MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i2.4976

ANALISIS AERODINAMIKA RANCANGAN BODY CITY CAR DENGAN PENAMBAHAN SPOILER BELAKANG MENGGUNAKAN Ansys FLUENT

Aerodynamic Analysis of City Car Body Design with Rear Spoiler Addition Using Ansys Fluent

Yoga Rizki Ananda[1], Randi Purnama Putra[2], Yolli Fernanda[3], Fitrah Qalbina[4]
Universitas Negeri Padang
yogarizkiananda02@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 16, 2025	Jan 28, 2025	Feb 9, 2025	Feb 14, 2025

Abstract

An increase in the number of fossil fuel vehicles leads to increased energy consumption and exhaust emissions, which have a negative impact on the environment. One way to improve fuel efficiency is to optimize vehicle aerodynamic design, especially through the addition of a rear spoiler. This study aims to analyze the effect of city car body design with the addition of a rear spoiler on vehicle aerodynamic characteristics, such as drag coefficient, lift coefficient, and the ratio between the two. The research method used is numerical simulation with Computational Fluid Dynamics (CFD) using Ansys Fluent 2024 R1 Student Version software. The simulation was performed on a 3D city car model with airflow velocity variations of 10 m/s, 20 m/s, and 30 m/s. The data obtained were analyzed using grid independency analysis techniques to ensure the accuracy of the simulation results. The results show that the addition of a rear spoiler is able to reduce the lift coefficient thereby improving vehicle stability, although there is a slight increase in the drag coefficient as the airflow velocity increases. The negative ratio between the lift

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

coefficient and drag coefficient indicates that the lift is downforce, which contributes to vehicle stability at high speeds. A suggestion from this research is the optimization of the spoiler shape to further reduce the drag coefficient without compromising vehicle stability. Further research can be conducted by testing variations in spoiler design and lighter materials for better aerodynamic efficiency.

Keywords: Aerodynamics, Drag Coefficient, Lift Coefficient

Abstrak: Peningkatan jumlah kendaraan berbahan bakar fosil menyebabkan meningkatnya konsumsi energi dan emisi gas buang, yang berdampak negatif pada lingkungan. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar adalah dengan mengoptimalkan desain aerodinamika kendaraan, khususnya melalui penambahan spoiler belakang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh desain *body city car* dengan penambahan spoiler belakang terhadap karakteristik aerodinamika kendaraan, seperti koefisien *drag*, koefisien *lift*, dan rasio antara keduanya. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi numerik dengan Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan perangkat lunak Ansys *Fluent* 2024 R1 *Student Version*. Simulasi dilakukan pada model 3D city car dengan variasi kecepatan aliran udara sebesar 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik *grid independency analysis* untuk memastikan akurasi hasil simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan spoiler belakang mampu mengurangi koefisien *lift* sehingga meningkatkan stabilitas kendaraan, meskipun terdapat sedikit peningkatan pada koefisien *drag* seiring bertambahnya kecepatan aliran udara. Rasio antara koefisien *lift* dan koefisien *drag* yang bernilai negatif menunjukkan bahwa gaya angkat yang terjadi bersifat *downforce*, yang berkontribusi terhadap kestabilan kendaraan pada kecepatan tinggi. Saran dari penelitian ini adalah pengoptimalan bentuk spoiler untuk mengurangi koefisien *drag* lebih lanjut tanpa mengorbankan kestabilan kendaraan. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menguji variasi desain spoiler dan material yang lebih ringan untuk efisiensi aerodinamika yang lebih baik.

Kata Kunci: Aerodinamika, Koefisien *Drag*, Koefisien *Lift*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan berbahan bakar fosil menyebabkan ketersediaan bahan bakar semakin berkurang. Sektor transportasi merupakan pengguna energi terbesar ketiga setelah industri dan perumahan, sehingga penghematan energi pada kendaraan pengurangan emisi gas buang menjadi fokus utama (Aerodinamika et al., 2014). Sebagian besar kendaraan yang digunakan masih menggunakan bahan bakar fosil yang akan menimbulkan dan meningkatkan jumlah polusi udara yang disebabkan dari emisi gas buangnya (Wandani et al., 2018). Polusi yang diakibatkan oleh kendaraan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. Kendaraan bermotor dan alat transportasi darat lainnya memegang peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Namun, peningkatan penggunaannya membawa

dampak buruk bagi lingkungan (Wibowo et al., 2022). Bertambahnya jumlah kendraan berbahan bakar fosil juga mendorong peningkatan permintaan bahan bakar, yang pada akhirnya menyebabkan masalah seperti polusi udara. Salah satu upaya untuk mengatasi hal ini adalah dengan mengembangkan kendaraan yang hemat energi (Zhao et al., 2021).

