

ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL LISTRIK KALIMASADA TIPE BODI URBAN CONCEPT DENGAN PENDEKATAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Wahyu Aditya Setya Putra^{1*}, Ahmad Khairul Faizin¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Kota Surabaya, 60294.

*Email: wahyuadityasp23@gmail.com

Abstrak

Peningkatan efisiensi energi merupakan salah satu tantangan utama dalam pengembangan kendaraan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain aerodinamis bodi mobil listrik Kalimasada tipe urban konsep. Metode yang digunakan dalam analisis numerik dengan simulasi CFD untuk memprediksi karakteristik aerodinamika serta mengamati fenomena aliran yang terjadi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain bodi mobil Kalimasada saat ini memiliki potensi untuk ditingkatkan dari segi aerodinamis, dimana pada nilai koefisien gaya hambat dan gaya angkat mengalami penurunan seiring meningkatnya kecepatan aliran fluida. Perbandingan dari hasil simulasi yang terjadi dengan kecepatan yang sama antara desain bodi mobil Kalimasada, Antawirya, dan Nogogeni. Nilai koefisien gaya hambat pada desain bodi mobil Kalimasada dengan desain bodi mobil Antawirya menghasilkan nilai persentase perbandingan sebesar 18,6% sedangkan nilai koefisien gaya hambat pada desain bodi mobil Kalimasada dengan Nogogeni menghasilkan nilai persentase sebesar 38%. Oleh karena itu pada analisis lebih lanjut diharapkan melakukan modifikasi pada desain mobil, sehingga dapat diharapkan meningkatkan efisiensi aerodinamis pada kendaraan.

Kata kunci: aerodinamika, CFD, Koefisien gaya hambat, Koefisien gaya angkat, Mobil Kalimasada.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terutama pada teknologi di dunia otomotif saat ini sedang mengalami transformasi yang sangat besar, dengan memunculkan kendaraan listrik sebagai solusi inovatif dalam mengatasi krisis energi dan perubahan iklim (Ehrenberger *et al.*, 2019).

Pihak Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi mengusung ajang perlombaan yang diadakan tiap tahunan yaitu kontes mobil hemat energi (KMHE) maupun *shell eco-marathon* (SEM), dimana bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi lebih berkelanjutan dan berkeadilan dengan menciptakan suatu kendaraan yang efisien, hemat, dan ramah terhadap lingkungan. Terutama bagi instansi ataupun perguruan tinggi untuk bisa merancang kendaraan listrik dengan teknologi yang *modern* sering perkembangan jaman (KMHE, 2020).

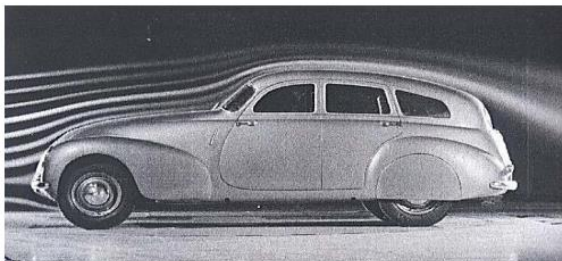
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur pada tahun 2022 menjadi tuan rumah dalam perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan

Teknologi, dengan diikuti oleh 40 tim dari 29 universitas di seluruh Indonesia (Faisal, 2024). Selain sebagai tuan rumah dalam ajang perlombaan KMHE, mahasiswa dari Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur mampu membuat sebuah karya berupa kendaraan roda empat dengan bahan bakar tenaga listrik dengan bentuk bodi kendaraan yang *modern* atau *city cars* dan dinamakan Kalimasada menjadikan ciri khas dari tim dari Universitas tersebut. Selain mampu dalam perancangan suatu kendaraan yang modern, ada beberapa faktor yang sangat difokuskan dalam awalan membangun kendaraan yaitu faktor aerodinamis pada bodi kendaraan.

