

AERODINAMIKA PADA KENDARAAN TIPE PROTOTYPE CONCEPT DENGAN SIMULASI CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

Arif Dwi Yanto^{1*}, Eko julianto^{1**}, Muhammad Iwan¹, Doddy Irawan¹, Fuazen¹, Eko Sarwono¹, Gunarto¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Pontianak
Jl. Sultan Abdurrahman no. 52, Pontianak 78124.
Email*: eko.julianto@unmuhpnk.ac.id

Abstrak

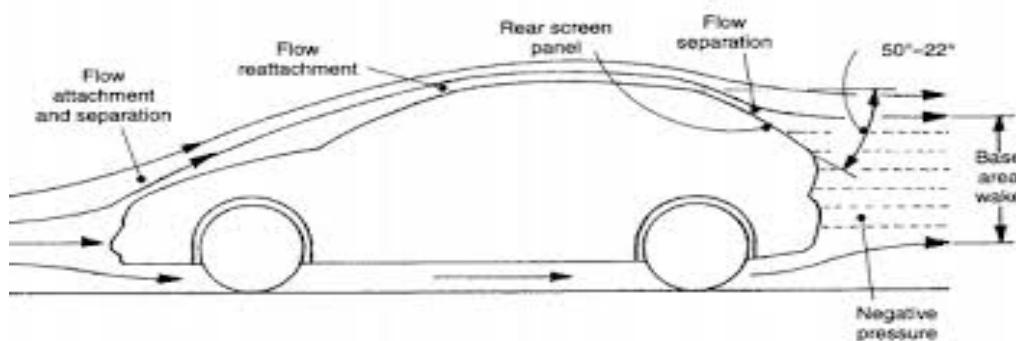
Aerodinamika merupakan salah satu aspek penting dalam desain kendaraan modern, khususnya pada mobil prototipe balap seperti Shark EB Proto 02. Analisis aerodinamika bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, stabilitas, dan performa kendaraan dengan mengurangi hambatan udara (drag) dan meningkatkan gaya angkat (lift). Penelitian ini menggunakan perangkat lunak SolidWorks sebagai alat simulasi untuk menganalisis performa aerodinamika kendaraan Prototype (Sihombing, 2024). Dalam simulasi ini, model kendaraan diuji dalam kondisi aliran udara dengan berbagai kecepatan untuk mengevaluasi distribusi tekanan, koefisien drag (Cd), dan koefisien lift (Cl). Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain mobil ini memiliki karakteristik aerodinamis yang baik, dengan nilai koefisien drag yang rendah dan gaya tekan ke bawah yang cukup untuk menjaga stabilitas pada kecepatan tinggi. Studi ini memberikan wawasan bagi pengembangan lebih lanjut desain mobil balap yang optimal secara aerodinamika dan efisien dalam penggunaan energi (Yunianto, 2017).

Kata kunci: Aerodinamika, Desain kendaraan, Efisiensi

PENDAHULUAN

Di era modern saat ini kebutuhan akan teknologi kendaraan semakin meningkat terus menerus khususnya pada kendaraan roda empat di berbagai negara berkembang dan negara maju (Hakim, 2016). Seiring terus meningkatnya angka produksi pada roda 4 (mobil) dengan sangat pesat membuat persaingan di bidang otomotif semakin meningkat. Bagaimanapun di sisilain juga meningkatkan emisi CO₂ menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan (Ekoprianto, 2016). Oleh karena itu setiap produsen mobil berusaha meningkatkan dan mengembangkan teknologi pada kendaraan buatannya untuk mengatasi jumlah bahan bakar dan terus meningkatkan efisiensi bahan bakar pada kendaraan yang di buat. Solusi pada aerodinamika pada sebuah mobil menjadi focus di beberapa peneliti untuk mengembangkan model kendaraan dan dapat membuat efisiensi pada kendaraan itu sendiri karena aerodinamika mempunyai peran utama dalam kecepatan pada kendaraan dan konsumsi pada kendaraan itu sendiri (Aprillia, 2023). Karena pada aerodinamika mempunyai kinerja pada kendaraan karena gaya *lift* dan gaya *drag* (Akbar, 2021).

Mobil listrik merupakan inovasi yang terus menerus di kembangkan oleh beberapa perusahaan dan peneliti di berbagai negara maju maupun negara berkembang (Ananda, 2021). Dalam proses perancangan bodi kendaraan aspek aerodinamika sangat diperlukan untuk riset yang terus dikembangkan teknologinya sehingga mendekati sempurna (Nurcahyo, 2021). Konsep pada kendaraan hemar energy adalah mempunyai bodi ringan dan cukup rigid serta mempunyai aerodinamika yang baik untuk memiliki koefisiensi hambat sekecil mungkin. Dengan berbagai penelitian yang menganalisa konsep pada aliran yang menghambat atau melewati bodi kendaraan yang telah rinci dengan membahas tentang fenomena aliran yang melalui bodi kendaraan 2D maupun secara 3D (Hendrike, 2019). Baik analisa sederhana yang hanya melewati body kendaraan maupun yang melibatkan pengaruh dinding (*sidewall*) (Yudho Handoyo, 2017).

