayat, A. K., & Wailanduw, A. G. 2018. *Eksperimen Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Leading Edge Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 7(3), 117–125.
- Ipci, D. 2020. *A Comparative CFD Study of Side-view Mirror and Side-view Camera Usages on a City Bus*. International Journal of Automotive Science and Technology, 4(3), 138–143. <https://doi.org/10.30939/ijastech..726376>
- Kharisma, A. A., Rahman, A., Ramadhan, A., & Amanda, B. 2024. *Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Pada Airfoil NACA 2412 Terhadap Distribusi Tekanan Pada Open Circuit Low Subsonic Wind Tunnel*. 19(4), 21–31.
- Khoiruddin, A. I. 2022. *Impact of Velocity and Wind Direction to Drag Force of Commercial Train Locomotive*. Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics, 7(1), 1. <https://doi.org/10.33021/jmem.v7i1.3390>
- Kurnia, G. T., Susanto, E. T., & Jayadi, N. 2022. *Desain Carbody Interurban Bus bertipe Medium-Deck sebagai Optimalisasi Visibilitas*. SERENADE : Seminar on

- Research and Innovation of Art and Design, 1, 218–227.
<https://doi.org/10.21460/serenade.v1i1.35>
- Kusaeri, D. 2020. *Karakteristik aerodinamika terhadap desain mobil hemat energi pada kecepatan 15 km/jam menggunakan computational fluid dynamics*. Jurnal Eengineering, 1(1), 44–52. <http://e-journal.upstegal.ac.id/index.php/eng/article/view/1497>
- Mahmudi, A. 2019. *Desain Dan Analisis Aerodinamika Body Mobil Sedan, Hatchback, Sport Utility Vehicle (Suv) Berbasis Software Autodesk Flow Design 14.0*. Universitas Negeri Semarang.
- Mauliza, R. I., Sabrina, T. B., & Maulana, W. 2019. *Pelanggaran Kecepatan Kendaraan pada Ruas Jalan Tol Cipularang. (Hal. 39-49)*. RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil, 5(1), 39. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i1.39>
- Nath, D. S., Pujari, P. C., Jain, A., & Rastogi, V. 2021. *Drag Reduction by Application of Aerodynamic evices in a race car*. Advances in Aerodynamics, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s42774-020-00054-7>
- Niulai, J., & Muskitta, N. D. 2022. *Pengaruh Bentuk Benda Uji Terhadap Pola Aliran Angin Di Ruang Uji Wind Tunnel*. LPPM Politeknik Saint Paul Sorong, 7(1), 37–46. <https://doi.org/10.32531/jvov.v7i1.486>
- Otten, W. A., & Al-Obaidi, A. S. M. 2016. *Aerodynamic analysis of personal vehicle side mirror*. Journal of Engineering Science and Technology, 13(Special Issue on the seventh eureka 2016), 52–64.
- Pangestu, R. A. 2024. *Analisis Aerodinamika Body Mobil Listrik Dengan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Variasi Frontal Area Dan Kecepatan Aliran Udara Menggunakan Software Ansys Fluent*. Universitas Malikussaleh.
- Pasaribu, B. S. 2022. Metodologi Penelitian Untuk Ekonomi dan Bisnis. In *UUP Academic Manajemen Perusahaan YKPN*. [https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/65013/1/Metodologi Penelitian.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/65013/1/Metodologi%20Penelitian.pdf)
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 Tentang Kendaraan