Dalam penelitian ini desain kendaraan yang digunakan ialah desain kendaraan Kalimasada dengan menggunakan metode CFD. Tujuan utama pada penelitian ini ialah untuk menganalisis aerodinamis bodi kendaraan serta memahami karakteristik aliran udara yang terjadi di sekitar bodi kendaraan yang nantinya dapat berguna dalam meningkatkan efisiensi energi dan stabilitas pada kendaraan.

Berkaitan dengan hasil tersebut, adapun beberapa hasil riset dalam bidang aerodinamika pada kendaraan hemat energi berbahan bakar listrik yang dilakukan secara eksperimental maupun numerik untuk pengembangan desain yang lebih efisien. Pertama, pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Saputra *et al.*, 2020) dengan bodi kendaraan dari Bono Kampar menghasilkan nilai koefisien gaya hambat yang sangat kecil yaitu sebesar 0,21. Selanjutnya, menurut (Aprillia, 2023) perbandingan serta perubahan dari bentuk 1 dan 2 pada bodi kendaraan *single seater* menghasilkan perbedaan pada gaya hambat yang terjadi dengan kecepatan yang sama 13,9 m/s yaitu 6,8 N dan 4,3 N dengan demikian perubahan bentuk yang terjadi menghasilkan nilai yang berbeda terhadap faktor aerodinamisnya. Oleh karena itu, dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi aerodinamis pada beberapa bentuk mobil memiliki hasil nilai yang berbeda-beda baik dari nilai koefisien gaya hambat maupun gaya angkat.

Mekanika Fluida adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang zat fluida, baik yang bergerak ataupun diam serta gaya yang dihasilkan oleh fluida tersebut pada batasannya. Sub-kategori mekanika fluida dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari perilaku fluida dalam kondisi diam (statis) atau dalam kondisi gerak (dinamika) (Cimbala, 2014). Aerodinamis merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang aliran fluida, khususnya udara, dan interaksi antara fluida tersebut dengan benda padat (Fakhrudin *et al.*, 2021).



Gambar 1. Visualisasi aliran udara melewati bodi kendaraan

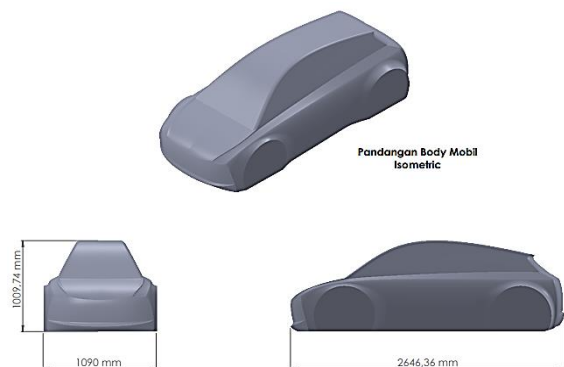
Dalam konteks kendaraan seperti pada Gambar 1, aerodinamis mempelajari bagaimana udara mengalir di sekitar bodi kendaraan dan bagaimana interaksi mempengaruhi kinerja

kendaraan. Aerodinamis mempunyai peranan penting untuk kendaraan yaitu efisiensi bahan bakar, stabilitas, kenyamanan, dan performa kendaraan (Wirawan, 2018).

CFD merupakan teknik simulasi komputer yang berguna untuk mempelajari dan memprediksi aliran fluida, seperti udara, air, dan gas (Malalasekera, 2020). Teknik ini menggunakan metode numerik yang menyelesaikan persamaan matematika yang mengatur aliran fluida, dan menghasilkan visualisasi aliran fluida dan parameter yang terkait seperti kecepatan, tekanan, dan temperatur (Pritchard, 2008).