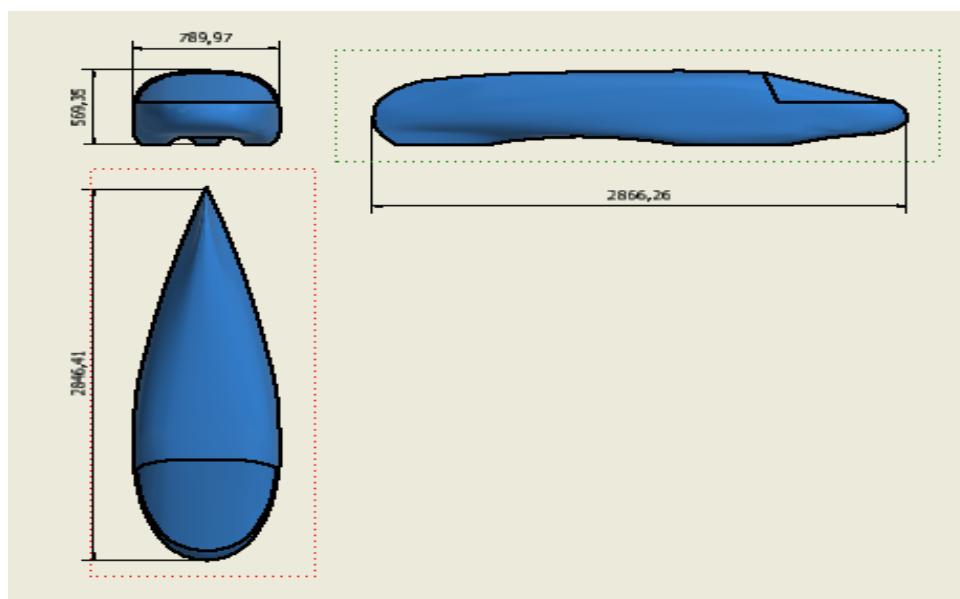


Gambar 1. Visualisasi aliran udara melewati bodi kendaraan

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 (Santoso, 2018). 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 (Pranoto, 2021).

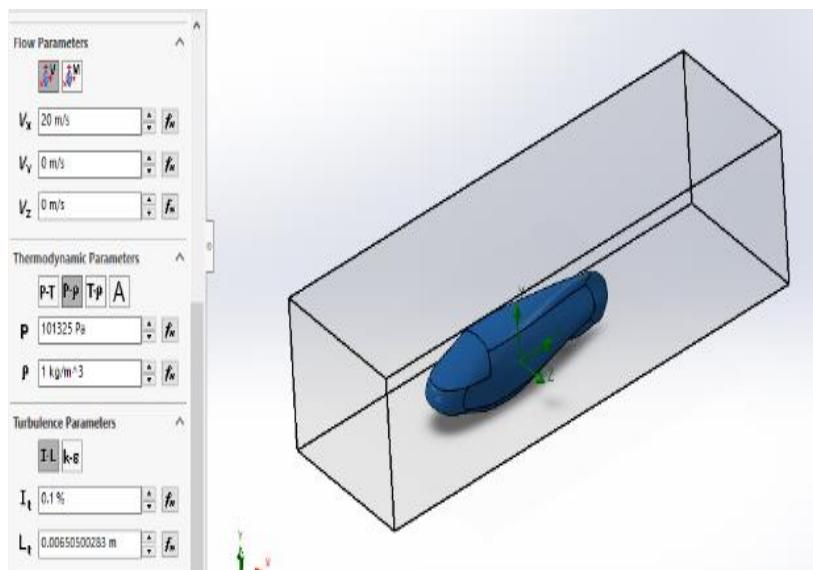
METODE PENELITIAN

Pengujian aerodinamis pada bentuk bodi prototype dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan. Proses simulasi pada penelitian ini alat yang digunakan berupa laptop Lenovo Ideapad 320 spesifikasi AMD A9-9420 RADEON R5 RAM 4GB Windows 10 dengan bantuan software berupa SolidWork Flow Simulation 2022 SP1.0. Build: 5482, sedangkan bahan yang digunakan ialah desain mobil prototype yang telah didesain menggunakan software desain Autodesk Inventor 2021.



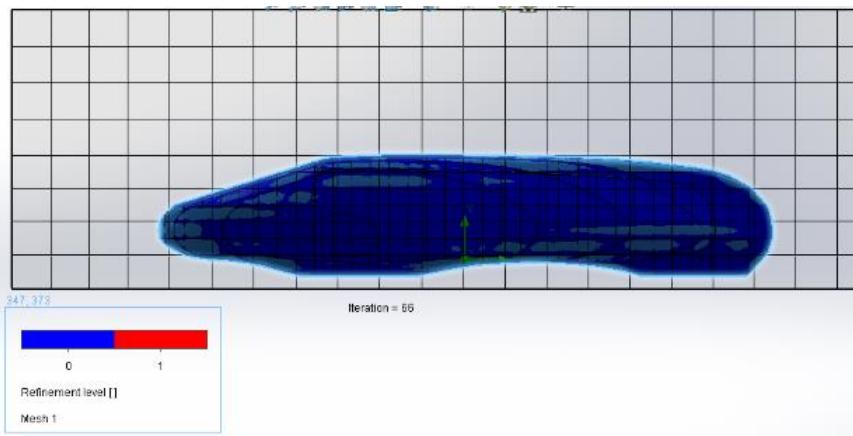
Gambar 2. Desain bodi dan geometri prototype

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 *prototype*

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.