- Putro, S. H. S. 2017. *Analisis Perbandingan Velocity Dan Shear Stress Perkembangan Boundary Layer Flat Plate Menggunakan Turbulent Model $k - \epsilon$ (Standard, Realizable, RNG)*. Jurnal Penelitian, 2(1), 27–37. <https://doi.org/10.46491/jp.v2e1.109.27-37>
- Radityasani, M. F., & Ferdian, A. 2023, July 10. *Aerodinamika Bukan Jadi Hal Penting Saat Desain Bodi Bus*. Kompas.Com. diakses dari <https://otomotif.kompas.com/read/2023/07/10/163100015/aerodinamika-bukan-jadi-hal-penting-saat-desain-bodi-bus> [pada 21 Juni 2025]
- Rahardian, R., Affandi, D., Hakim, R., & Shiddieqy, A. 2021. *Perancangan Aerodynamic System Mobil Formula Nogogeni*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rauf, W. 2020. *Analisis Pengaruh Kontrol Aktif Separasi Aliran Pada Model Kendaraan Terhadap Hambatan Aerodinamika* (Issue February). Universitas Hasanuddin Gowa.
- Rijali, A. 2019. *Analisis Data Kualitatif*. Alhadharah: Jurnal Ilmu Dakwah, 17(33), 81. <https://doi.org/10.18592/alhadharah.v17i33.2374>
- Rosero, F., Fonseca, N., López, J. M., & Casanova, J. 2020. *Real-world fuel efficiency and emissions from an urban diesel bus engine under transient operating conditions*. Applied Energy, 261, 114442. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2019.114442>
- Rumanto, I., Sunaryo, S., & Irfan, A. 2021. *Analisis Computational Fluid Dynamic (Cfd) Penyebaran Panas Pada Dapur Peleburan Aluminium*. Device, 11(1), 34–39. <https://doi.org/10.32699/device.v11i1.1785>
- Sanjaya, Y. 2022, June 3. *Kelebihan dan Kelemahan Teknologi Spion Kamera di Bus, Makin Populer di Indonesia / AutoFun*. Autofun. <https://www.autofun.co.id/berita/kelebihan-dan-kelemahan-teknologi-spion-kamera-di-bus-makin-populer-di-indonesia-47933> [January 21, 2025]
- Setiawan, V. N. 2025, January 17. *Daftar Harga BBM Terbaru di Seluruh SPBU, Berlaku 17 Januari 2025*. CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250117072812-4-603880/daftar->

harga-bbm-terbaru-di-seluruh-spbu-berlaku-17-januari-2025 [January 20, 2025]

- Shen Ai, S. L., Hong, L. C., & Al-Obaidi, A. S. M. 2016. *Effect of size and shape of side mirrors on the drag of a personal vehicle*. Journal of Engineering Science and Technology, 13(Special Issue on the seventh eureka 2016), 13–26.
- Simanjuntak, H. F. P., Manik, P., & Santosa, A. W. B. 2016. *Analisa Pengaruh Panjang Dan Bentuk Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan)*. Jurnal Teknik Perkapalan, 4(4), 345–352.
- Sivaraj, G., Parammasivam, K. M., & Suganya, G. 2018. *Reduction of aerodynamic drag force for reducing fuel consumption in road vehicle using basebleed*. Journal of Applied Fluid Mechanics, 11(6), 1489–1495. <https://doi.org/10.29252/jafm.11.06.29115>
- Soegiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.
- SOLIDWORKS is the Proven Solution for 3D Design and Product Development*. n.d. 2024. diakses dari <https://www.solidworks.com/> [pada 1 Janurari 2025]
- Su'udi, A., Risano, A. Y. E., & Hakim, A. A. 2013. *Pengaruh Penambahan Atap Sekunder Kabin Mobil terhadap Haya Aerodinamis dan Perilaku Arah pada Mobil Sedan*. Jurnal Fema, 1(3), 13–23.
- Timme, S., & Sartor, F. 2015. *Passive Control of Transonic Buffet Onset on a Half Wing-Body Configuration*. International Forum on Aeroelasticity and Structural Dynamics, IFASD 2015, June.
- Tominaga, Y. 2024. *CFD simulations of turbulent flow and dispersion in built environment: A perspective review*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 249(March), 105741. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105741>
- Utami, A. A. P., Agustin, B. P. T., Hidayah, F. N. A., & Adabiyah, S. U. 2024. *Analisis Tekanan Pada Cerobong Asap Menggunakan Prinsip Hukum Bernoulli*. BIOCHEPHY: Journal of Science Education, 4(1), 495–500. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v4i1.1196>