Penghematan energi dapat dicapai dengan memodifikasi mesin atau mengidentifikasi variabel aerodinamis yang paling optimal utnuk meningkatkan kecepatan, mengurangi konsumsi bahan bakar, serta menekan emisi gas buang (Winoko et al., 2019). *Body* kendaraan dirancang dengan desain yang aerodinamis sehingga bisa mencapai penghematan energi yang opitimal. Desain *body* yang tidak aeroinamis dapat memberikan gaya hambat yang besar sehingga mengakibatkan kurangnya efesiensi kecepatan dan meningkatkan konsumsi bahan bakar, dikarenakan mesin harus bekerja lebih keras untuk melawan hambatan tersebut (Kusaeri, 2020). Salah satu solusi untuk meningkatkan aerodinamika adalah dengan menambahkan spoiler, yang berfungsi untuk mengurangi turbulensi dan meningkatkan stabilitas kendaraan pada kecepatan tinggi, sehingga efesiensi bahan bakar dan peforma kendraan dapat lebih optimal (Rahman et al, 2014). Aerodinamika merupakan salah satu aspek penting dalam desain kendaraan modern seperti *city car*. Jenis aerodinamika terbagi 2 yaitu aerodinamika *internal flow* dan aerodinamika *eksternal flow*. Aerodinamika *eksternal flow* merupakan studi tentang interaksi aliran udara pada permukaan benda padat seperti bodi pada sepeda motor listrik, untuk memahami gaya-gaya yang dihasilkan seperti gaya angkat (*lift*) dan gaya hambat (*drag*) disekitar permukaan bodi. Aerodinamika *eksternal flow* pada kendaraan berhubungan dengan hukum Bernoulli, yang menjelaskan bahwa bertambahnya kecepatan aliran fluida (udara) akan menurunkan tekanan udara diarea tersebut. Dengan demikian kecepatan udara diatas dan dibawah perangkat areodinamika harus disesuaikan untuk mengatur gaya tekan kebawah (*downforce)* yang optimal. Oleh karna itu Desain dari bodi kendaraan harus aeronamis agar berbagai pergerakan dijalanan dapat dikontrol dengan lebih stabil atau lebih baik saat kendaraan melaju pada kecepatan tinggi (Hidayati et al., 2018). Secara umum pembebanan aerodinamis terdiri dari gaya *drag* yang membatasi kecepatan kendaraan dan gaya *lift* yang mengangkat kendaraan. Biasanya untuk mengetahui nilai atau bentuk dari aerodinamika tersebut biasanya menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD), yang mana CFD merupakan aplikasi praktis pertama dalam analisis aerodinamika eksternal kendaraan, karna itu alat ini digunakan secara luas baik dibidang perancangan kendaraan seperti mobil sport maupun mobil sipil (Piechna, 2021).

Berdasarkan penelitian dari (Putra et al., 2022) yang berjudul *Body City Car of Two Passangers Capacity : A Numerical Simulation Study*. Penelitian ini bertujuan untuk memmbuat desain body *city car* yang aerodinamis sehingga dapat meminimalisir bahan bakar. Metode penelitian adalah model simulasi numerik dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS *FLUENT* versi 2021. Penelitian ini mencari nilai dari parameter *drag coefficient*, *velocity streamlines*, dan *velocity contours*. Desain dari *body city car* ini dirancang dengan panjang 2,59 m, lebar 1,6 m, dan tinggi 1,52 m. Hasil dari simulasi yang dilakukan nilai yang didapatkan dari *city car* dengan kecepatan 10 m/s, nilai koefisien *drag* 0,599, pada kecepatan sebesar 20 m/s, nilai koefisien *drag* sebesar 0,594, dan kecepatan 30 m/s nilai koefisien *drag* 0,591. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang telah memberikan dasar bagi pengembangan lebih lanjut. Pengembangan yang akan dilakukan adalah penambahan spoiler pada bagian belakang *body* kendaraan. Penelitian ini dilakukan dengan upaya mengurangi nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* kendaraan yang dapat meningkatan aerodinamika agar dapat melaju dengan mulus dan hemat bahan bakar. Dengan metodologi *computational fluid dynamics* (CFD), penelitian ini menggunakan metodologi analisis data aliran fluida *eksternal*. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi dan dioptimalkan aspek-aspek desain yang mempengaruhi efesiensi aerodinamika bodi *city car* dengan penambahan spoiler belakang, dengan memfokuskan penelitian pada simulasi aliran udara dan mencari nilai koefisien *drag*, koefisien *lift,* dan rasio antara koefisien *drag* dengan koefisien *lift*.

METODE

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan pendekatan numerik dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang diterapkan melalui perangkat lunak Ansys *Fluent* 2024 R1 *Student Version*. CFD merupakan teknik analisis berbasis komputer yang digunakan untuk menyelidiki perilaku aliran fluida melalui pemodelan dan simulasi numerik. Penelitian ini berfokus pada analisis aerodinamika *body* kendaraan *city car* dengan penambahan spoiler belakang, menggunakan variasi kecepatan aliran udara sebagai variabel independen. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komputer Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang selama semester Juli - Desember 2024. Variabel yang dikaji dalam penelitian ini mencakup variabel independen berupa kecepatan aliran udara sebesar 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s; variabel dependen meliputi koefisien *drag*, koefisien *lift*, serta rasio antara keduanya; dan variabel kontrol yang terdiri dari desain *body city car* dengan

spoiler belakang yang tetap konstan. Data dikumpulkan melalui metode observasi visual dengan mengamati desain kendaraan dalam simulasi CFD. Hasil simulasi dianalisis melalui teknik *grid independency* analysis untuk menentukan jumlah mesh optimal yang dapat meminimalkan *error* dalam perhitungan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien aerodinamika yang diperoleh dari simulasi dengan variasi kecepatan aliran udara yang telah ditentukan. Data hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi serta pengambilan kesimpulan.