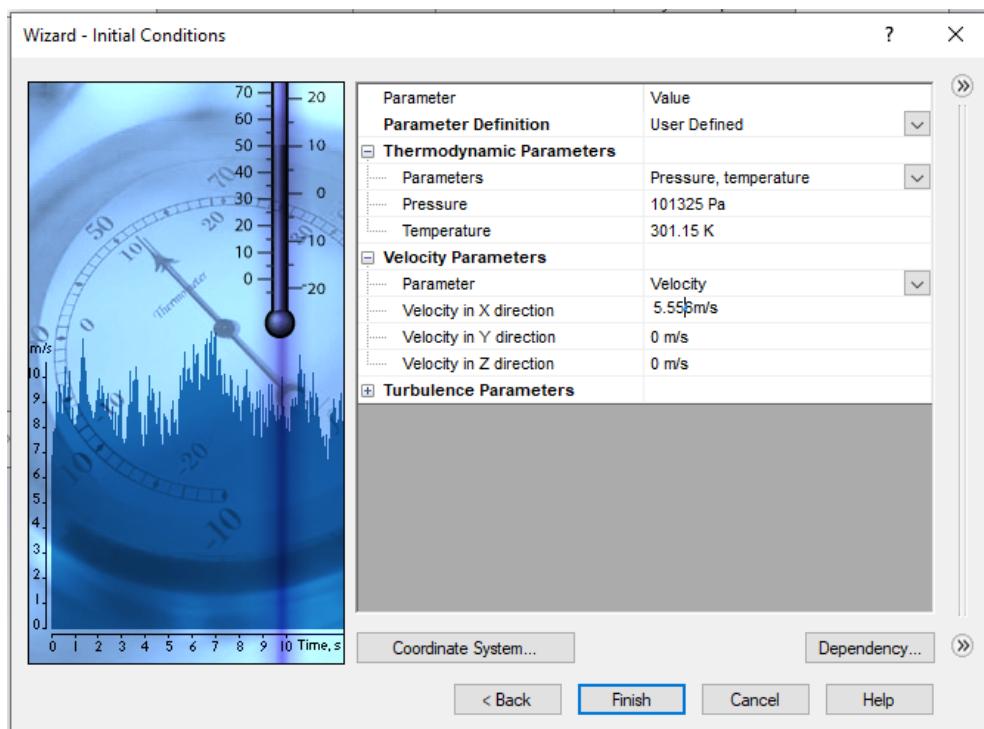


Gambar 4. Input parameter kondisi mesh

Berdasarkan pada Gambar 4 proses *meshing* yang terjadi pada simulasi aerodinamika di Solidwork dan hasil yang di dapat adalah jumlah *cells* yang di dapat adalah 10697 *cells* dan *basic mesh* yang di gunakan sama dan tabel di bawah menunjukkan jumlah *basic mesh* nya.