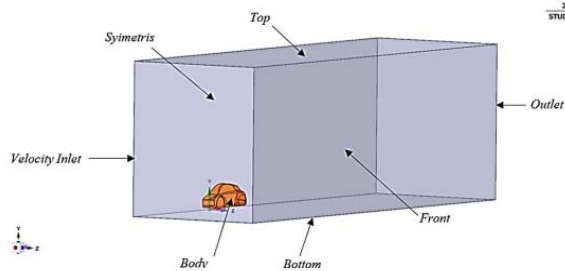
METODE PENELITIAN

Pengujian aerodinamis pada bentuk bodi Kalimasada dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan. Proses simulasi pada penelitian ini alat yang digunakan berupa laptop HP 14s spesifikasi AMD Ryzen 3 3200U RAM 4GB Windows 10 dengan bantuan *software* berupa *Ansys Fluent CFD solver*, sedangkan bahan yang digunakan ialah desain mobil Kalimasada yang telah didesain menggunakan *software* desain Solidwork 2020. Seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain bodi dan geometri mobil Kalimasada

Proses simulasi dilakukan menjadi tiga tahapan antara lain *preprocessing* yaitu langkah awal dalam menganalisis sebuah model komputasi. Selanjutnya penentuan kondisi batas dalam simulasi CFD ini dengan cara mendefinisikan aerodinamis dan perilaku fluida pada batas – batas domain komputasi. Kondisi ini sangat krusial dikarenakan sangat mempengaruhi hasil simulasi serta merepresentasikan interaksi antara fluida dengan benda di sekitar aliran.



Gambar 3. Penerapan kondisi batas pada proses simulasi bodi kendaraan Kalimasada

Berdasarkan pada Gambar 3 penerapan kondisi batas yang tepat dalam simulasi CFD aerodinamis sangat penting untuk menjamin solusi numerik yang konvergen, dimana kondisi batas berfungsi sebagai penghubung antara domain komputasi dengan dunia nyata. Beberapa jenis kondisi batas yang umum digunakan dalam simulasi CFD antara lain kondisi batas *inlet*, *outlet*, dinding (*no-slip*, *slip*), simetri, dan periode. Kondisi batas *inlet* dapat didefinisikan sebagai kecepatan aliran udara masuk yang konstan, sedangkan kondisi batas *outlet* dapat didefinisikan sebagai tekanan statis yang konstan.

Meshing merupakan proses diskritisasi domain komputasi menjadi elemen – elemen (sel) kecil yang digunakan dalam simulasi CFD. Kualitas mesh sangat mempengaruhi akurasi dan konvergensi solusi numerik. Pembuatan mesh yang baik adalah kunci dalam simulasi CFD aerodinamis. *Mesh* yang terlalu kasar dapat menghasilkan solusi yang tidak akurat, sedangkan *mesh* yang terlalu halus dapat menyebabkan waktu komputasi yang lama.



Gambar 4. Proses *meshing* pada bentuk bodi kendaraan Kalimasada.

Berdasarkan pada Gambar 4 merupakan visualisasi proses *meshing* yang terjadi pada bentuk bodi mobil Kalimasada, dengan

penggunaan parameter *input meshing* pada Tabel 1. Selanjutnya hasil dari proses *meshing* menghasilkan beberapa nilai yaitu nilai nodes sebesar 20340 dan faces sebesar 35703. Dengan demikian hasil nilai nodes tersebut mempresentasikan titik – titik pada permukaan bodi mobil yang digunakan untuk membangun mesh dan nilai faces tersebut mempresentasikan permukaan geometri yang dibentuk oleh kumpulan nodes.

Tabel 1. Parameter *input meshing*

Add Local Sizing			
Size control	Body Of Influence	Face Size	
Target mesh size [m]	0,1	0.03	
Generate the Volume Mesh			
Solver	Fluent		
Fill with	Tetrahedral		
Growth rate	1,2		

Tahapan *Processing* melibatkan beberapa langkah penting dimana mengubah representasi matematis suatu permasalahan menjadi solusi numerik. *Fluid Models* dalam simulasi *Fluent* ini merupakan representasi matematis tentang perilaku fluida dalam berbagai kondisi. Model ini membantu kita memahami dan memprediksi fenomena aliran fluida. Studi kasus pada penelitian ini jenis aliran yang digunakan ialah dengan model K- omega SST, diharapkan hasil yang diperoleh nantinya akan lebih akurat dalam memprediksi laju penyebaran fluida.