HASIL

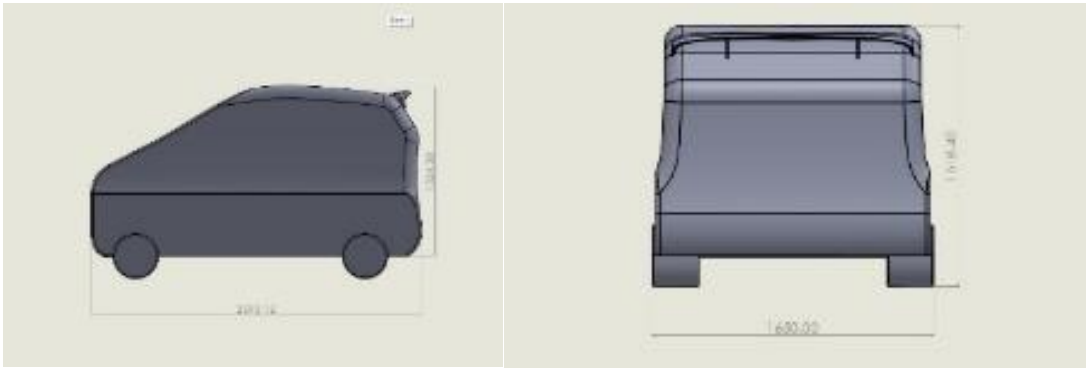
1. Desain *Body City Car*

Pada penelitian ini berupa desain *body city car* yang dibuat mengguanakan software Solidworks, yang dapat dilihat pada tabel 1. dan gambar 1 berikut:

Tabel 1. Dimensi *body city car*

Parameter	Dimensi (mm)
L	2593 mm
W	1650 mm
H	1518 mm

Tabel diatas merupakan ukuran dimensi dari desain body city car yang dirancang menggunakan software Solidworks, yang mana L merupakan panjang kendaraan, W merupakan lebar kendaraan,dan H merupakan tinggi kendaraan.



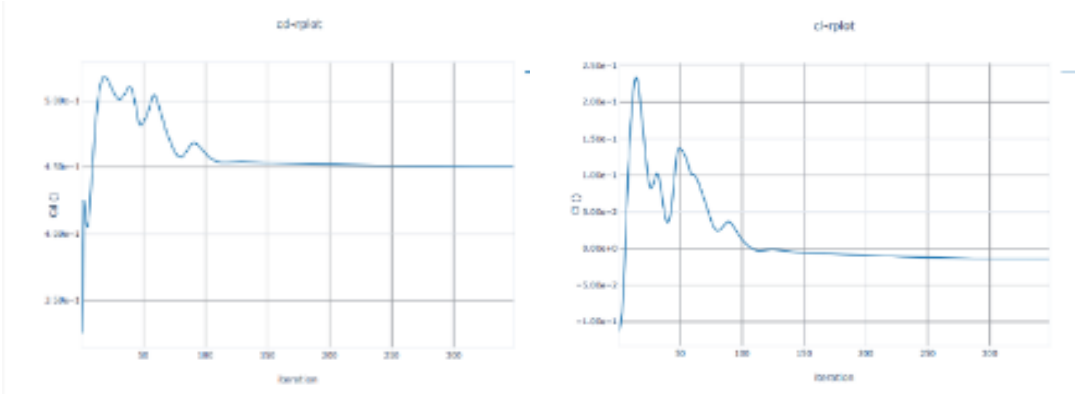
Gambar 1. Panjang desain body city car dan Lebar dan tinggi body city car

Gambar di atas merupakan hasil desain yang telah dibuat dalam software solidworks.

2. Hasil Simulasi

Setelah dilakukan proses *setup* menggunakan Ansys *Fluent* R1 *Student Version* pada *body city car* dengan penambahan spoiler belakang, diperoleh hasil simulasi berupa nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* untuk variasi kcepatan udara sebesar 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s dalam domain simulasi. Hasil tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4 untuk nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift*.