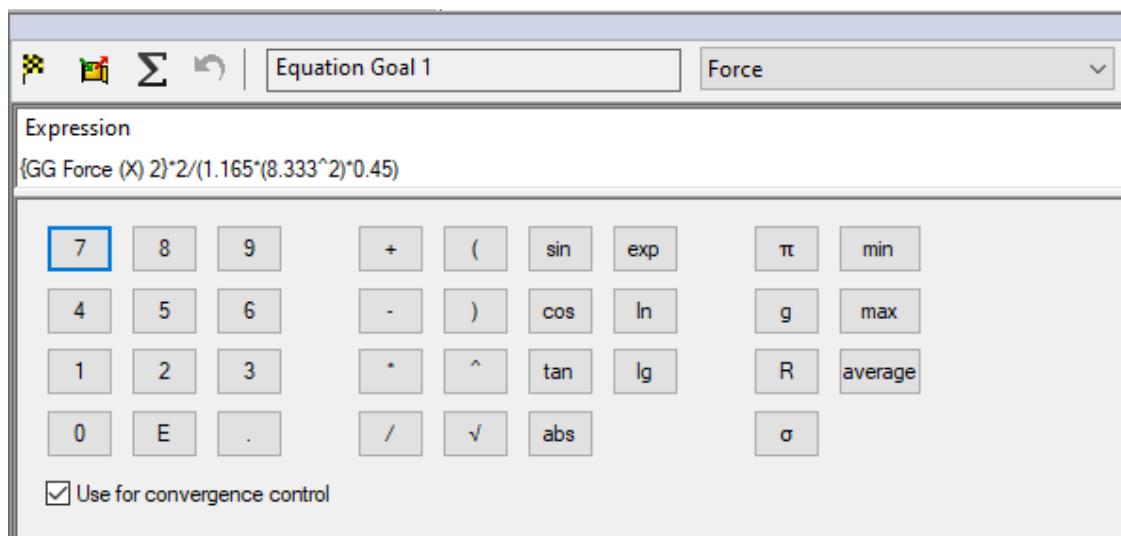
Tabel 1. Jumlah *basic mesh*

<i>Basic mesh dimension</i>	
<i>Number of Cells</i>	
x	35
y	12
z	26



Gambar 5. Input parameter kondisi lingkungan

Proses yang sedang berlangsung pada Gambar 5 adalah untuk menentukan kondisi awal untuk sebuah simulasi. Kondisi awal ini sangat penting karena akan mempengaruhi hasil akhir dari simulasi yang bertujuan untuk memberikan informasi yang cukup kepada perangkat lunak simulasi agar dapat menghitung perilaku fluida secara numerik. Dengan mengatur kondisi awal yang tepat, simulasi akan menghasilkan hasil yang lebih akurat dan relevan dengan fenomena fisik yang ingin dipelajari.



Gambar 6. Metode input *equation goal* pada simulasi

Proses pada Gambar 6 adalah untuk membuat atau mengedit sebuah persamaan yang akan digunakan untuk menghitung suatu besaran tertentu. Dalam hal ini, persamaan tersebut ditujukan untuk menghitung Koefisien *drag* dan Koefisien *lift*. Rumus yang digunakan adalah :

$$C_d = \frac{2f_d}{\rho \mu^2 A} \quad (1)$$

Dimana :

- C_d = Koefisien *drag*
 F_d = Gaya *drag* (N)
 ρ = Densitas Fluida (kg/m³)
 μ = Kecepatan Aliran Fluida (m/s)
 A = Luas Penampang (m²)

$$C_l = \frac{2f_l}{\rho \mu^2 A} \quad (2)$$

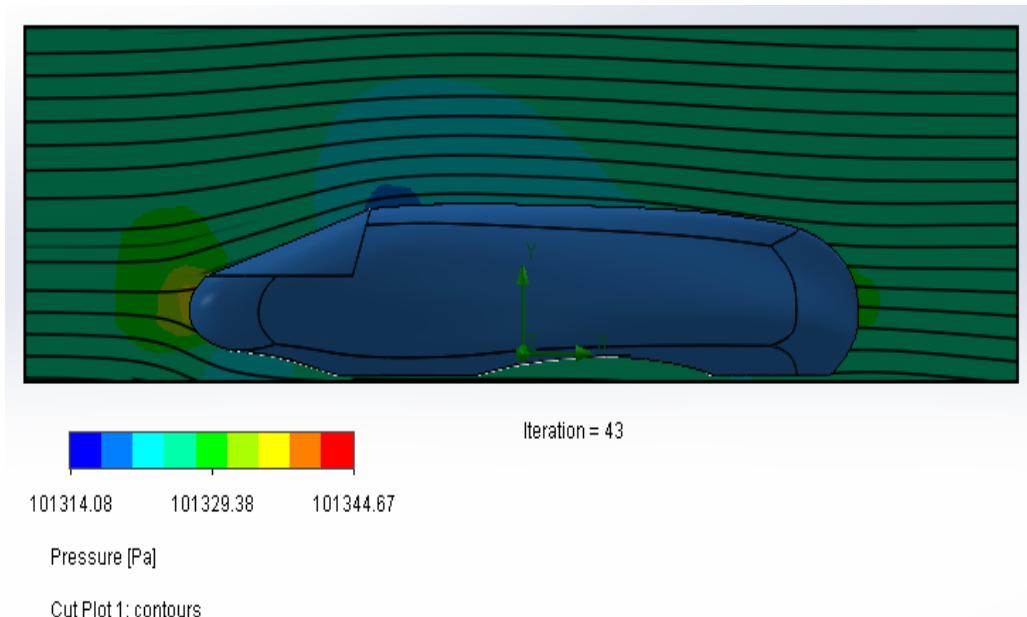
Dimana :

- C_l = Koefisien *lift*
 F_l = Gaya *lift* (N)
 ρ = Densitas Fluida (kg/m³)
 μ = Kecepatan Aliran Fluida (m/s)
 A = Luas Penampang (m²)

Proses RUN secara otomatis dengan parameter dan input yang telah ditentukan.