Material merupakan komponen esensial dalam simulasi *Fluent* yang berfungsi sebagai input data untuk menentukan perilaku fisik sistem yang sedang dimodelkan. Dalam penelitian ini, tipe material yang digunakan ialah *air* (udara) dimana menggunakan temperatur rata – rata yaitu sebesar 288K dengan nilai *density* 1,225 kg/m³ dan *dynamic viscosity* sebesar 1,864x10⁻⁵ kg/ms.

Dalam simulasi fluida kondisi batas (*boundary conditions*) menentukan bagaimana fluida berinteraksi dengan dinding, inlet, outlet, atau permukaan benda lainnya. Contohnya, kondisi batas dinding dapat berupa "*no-slip*" (kecepatan fluida di dinding sama dengan nol) atau "*slip*" (kecepatan fluida di dinding tidak sama dengan nol). Nilai referensi (*reference values*) adalah nilai karakteristik yang dipilih secara khusus untuk suatu simulasi, yang

digunakan sebagai basis untuk non-dimensionalisasi persamaan dan hasil simulasi. Nilai-nilai ini dapat berupa panjang karakteristik, kecepatan karakteristik, atau densitas karakteristik. Pada penelitian ini kecepatan yang digunakan dalam proses simulasi yaitu sebesar 30, 40, dan 50 km/jam dimana pada kecepatan tersebut menyesuaikan dengan tingkat kapasitas yang dihasilkan kendaraan tersebut pada kenyataannya.

Definisi laporan adalah instruksi yang diberikan kepada *Fluent* untuk menghitung dan menyimpan nilai-nilai tertentu dari variabel aliran dalam domain simulasi seperti contohnya nilai gaya hambat, gaya angkat, koefisien gaya hambat, dan koefisien gaya angkat.

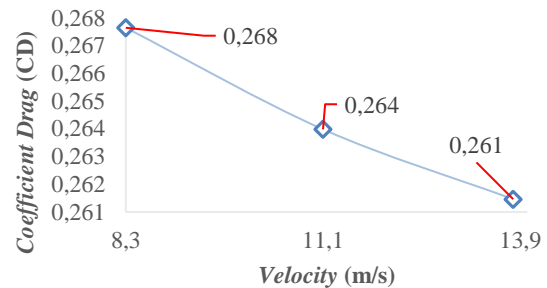
Initialization merupakan langkah awal dalam simulasi *Fluent* yang melibatkan penentuan nilai awal untuk variabel-variabel seperti kecepatan, tekanan, temperatur, dan turbulensi di seluruh domain komputasi. Nilai-nilai awal ini akan menjadi titik awal bagi solver *Fluent* untuk melakukan iterasi dan mencapai solusi yang konvergen. *Post-processing* merupakan langkah penting setelah proses *solver* dalam simulasi CFD selesai, dimana data perhitungan numerik yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk dipahami serta diinterpretasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi bertujuan untuk memahami interaksi antara suatu benda dengan aliran udara di sekitar bodi mobil Kalimasada. Berdasarkan hasil proses simulasi, diperoleh nilai dari koefisien gaya hambat, koefisien gaya angkat, kontur distribusi tekanan, dan kontur distribusi kecepatan pada masing – masing kecepatan aliran udara, sebagai berikut.