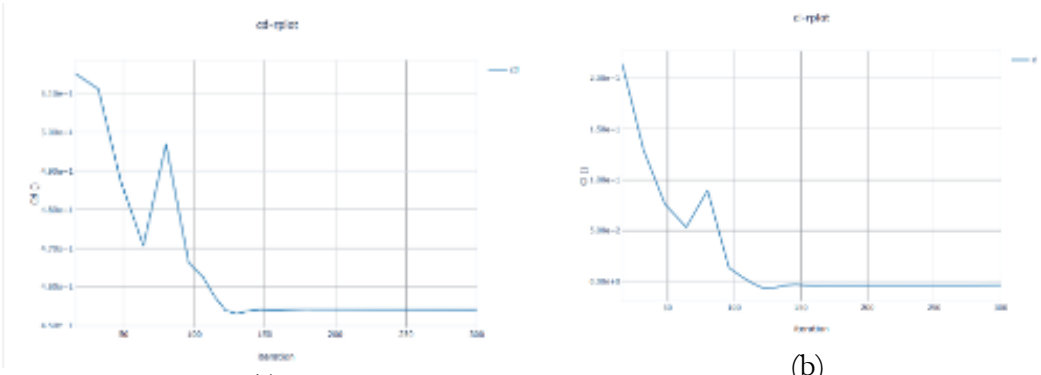
Pada gambar 4 menunjukan hasil dari simulasi yang memperoleh nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* pada kecepatan aliran udara 10 m/s dalam bentuk grafik yang berhasil terkonvergensi pada kriteria konvergensi 10-5 dengan mencapai konvergensi pada jumlah iterasi sebanyak 348 dan membutuhkan waktu running selama 35 menit 31 detik.



(a) (b)

Gambar 1. Grafik (a) Cd dan grafik (b) pada kecepatan aliran udara 10 m/s

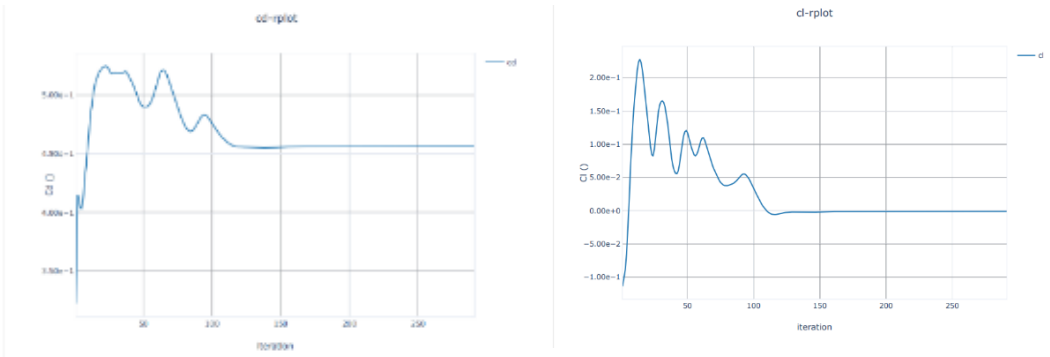
Kemudian pada gambar menunjukan hasil dari simulasi yang memperoleh nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* pada kecepatan aliran udara 20 m/s dalam bentuk grafik yang berhasil terkonvergensi pada kriteria konvergensi 10-5 dengan mencapai konvergensi pada jumlah iterasi sebanyak 300 dan membutuhkan waktu *running* selama 26 menit 7 detik.



(a) (b)

Gambar 2. Grafik (a) Cd dan grafik (b) Cl pada kecepatan aliran udara 20 m/s

Selanjutnya pada gambar menunjukan hasil dari simulasi yang memperoleh nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* pada kecepatan aliran udara 30 m/s dalam bentuk grafik yang berhasil terkonvergensi pada kriteria konvergensi 10-5 dengan mencapai konvergensi pada jumlah iterasi sebanyak 291 dan membutuhkan waktu *running* selama 24 menit 9 detik.



(a) (b)

Gambar 3. Grafik (a) Cd dan grafik (b) Cl pada kecepatan aliran udara 30 m/s

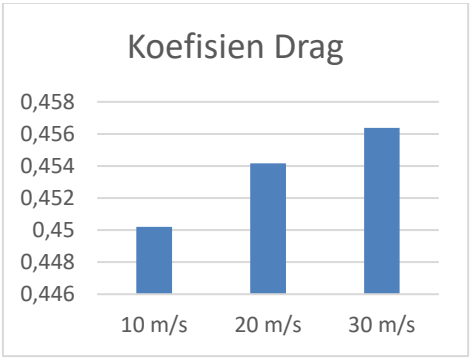
Untuk nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* pada variasi kecepatan aliran udara 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s yang diperoleh dari hasil simulasi yang dilakukan dapat dinilai pada tabel berikut :

Tabel 2. Nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift*

No	Koefisien Aliran Udara (m/s)	Koefisien *drag*	Koefisien *lift*
1	10	0,4502066	-0,01400042
2	20	0,454169	-0,003800424
3	30	0,4563737	-0,001093445

3. Analisis Koefisien *Drag*

Koefisien *drag* adalah parameter aerodinamika yang signifikan dalam desain kendaraan karena semakin kecil nilai koefisien *drag* semakin rendah hambatan udara terhadap *body* kendaraan sehingga konsumsi bahan bakar pada kendaraan semakin berkurang. Pada gambar menunjukan data perbandingan nilai koefisien *drag* pada kecepatan 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s.