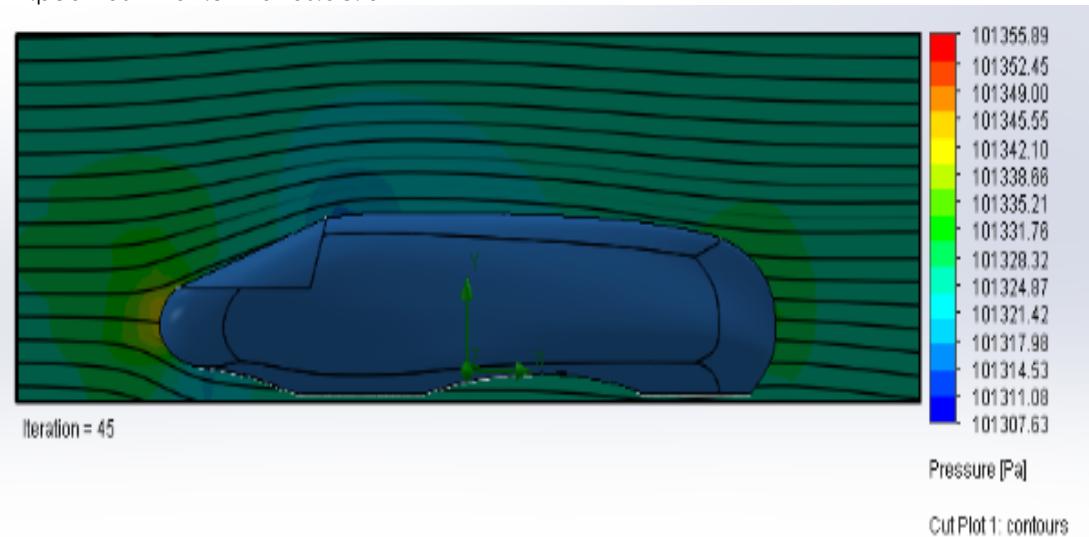
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi bertujuan untuk memahami interaksi antara suatu benda dengan aliran udara di sekitar bodi prototype. 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, ditunjukkan pada Gambar 7.



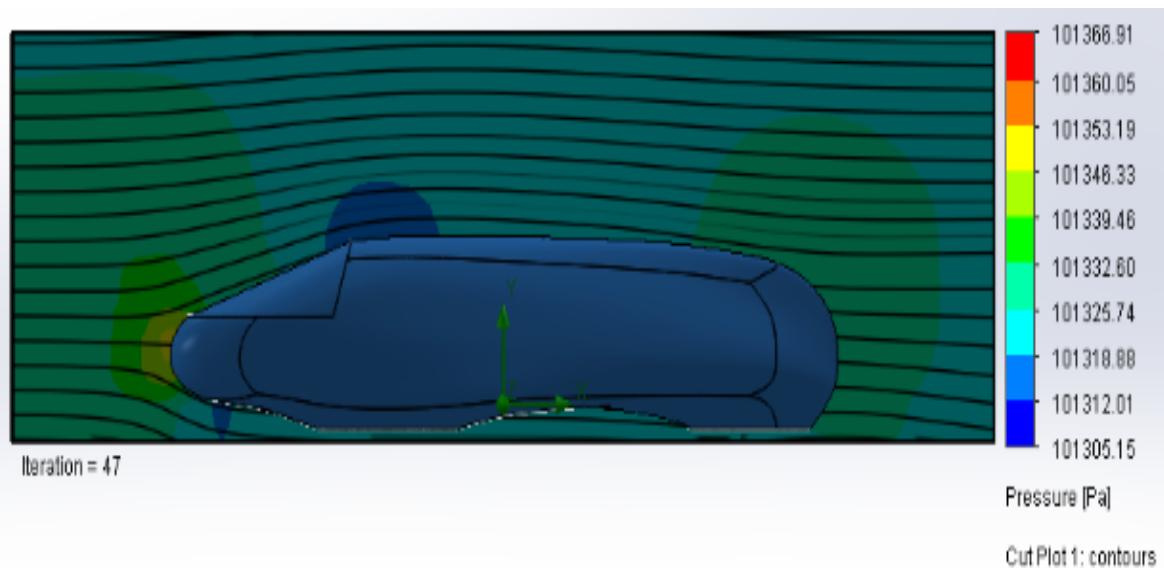
Gambar 7. Distribusi tekanan pada kecepatan 5,556 m/s

Pada Gambar 7 dapat diketahui tekanan maksimal bodi prototype pada kecepatan 5,556 m/s ada pada area depan dengan warna kuning. Warna kuning tersebut pada skala menunjukkan angka 101314.08 Pa untuk minimumnya dan 101344.67 Pa untuk nila maksimalnya.



Gambar 8. Distribusi tekanan pada kecepatan 6,944 m/s

Pada Gambar 8 dapat diketahui tekanan maksimal pada bodi prototype dengan kecepatan 6,944 m/s ada pada area depan dengan warna kuning. Warna kuning tersebut pada skala menunjukkan angka 101307.63 Pa untuk minimum nya dan 101355.89 Pa untuk maksimalnya.