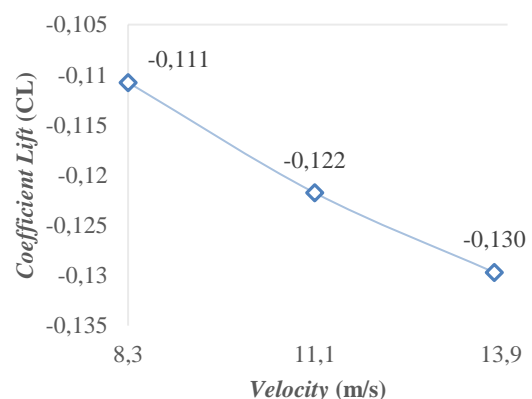
Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai koefisien gaya hambat (C_d) cenderung menurun seiring dengan peningkatan kecepatan aliran fluida. Pada kecepatan awal 8,3 m/s, nilai C_d memiliki nilai yang relatif tinggi sebesar 0,268. Kemudian, C_d mengalami penurunan yang signifikan hingga mencapai titik minimum pada kecepatan sekitar 11,1 m/s. Setelah titik minimum tersebut, C_d kembali meningkat sedikit pada kecepatan tertinggi 13,9 m/s. Hal ini mengindikasikan bahwa pada rentang kecepatan yang telah diuji, semakin tinggi kecepatan aliran, maka semakin kecil gaya hambat yang dialami oleh bodi kendaraan Kalimasada. Dapat disimpulkan bahwa optimasi

bentuk atau geometri kendaraan pada kecepatan tertentu dapat memberikan nilai C_d yang minimal. Hal ini penting untuk pengaplikasian di dunia nyata, seperti pada desain kendaraan, dimana meminimalkan gaya hambat dapat meningkatkan efisiensi dan performa.



Gambar 5. Grafik hubungan antara coefficient drag (CD) terhadap variasi velocity (m/s)

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 6, bahwa nilai koefisien gaya angkat (C_l) cenderung menurun seiring dengan peningkatan kecepatan aliran fluida. Artinya, semakin cepat aliran fluida melewati benda atau bodi kendaraan, maka semakin kecil gaya angkat yang dihasilkan. Tren penurunan yang cukup konsisten dari nilai C_l ketika kecepatan aliran meningkat dari 8,3 m/s hingga 13,9 m/s.



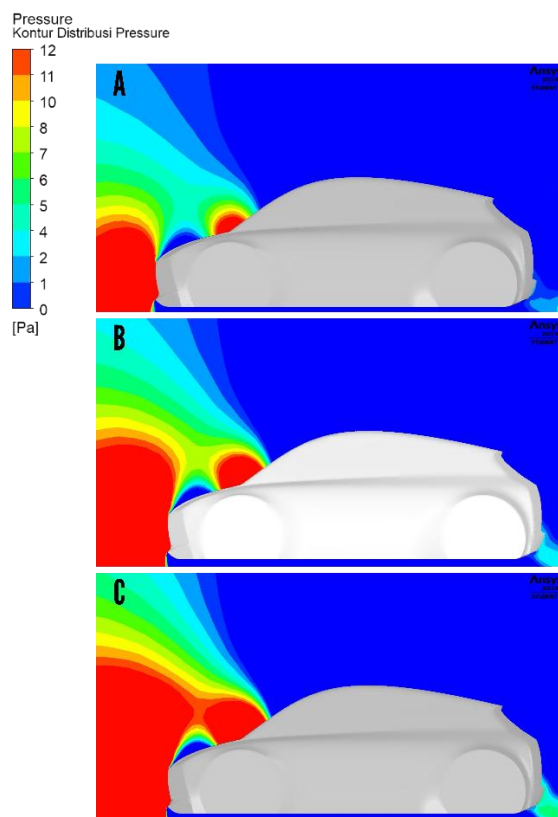
Gambar 6. Grafik hubungan antara coefficient lift (CL) terhadap variasi velocity (m/s)

Hal ini mengindikasikan adanya hubungan negatif antara kedua variabel. Nilai C_l yang negatif menunjukkan bahwa arah gaya angkat berlawanan dengan arah yang diharapkan. Kemungkinan penyebab penurunan