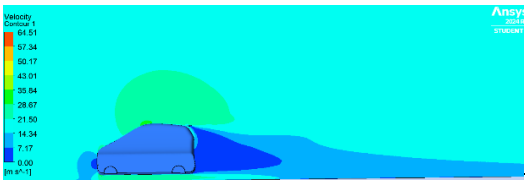


Gambar 4. Perbandingan nilai Cd pada kecepatan 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s

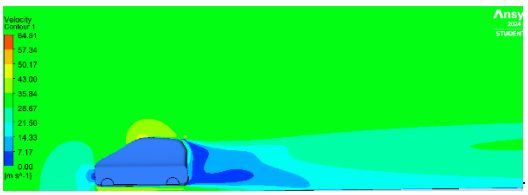
Pada gambar tersebut diketahui bahwa koefisien *drag* semakin meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan kecepatan. Pada *body city car* dengan kecepatan 10 m/s didapatkan nilai koefisien *drag* sebesar 0,4502066; kecepatan 20 m/s didapatkan nilai koefisien *drag* 0,454169; dan kecepatan 30 m/s didapatkan nilai koefisien *drag* 0,4563737.



(a)



(b)



(c)

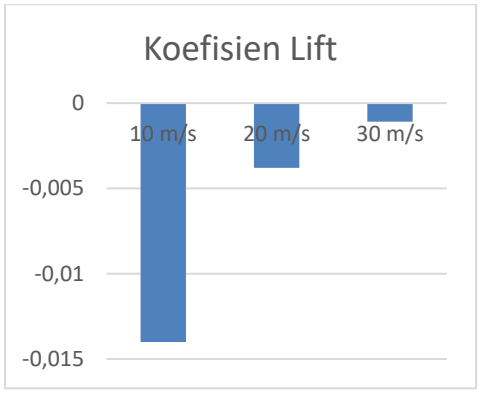
Gambar 5. *Velocity contour* pada kecepatan (a) 10 m/s, (b) 20 m/s, dan 30 m/s

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa *velocity contour* pada kecepatan aliran udara 10 m/s, menunjukan hambatan udara yang relatif kecil, namun area *wake* (turbulensi dibelakang kendaraan) cukup besar. Ketika kecepatan meningkat menjadi 20 m/s, hambatan udara menjadi lebih besar seiring dengan meningkatnya kecepatan, yang tercermin dalam wake

yang lebih panjang dan distribusi aliran disekitar kendaraan. Zona tekanan rendah di belakang kendaraan cenderung menarik udara kedalam *wake*, yang meningkatkan drag. Pada kecepatan 30 m/s yang merupakan kecepatan maksimum mencapai nilai tertinggi dengan distribusi aliran lebih luas. *Wake* terlihat lebih signifikan dibandingkan kecepatan aliran udara 10 m/s dan 20 m/s, yang menunjukan bahwa peningkatan kecepatan kendaraan secara langsung memengaruhi koefisien *drag*.

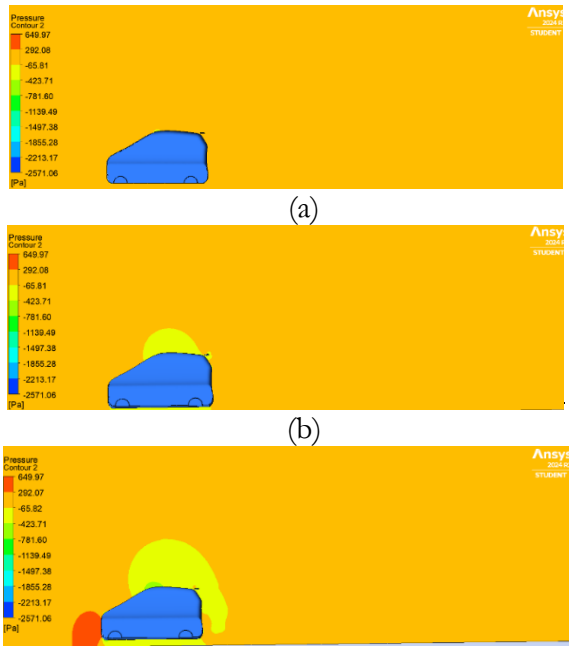
4. Analisis Koefisien *Lift*

Koefisien *lift* merupakan salah satu aspek penting dalam aerodinamika pada sebuah desain kendaraan yang mempengaruhi peforma sebuah kendaraan, karena semakin kecil nilai koefisien *lift* maka kendaraan dapat melaju dengan stabil dijalan. Pada gambar menunjukan data perbandingan nilai koefisien *lift* pada kecepatan aliran udara 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s.



Gambar 6. Perbandingan nilai Cl pada kecepatan 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s

Pada gambar 7 tersebut dapat diketahui bahwa koefisien *lift* semakin bertambah dengan meningkatnya kecepatan aliran udara. Pada *body city car* dengan dengan kecepatan 10 m/s didapatkan nilai koefisien *lift* sebesar -0,01400042; kecepatan 20 m/s didapatkan nilai koefisien *lift* sebesar -0,003800424; dan pada kecepatan 30 m/s didapatkan nilai koefisien *lift* sebesar -0.001093445.