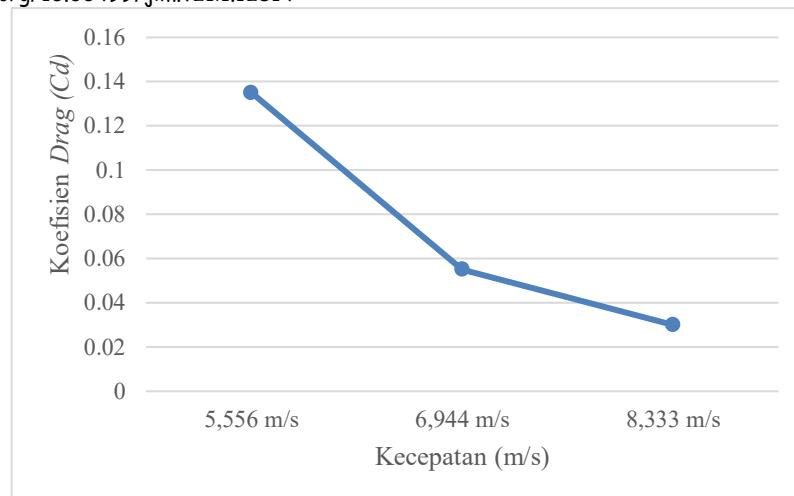


Gambar 9. Distribusi tekanan pada kecepatan 8,333 m/s

Pada Gambar 9 dapat diketahui tekanan maksimal pada bodi prototype dengan kecepatan 8,333 m/s ada pada area depan dengan warna kuning. Warna kuning tersebut pada skala menunjukkan angka 101305.15 Pa untuk minimum nya dan 101366.91 Pa untuk maksimalnya.

Tabel 2. Koefisien drag pada bodi prototype

NO	Kecepatan (m/s)	Koefisien drag (Cd)
1	5,556	0,135
2	6,944	0,055
3	8,333	0,03



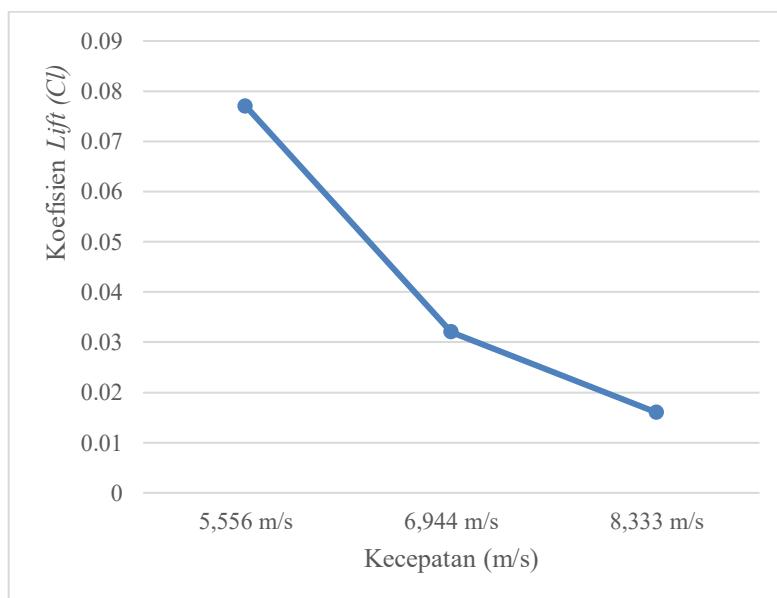
Gambar 10. Grafik koefisien drag bodi prototype

Pada Gambar 10 dan Tabel 2 dapat kita ketahui untuk koefisien *drag* dari masing-masing variasi kecepatan dimana saat kendaraan mencapai kecepatan 5,556 m/s (20 km/jam) koefisien *drag* yang tercipta adalah 0,135. Pada kecepatan 6,944 m/s (25 km/jam) koefisien *drag* yang tercipta adalah 0,055. Pada kecepatan 8,333 m/s (30 km/jam) koefisien *drag* yang tercipta adalah 0,03.

Grafik koefisien *drag* yang tercipta dari beberapa titik kecepatan kendaraan. Koefisien *drag* tertinggi terjadi pada saat kendaraan mencapai kecepatan 5,556 m/s (20 Km/jam) dan koefisien *drag* terendah pada saat kendaraan mencapai kecepatan 8,333 m/s (30 Km/jam).

Tabel 3. Koefisien *lift* pada bodi prototype

NO	Kecepatan (m/s)	Koefisien <i>lift</i> (C_l)
1	5,556	0,077
2	6,944	0,032
3	8,333	0,016



Gambar 11. Grafik koefisien *lift* bodi prototype

Pada Gambar 11 dan Tabel 3 dapat kita ketahui untuk koefisien *lift* dari masing-masing variasi kecepatan dapat dilihat dimana saat kendaraan mencapai kecepatan 5,556 m/s (20 km/jam) gaya *lift*