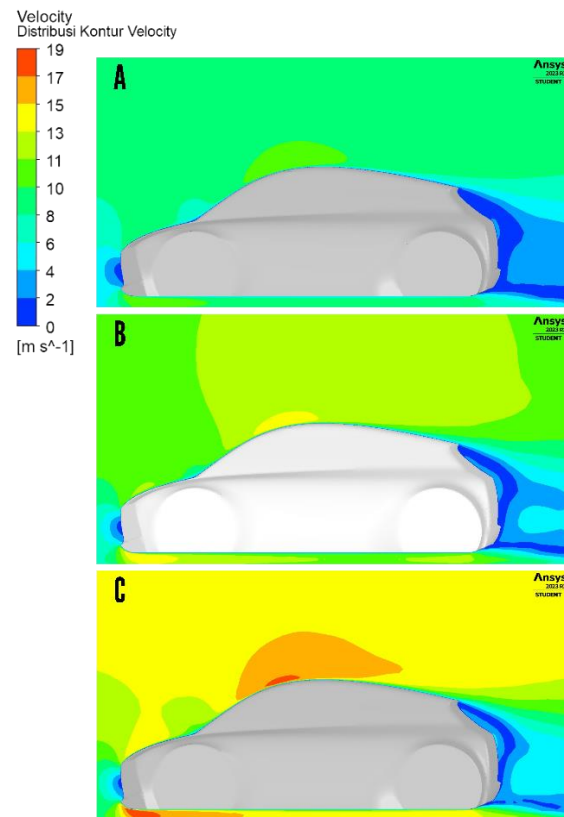
pada nilai koefisien gaya angkat terjadi disebabkan oleh adanya perubahan pola aliran, dimana terjadinya pemisahan aliran (*flow separation*) lebih awal. hal ini dapat mengurangi tekanan di permukaan atas benda, dengan demikian dapat mengurangi gaya angkat. Kemudian efek kompresibilitas pada kecepatan tinggi, udara yang dihasilkan menjadi signifikan. Udara yang terkompresi di sekitar benda dapat mengubah distribusi tekanan dan mengurangi gaya angkat. Dan terakhir, interaksi antar variabel seperti viskositas fluida, densitas, dan suhu juga dapat mempengaruhi nilai *CL*, meskipun tidak secara eksplisit yang ditunjukkan pada grafik tersebut.

Kontur aerodinamika bodi mobil mengacu pada representasi visual dari bentuk serta desain aerodinamis pada bodi mobil. Representasi ini biasanya dibuat dengan menggunakan grafis 2D maupun 3D yang dimana hasilnya menunjukkan profil, lekukan, dan bentuk keseluruhan bodi mobil. Hasil analisa kontur distribusi aerodinamika pada bodi mobil Kalimasada terbagi menjadi dua.

Berdasarkan hasil simulasi aerodinamis pada kontur distribusi *pressure* Gambar 7, menunjukkan perbedaan tekanan yang terjadi pada area depan bodi mobil Kalimasada, pada gambar (a) dengan kecepatan 8,3 m/s, distribusi tekanan menunjukkan bahwa tekanan tertinggi terkonsentrasi di sekitar bagian depan mobil dengan tekanan mencapai sekitar 12 Pa. selanjutnya di bagian samping mobil, tekanan lebih rendah berkisar 8 – 10 Pa. Gambar (b) dengan kecepatan 11,1 m/s, menunjukkan distribusi tekanan yang serupa dengan kecepatan 8,3 m/s namun dengan tekanan yang lebih tinggi. Dengan demikian pola distribusi tekanan menunjukkan bahwa pada kecepatan 11,1 m/s aliran udara masih relatif stabil, namun mulai menunjukkan tanda – tanda turbulensi di beberapa area. Hal ini menyebabkan tekanan di sekitar mobil sedikit lebih bervariasi. Gambar (c) pada kecepatan 13,8 m/s pola distribusi *pressure* menunjukkan perubahan yang signifikan dibandingkan dengan kecepatan 8,3 m/s dan 11,1 m/s. hal ini menyebabkan tekanan di sekitar mobil bervariasi secara signifikan.