Gambar 7. *Pressure contour* pada kecepatan (a) 10 m/s, (b) 20 m/s, dan (c) 30 m/s

Koefisien *lift* adalah parameter aerodinamis yang menunjukan seberapa besar gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu benda akibat perbedaan tekanan antara bagian atas dan bawahnya. Pada gambar 8 berdasarkan hasil simulasi, terlihat bahwa tekanan dibagian atas kendaraan lebih rendah dibandingkan dengan tekanan dibagian bawahnya. Warna biru pada kendaraan menunjukan area dengan tekanan rendah, sedangkan warna hijau hingga merah menunjukkan area dengan tekanan lebih tinggi. Pada kecepatan 10 m/s tekanan masih relatif seimbang, sehingga gaya angkat yang dihasilkan tidak terlalu besar, sedangkan pada kecepatan 20 m/s dan 30 m/s tekanan negatif dibagian atas kendaraan semakin meningkat, menyebabkan peningkatan gaya angkat yang lebih signifikan.

Koefisien *lift* yang terlalu besar bisa mengakibatkan roda kendaraan kehilangan kontak optimal dengan jalan yang menyebabkan berkurangnya kontrol dan traksi, terutama pada bagian depan atau belakang kendaraan. Oleh karena itu, penambahan spoiler mampu menjadi solusi untuk pengurangan koefisien lift.

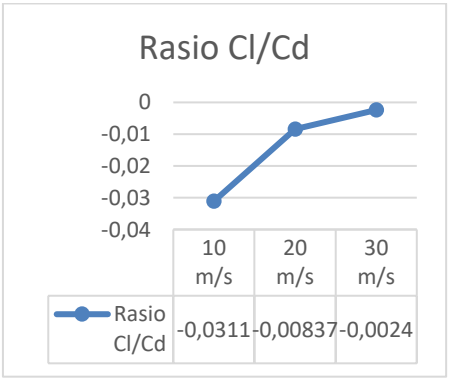
5. Analisis Rasio antara Koefisien *lift* dan Koefisien *Drag*

Rasio antara koefisien *lift* dan koefisien *drag* menunjukan efesiensi aerodinamis dari desain kendaraan. Rasio ini menunjukan perbandingan nilai dari koefisien *lift* dan koefisien *drag* (Cl/Cd) pada kendaraan saat bergerak melalui udara. Data tersebut dimuat

dalam Tabel yang menunjukan hasil nilai rasio koefisien *lift* dan koefisien *drag* pada variasi kecepatan 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s dan data tersebut divisualisasikan ke dalam grafik pada gambar.

Tabel 3. rasio antara koefisien *lift* dan koefisien *drag*

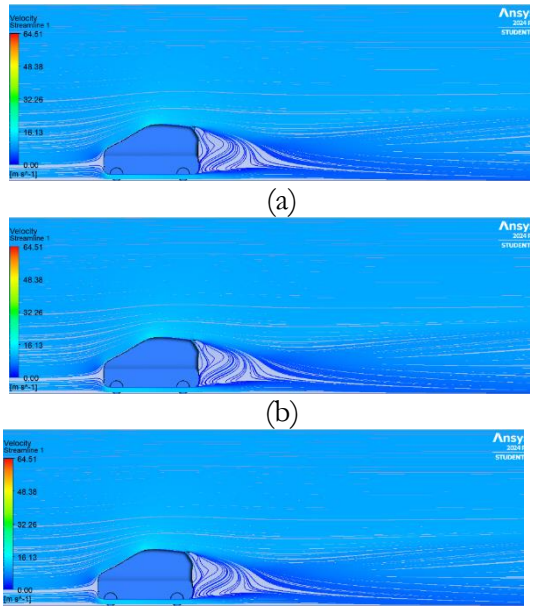
No	Kecepatan Aliran Udara (m/s)	Cl	Cd	Cl/Cd
1	10	-0,01400042	0,4502066	-0,03109776
2	20	-0,003800424	0,454169	-0,008367863
3	30	-0,001093445	0,4563737	-0,002395942



Gambar 8. Grafik rasio Cl/Cd pada kecepatan 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s

Berdasarkan tabel dan grafik yang diperoleh rasio Cl/Cd bernilai negatif pada seluruh rentang kecepatan, yang berarti gaya angkat yang dihasilkan memiliki arah kebawah (*downforce*). Pada *body city car* dengan kecepatan 10 m/s didapatkan nilai rasio Cl/Cd sebesar -0,03109776; kecepatan 20 m/s didapatkan nilai rasio Cl/Cd sebesar -0,008367863; dan kecepatan 30 m/s didapatkan nilai rasio Cl/Cd sebesar -0,002395942. Rasio koefisien *lift* dan koefisien *drag* yang mendekati nol menunjukkan bahwa *city car* lebih didominasi oleh gaya hambat dibandingkan gaya angkat, yang sesuai dengan karakteristik *city car* yang lebih mengutamakan efesiensi bahan bakar dan kestabilan kendaraan.