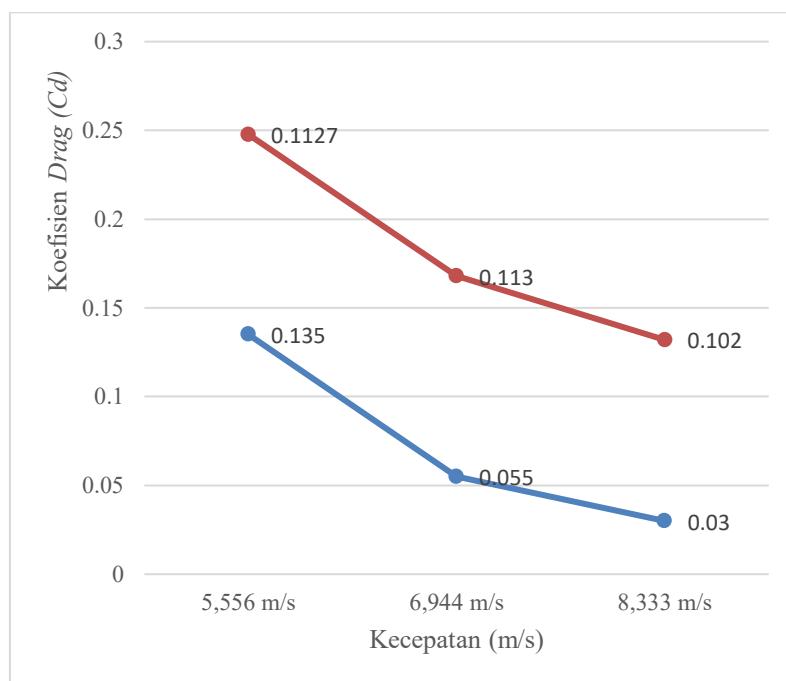
yang tercipta adalah 0,077. Pada kecepatan 6,944 m/s (25 km/jam) gaya *lift* yang tercipta adalah 0,032. Pada kecepatan 8,333 m/s (30 km/jam) gaya *lift* yang tercipta adalah 0,016.

Grafik koefisien *lift* yang tercipta dari beberapa titik kecepatan kendaraan. Koefisien *lift* tertinggi terjadi pada saat kendaraan mencapai kecepatan 5,556 m/s (20 Km/jam) dan koefisien drag terendah pada saat kendaraan mencapai kecepatan 8.333 m/s (30 Km/jam).

Perbandingan data koefisien drag antara simulasi dan perhitungan manual dapat di lihat melalui tabel 4 dan grafik pada Gambar 12.

Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi dan hitungan manual

No	Kecepatan (m/s)	Koefisien drag	
		Simulasi	Hitung manual
1	5,556	0,135	0,1127
2	6,944	0,055	0,113
3	8,333	0,03	0,102



Gambar 12. Grafik perbandingan koefisien drag simulasi dan hitung manual bodi prototype

Pada Gambar 12 koefisien drag pada simulasi lebih kecil, dan dari data di atas keduanya sama stabilnya. Kestabilan ini juga nanti akan mempengaruhi keseimbangan kendaraan saat melakukan manouver. Sedangkan untuk rata-rata dari koefisien drag antara simulasi dan hitung manual akan dijelaskan pada Tabel 5.

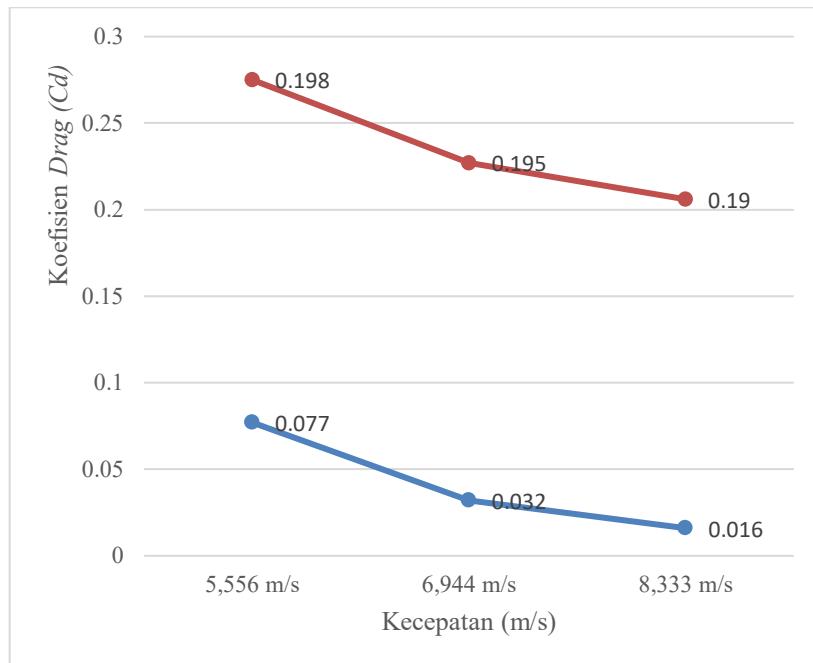
Tabel 5. Perbandingan hasil rata - rata simulasi dan hitungan manual

No	Kecepatan (m/s)	Koefisien drag	
		Simulasi	Manual
1	5,556	0,135	0,1127
2	6,944	0,055	0,113
3	8,333	0,03	0,102
Rata - rata		0,73	0,109

Perbandingan data koefisien lift antara simulasi dan perhitungan manual dapat di lihat melalui Tabel 6 dan grafik pada Gambar 13.