Gambar 7. Visualisasi kontur *pressure* bodi mobil Kalimasada (a) *velocity* 8,3 m/s (b) *velocity* 11,1 m/s (c) *velocity* 13,8 m/s

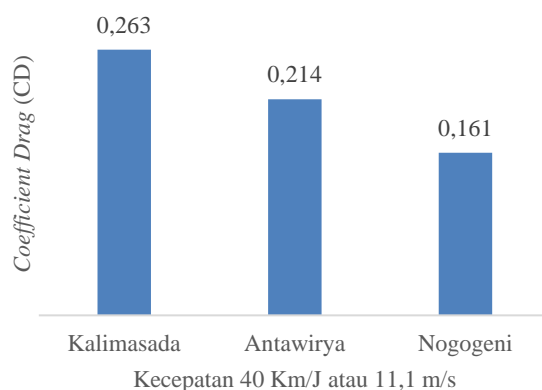


Gambar 8. Visualisasi kontur *velocity* bodi mobil Kalimasada (a) *velocity* 8,3 m/s (b) *velocity* 11,1 m/s (c) *velocity* 13,8 m/s

Berdasarkan pada Gambar 8, menunjukkan hasil kontur simulasi aerodinamis mobil listrik Kalimasada pada distribusi kecepatan aliran udara di sekitar bodi mobil yang bervariasi. Gambar (a) pada kecepatan 8,3 m/s terlihat distribusi *velocity* yang relatif seragam di sekitar mobil. Warna biru muda menunjukkan area dengan kecepatan yang lebih rendah, sedangkan warna biru tua menunjukkan area dengan kecepatan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada kecepatan 8,3 m/s aliran udara relatif lebih stabil dan tidak banyak turbulensi. Gambar (b) pada kecepatan 11,1 m/s menunjukkan bahwa aliran udara masih relatif stabil, namun mulai menunjukkan tanda – tanda turbulensi di beberapa area, seperti di sekitar roda serta belakang bodi mobil. Gambar (c) pada kecepatan 13,8 m/s pola aliran udara mulai menjadi tidak stabil dan turbulensi yang signifikan terjadi di beberapa area seperti di sekitar roda depan dan belakang serta di sepanjang bagian samping mobil.

Validasi keakurasian hasil simulasi

Tujuan utama dilakukannya perbandingan terhadap peneliti terdahulu yaitu sebagai parameter atau validasi dalam menyimpulkan keakurasian yang didapatkan pada hasil simulasi, yaitu dengan ditinjau dari metode serta teori yang digunakan.



Gambar 9. Perbandingan nilai coefficient drag pada laju kecepatan 11,1 m/s terhadap perbedaan desain bodi mobil

Pada Gambar 9. Terlihat perbedaan nilai koefisien gaya hambat dengan bodi mobil simulasi Antawirya dan Nogogeni pada kecepatan yang sama 11,1 m/s. Hasil koefisien gaya hambat pada bentuk mobil Kalimasada