6. Analisis *Velocity Streamline*



(a) (b) (c)

Gambar 9. *Velocity Streamline* pada kecepatan (a) 10 m/s, (b) 20 m/s, dan (c) 30 m/s

Pada gambar 10 menunjukkan *velocity streamline* pada *body city car* dengan kecepatan aliran udara 10 m/s, 20 m/s, dan 30 m/s. Gambar tersebut menunjukan pada bagian belakang *body* kendaraan terjadi fenomena separasi aliran yang membentuk area aliran turbulen yang menghasilkan daerah *wake* dan juga menghasilkan pusaran (*vortex*) pada bagian belakang *body city car*.

Seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran udara, ukuran *wake* dan udara semakin besar dan lebih kompleks. Hal ini disebabkan oleh peningkatan koefisien *drag* yang dihasilkan seperti pada tabel. Namun, meskipun terdapat spoiler daerah *wake* dan *vortex* tetap muncul dengan ukuran yang bervariasi tergantung pada kecepatan aliran udara.

Pada kecepatan 10 m/s, *wake* yang terbentuk dibelakang kendaraan masih relatif kecil dan pusaran udara mulai muncul tetapi dalam skala kecil dan masih cukup terkendali. Ketika kecepatan udara meningkat menjadi 20 m/s, ukuran *wake* dibelakang kendaraan menjadi lebih besar, menunjukan bahwa separasi aliran semakin domain dan pusaran udara yang terbentuk juga menjadi lebih jelas dan lebih luas. Pada kecepatan tertinggi yaitu 30 m/s, *wake* yang terbentuk menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan dua kondisi sebelumnya, tetapi pada kecepatan ini pusaran pada bagian kendaraan sudah tidak terlihat. Oleh karena itu, semakin meningkat kecepatan aliran udara semakin besar potensi pemisahan aliran dibelakang kendaraan yang memperbesar *wake* dan *vortex* (Anam, A. C, 2016).

PEMBAHASAN

Koefisien *drag* merupakan parameter aerodinamis yang penting dalam desain kendaraan, dimana semakin semakin kecil nilai koefisien *drag* berarti lebih sedikit hambatan udara terhadap *body* kendaraan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada desain *body city car* dengan penambahan spoiler belakang didapatkan nilai koefisien *drag* yang meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran udara. Peningkatan nilai koefisien *drag* ini disebabkan oleh fenomena separasi aliran yang membentuk daerah wake dibelakang kendaraan, dengan wake yang semakin luas pada kecepatan yang lebih tinggi. Menurut Wirawan et al., (2022), body kendaraan dengan koefisien drag yang kecil dikategorikan sebagai bentuk yang aerodinamis karena memiliki bentuk streamline yang sejalan dengan aliran udara disekitarnya. Dengan demikian, kendaraan dapat melaju lebih cepat dengan konsumsi tenaga yang lebih efesien, sehingga penggunaan bahan bakar menjadi lebih hemat.

Sedangkan nilai koefisien *lift* pada desain *body city car* dengan penambahan spoiler belakang mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran udara. Menurut Sianipar et al., (2021), perbedaaan tekanan pada kendaraan terjadi karena udara dibagian atas mengalir lebih cepat dibandingkan dengan bagian bawah Berdasarkan hasil simulasi yang telah didapatkan, terlihat bahwa tekanan dibagian atas kendaraan lebih rendah dibandingkan dengan tekanan dibagian bawahnya.

Rasio antara koefisien *lift* dan koefisien *drag* bernilai negatif pada seluruh rentang kecepatan, yang berarti gaya angkat yang dihasilkan memiliki arah kebawah (*downforce*). Rasio antara koefisien *lift* dan koefisien *drag* yag mendekati nilai nol menunjukkan bahwa *city car* lebih didominasi oleh gaya hambat dibandingkan gaya angkat, yang sesuai dengan karakteristik city car yang lebih mengutamakan efesiensi bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa desain body city car sangat aerodinamis karena menurut Zhang et al., (2022), efesiensi aerodinamis kendaraan akan meningkat seiring dengan bertambahnya rasio Cl/Cd.

Velocity streamline merupakan gambaran pola aliran udara disekitar objek. Pada pola aliran udara desain body city car dengan penambahan spoiler belakang menunjukan pada bagian belakang body kendaraan terjadi fenomena separasi aliran yang membentuk area aliran turbulen yang menghasilkan daerah wake dan juga menghasilkan pusaran (vortex). Seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran udara ukuran wake dan pusaran semakin lebih besar dan kompleks, hal ini disebabkan oleh peningkatan koefisien drag. Menurut Rina et al., (2023), wake yang lebih kecil menghasilkan gaya drag yang lebih rendah. Semakin kecil