Tabel 6. Perbandingan hasil simulasi dan hitungan manual

No	Kecepatan (m/s)	Koefisien <i>lift</i>	
		Simulasi	Hitung manual
1	5,556	0,077	0,198
2	6,944	0,032	0,195
3	8,333	0,016	0,19

**Gambar 13. Grafik perbandingan koefisien *lift* simulasi dan hitung manual bodi prototype**

Pada Gambar 13 koefisien *lift* pada simulasi lebih kecil, dan dari data di atas dan yang hitungan manual sama stabilnya. Kestabilan ini juga nanti akan mempengaruhi keseimbangan kendaraan saat melakukan manouver. Sedangkan untuk rata-rata dari koefisien drag antara simulasi dan hitung manual akan dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan hasil rata - rata simulasi dan hitungan manual

No	Kecepatan (m/s)	Koefisien <i>lift</i>	
		Simulasi	Manual
1	5,556	0,077	0,198
2	6,944	0,032	0,195
3	8,333	0,016	0,19
	Rata - rata	0,042	0,194

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan data yang dapat, dapat disimpulkan bahwa:

1. Simulasi memberikan hasil yang lebih optimistik: Simulasi cenderung menghasilkan nilai koefisien drag yang lebih rendah dibandingkan dengan perhitungan manual. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, seperti penyederhanaan model pada simulasi atau ketidakakuratan asumsi dalam perhitungan manual.
2. Trend umum kedua metode konsisten: Baik simulasi maupun perhitungan manual menunjukkan tren penurunan koefisien drag seiring bertambahnya kecepatan. Ini mengindikasikan bahwa kedua metode menangkap fenomena fisik yang sama.

3. Perlu validasi lebih lanjut: Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, disarankan untuk melakukan pengujian fisik pada prototipe. Hasil pengujian fisik dapat digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi dan perhitungan manual.

Rekomendasi

- Pengujian fisik: Melakukan pengujian wind tunnel atau uji jalan untuk memverifikasi hasil simulasi dan perhitungan manual.
- Peningkatan akurasi simulasi: Memperhalus model simulasi dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang lebih detail, seperti turbulensi, efek viskositas, dan interaksi kompleks antara aliran fluida dan permukaan benda.
- Analisis lebih lanjut: Melakukan analisis sensitivitas untuk mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap koefisien drag.

Hasil analisis ini memiliki implikasi penting dalam pengembangan prototipe. Dengan memahami koefisien drag dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, para desainer dapat melakukan optimasi desain untuk mencapai kinerja aerodinamis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Pranoto, A., W. S., Orienta, Y., & Santika, W. Y. (2021). Redesain Body Mobil Mataram Proto V5 Dengan Mempertimbangkan Aspek Aerodinamis. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 3(2), 73–80.
- Santoso, D. D. (2018). Aerodinamika pada modifikasi bodi kendaraan angkutan pedesaan. *Jurnal TEDC*, 12(2), 112–127.
- Hakim, R., Nugroho, C. B., & Ruzianto. (2016). Desain Dan Analisa Aerodinamika Dengan menggunakan Pendekatan CFD Pada Model 3D Untuk Mobil Prototype “ Engku Putri .” *Jurnal Integrasi*, 8(1), 6–11.
- Ekoprianto, A. (2016). Analisis Aerodinamik Pada Bodi Kendaraan Listrik Type Citycar Untuk Lingkungan Kampus. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3(3), 125–130.
- Aprillia, R. N., Ramdhani, R., & Sriyono, S. (2023). Analisis Aerodinamika Bodi Kendaraan Urban Single Seater menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *AEEJ : Journal of Automotive Engineering and Vocational Education*, 4(2), 95–102.
- Nurcahyo, Y. E., & Wahyudi, P. L. (2021). Rancang Bangun Body Fibercarbon dan Simulasi Aerodinamis dengan Ansys untuk Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(2), 90.
- Sihombing, H., Syaifurrahman, & Taufiqurrahman, M. (2024). *Rancangan Desain Body Mobil Listrik Prototipe Fakultas Teknik Terhadap Aerodinamika Berbasis Pemodelan Computational Fluid Dynamics Menggunakan Metode Pahl and Beitz (1)* Hanlan Sihombing, (2) Syaifurrahman, (3) Muhammad Taufiqurrahman*. 5(1), 7–15.
- Akbar, Z. (2021). *Analisis Aerodinamika Kendaraan Tipe Prototype Semaratungga EV Dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)*.
- Hendrike, T., & Asral. (2019). Analisis Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Asykar Proto Unri Tipe Prototype Dengan Menggunakan Cfd (Computational Fluid Dynamics). *Jom FTEKNIK*, 6(m), 1–7.
- Yudho Handoyo. (2017). Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Tipe Prototype Battery Electric “Barqun Speed” Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. *BMC Public Health*, 5(1), 1–14.
- Ananda, R. P., Pramesti, Y. S., & Akbar, A. (2021). Analisis Aerodinamika Bodi Kendaraan KMHE Jayabaya Prototype 2.0. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 218–223.
- Wirawan, M., Yudhyadi, I., & Aswari, Y. (2018). Analisis aerodinamika mobil listrik “mandalika ev” menggunakan software autodesk computational fluid dynamic (cfd) 2016. *Dinamika Teknik Mesin*, 4.
- Yunianto, A. H., Suhendra, T., Elektro, J. T., Teknik, F., Maritim, U., & Ali, R. (2017). *Jurnal Sustainable : Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Perhitungan Koefisien Drag dan Kooefisien Lift pada Lambung Kapal Katamaran Simetris (Symmetrical) dan Tidak Simetris (Asymmetrical)*. 06(02).