memiliki perbandingan persentase dengan hasil koefisien dari mobil Antawirya sebesar 18,6%, sedangkan mobil Antawirya dengan mobil Nogogeni memiliki perbandingan persentase sebesar 24,7%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan desain pada masing – masing kendaraan yang menjadikan nilai koefisien gaya hambat berbeda. Akan tetapi dari hasil ketiga bentuk mobil tersebut untuk faktor keaerodinamikannya masih terbilang bagus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi aerodinamis dengan menggunakan metode CFD pada bentuk bodi mobil Kalimasada, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi aerodinamis yang terjadi pada bentuk bodi mobil Kalimasada dengan menggunakan metode CFD- *solver* Ansys *Fluent* diperoleh nilai koefisien gaya hambat dan koefisien gaya angkat yang berbeda – beda seiring bertambahnya laju kecepatan aliran udara. Pada laju kecepatan 8,3 m/s – 11,1 m/s diperoleh nilai sebesar 0,268 dan 0,264 dengan peningkatan koefisien gaya hambat sebesar 1,36% dan pada laju kecepatan tertinggi 13,8 m/s diperoleh nilai CD 0,261 dengan peningkatan sebesar 0,95%. Sedangkan nilai koefisien gaya angkat menghasilkan nilai yang bervariasi yaitu pada kecepatan 8,3 m/s sebesar -0,111, kecepatan 11,1 m/s sebesar -0,122, dan kecepatan 13,8 m/s sebesar -0,130. Hal ini menunjukkan bahwa pada bentuk desain bodi mobil Kalimasada memiliki hasil desain yang cukup baik untuk aerodinamisnya.
2. Hasil dari visualisasi analisa distribusi kontur *velocity* pada simulasi aliran udara di sekitar bodi mobil Kalimasada sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Hal ini ditunjukkan adanya perbedaan turbulensi pada setiap variasi kecepatan di beberapa area yang berbeda – beda. Sedangkan hasil analisa distribusi kontur *pressure* juga mempunyai *pressure* yang berbeda – beda seiring dengan perubahan laju kecepatan. Dari kedua hasil visualisasi tersebut dapat diartikan, bahwa perubahan warna pada masing – masing distribusi *velocity* dan *pressure* bergantung dengan adanya peningkatan yang terjadi pada laju kecepatan aliran yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali (2021) ‘*Green economy implementation in Ghana as a road map for a sustainable development drive: A review*’, *Scientific African*, 12, p. e00756. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00756>.
- Aprillia, R.N. (2023) ‘*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)’, (229), pp. 95–102.
- Cimbala, Y.A. cengel and J.M. (2014) *Fluid Mechanics; Fundamental and Aplication, Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Ehrenberger, S.I. *et al.* (2019) ‘*An international dialogue about electric vehicle deployment to bring energy and greenhouse gas benefits through 2030 on a well-to-wheels basis*’, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 74(August), pp. 245–254. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.027>.
- Faisal (2024) Buku Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi (Kmhe) Tahun 2024, Balai Pengembangan Talenta Indonesia Pusat Prestasi Nasional Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Jakarta.
- Fakhruddin, M. *et al.* (2021) ‘Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Ken Dedes Electric Evo 3 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd)’, *Eksergi*, 17(1), p. 36. Available at: <https://doi.org/10.32497/eksergi.v17i1.2219>.
- Kemenangan, A.N. (2022) ‘Mimpi mobil listrik nasional dan dukungan terhadap ekonomi hijau’, <https://klc2.kemenkeu.go.id/Kms/Knowledge/Mimpi-Mobil-Listrik-Nasional-Dan-Dukungan-Terhadap-Ekonomi-Hijau-76953Cfc/Detail>.
- KMHE (2020) ‘Petunjuk Pelaksanaan Kontes Mobil Hemat Energi KMHE 2020’.
- Malalasekera, H.K.V. and W. (2020) *An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Open Journal of Fluid Dynamics*. Available at: <https://doi.org/10.4236/ojfd.2020.101005>.
- Pritchard, P.J. (2008) *Fox and McDonald’s Introduction To Fluid Mechanics Eighth Edition*. 8 th editi.
- Saputra, Y. *et al.* (2020) ‘Perancangan bodi mobil hemat energi tipe urban bono kampar’, (June).
- Wirawan (2018) ‘Analisis aerodinamika mobil listrik “mandalika ev” menggunakan software autodesk computational fluid dynamic (cfd) 2016’, *Dinamika Teknik Mesin*, p. 4.