koefisien drag pada kendaraan, semakin aerodinamis desain kendaraan tersebut. Kondisi ini berkontribusi pada efisiensi bahan bakar yang lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian , dapat disimpulkan bahwa desain *body city car* memiliki koefisien *drag* yang meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan aliran udara. Dengan nilai koefisien *drag* 0,4502066 pada kecepatan 10 m/s, 0,454169 pada 20 m/s, dan 0,4563737 pada kecepatan 30 m/s. Peningkatan ini terjadi karena separasi aliran yang membetuk daerah *wake* semakin luas seiring dengan meningkatnya kecepatan aliran udara. Namun penelitian ini telah membuktikan bahwa spoiler mampu membantu mengurangi nilai koefisien drag yang mana pada penelitian sebelumnya nilai koefisien drag pada kecepatan 10 m/s didapatkan nilai 0,599, kecepatan 20 m/s didapatkan nilai 0,594, dan pada kecepatan 30 m/s didapatkan nilai 0,591. Selanjutnya, nilai koefisien lift meningkat dari -0,01400042 pada kecepatan 10 m/s, -0,003800424 pada kecepatan 20 m/s, dan -0,001093445 pada kecepatan 30 m/s, yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antara permukaan atas dan bawah *body* kendaraan yang menghasilkan gaya angkat. Dengan meningkatnya kecepatan udara, rasio Cl/Cd yang mendekati nilai nol menunjukan bahwa *city car* lebih didominasi oleh gaya hambat dibandingkan gaya angkat, yang sesuai dengan karakteristik *city car* yang lebih mengutamakan efesiensi bahan bakar dan kestabilan udara, dengan nilai -0,03109776 pada kecepatan 10 m/s, -0,008367863 pada kecepatan 20 m/s, dan -0,002395942 pada kecepatan 30 m/s. Pada kecepatan paling rendah, *velocity streamline* menunjukan aliran turbulen dibelakang *body* kendaraan menghasilkan area *wake* yang relatif kecil dan pusaran (*vortex*) yang masih kecil. Namun seiring dengan bertambahnya kecepatan aliran udara ukuran *wake* yang terbentuk menjadi jauh lebih besar, yang membuat nilai koefisien *drag* meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Aerodinamika, A., Fajri, A. . . (m, & Teknologi, H. J. K. (2014). *Analisa Aerodinamika Airfoil Naca 0012 Dengan Ansys Fluent*. *10*(2), 83. https://doi.org/10.52447/jktm.v1i1.332

Anam, A. C. (2016). Pengaruh Pengurangan Frontal Area Untuk Mengurangi Gaya Drag Pada Bodi Mobil Nogogeni Dengan Metode Simulasi Numerik (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). repository.its.ac.id

Hidayati, N. A., Setiaji, F., Yaqin, M., Ulfa, D. M., & Choiron, M. A. (2018). Analisis aerodinamis pada variasi bentuk ekor desain bodi mobil hemat energi. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, *10*(2), 66–70. http://ojs.unud.ac.id/index.php/jem

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

Piechna, J. (2021). A review of active aerodynamic systems for road vehicles. *Energies*, *14*(23). https://doi.org/10.3390/en14237887

Putra, R. P., Yuvenda, D., Setiyo, M., Andrizal, & Martias. (2022). Body City Car Design of Two Passengers Capacity: A Numerical Simulation Study. *Automotive Experiences*, *5*(2), 163–172. https://doi.org/10.31603/ae.6304

Rahman, A., Farid, A., & Suriansyah, S. (2014). Pengaruh Penggunaan Spoiler pada Model Kendaraan Sedan terhadap Tekanan Hisap dalam Terowongan Angin. *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, *6*(1), 220806.

Rina, Fardinal, Putra, R. K., Yetri, Y., & Aulia, A. P. (2023). Aerodynamic Analysis of The "Marapi Evo 1" Car Prototype Using CFD Software. JOURNAL OF DYNAMICS (International Journal of Dynamics in Engineering and Sciences), 8(2), 60–65. https://doi.org/10.22216/jod

Sianipar, R. M. B., Hiendro, A., & Wicaksono, R. A. (2021). Simulasi Aerodinamika Bodi Mobil Listrik Fakultas Teknik Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). 18 JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin, 2(2), 135–141.

Wandani, F. P., Siti, M., Yamamoto, M., & Yoshida, Y. (2018). Spatial econometric analysis of automobile and motorcycle traffic on Indonesian national roads and its socio-economic determinants: Is it local or beyond city boundaries? *IATSS Research*, *42*(2), 76–85. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2017.07.001

Wibowo, B. S., Harefa, J. S., & Abdi, M. Z. (2022). Analisis Aerodinamika Kendaraan Tipe Prototype Tim Riset Hemat Energi Teknik Mesin UBB. *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, *1*(05), 880–885. https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet

Winoko, Y. A., Arifin, I. N., & Ro'isatin, U. A. (2019). Analysis of the mixture fuels to the performance of diesel engine. *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, *4*(2), 83-90. https://doi.org/10.22219/jemmme.v4i2.10221

Wirawan, Yudhyadi, & A. (2016). Jenis Kendaraan Dan Nilai Coefficient of Drag. Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents, 5–20.

Zhang, Z., Wang, Q., Song, S., Zhang, C., Ren, L., & Zhang, Y. (2022). Joint Research on Aerodynamic Characteristics and Handling Stability of Racing Car under Different Body Attitudes. Energies, 15(1), 1–29. https://doi.org/10.3390/en15010393

Zhao, J., Xi, X., Na, Q., Wang, S., Kadry, S. N., & Kumar, P. M. (2021). The Technological Innovation of Hybrid and Plug-in Electric Vehicles for Environment Carbon Pollution Control. Environmental Impact Assessment Review, 86, 106506. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.10650