

The Effect of Body Kit on Aerodynamics of the Rear Part of the Daihatsu Granmax Minibus

[Pengaruh Bodykit Terhadap Aerodinamika pada Mobil Minibus Daihatsu Grand Max Bagian Belakang]

Ifan Nur Fauzi ¹⁾, Ali Akbar ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: aliakbar@umsida.ac.id

Abstract. . Vehicle aerodynamics is a form of airflow movement that influences or causes force on an object when moving at a certain speed. The development of technology makes it possible to conduct research on aerodynamic forces on various types of vehicles efficiently and without the need for large expenditures. This research can be realized by using CFD (Computational fluid dynamics) software. CFD is a system analysis that includes heat transfer, fluid flow, and chemical reaction phenomena. CFD is used to simulate the interaction of fluids with object surfaces, predicting flow patterns, pressure, speed, temperature, and other parameters. This article will discuss the effect of the drag coefficient (CD) and lift coefficient (CL) on a non-modified and modified Daihatsu Granmax minibus with different speed parameters in order to compare the differences between the non-modified and modified designs. This car design uses Solidwork 2020 software and for this simulation uses Solidwork flow simulation with the size of the simulation parameters made as similar as possible to the original.

Keywords – Aerodinamika, Coefficient Drag, coefficient Lift, Solidwork, CFD

Abstrak. Aerodinamika kendaraan merupakan bentuk pergerakan aliran udara yang memberi pengaruh atau menyebabkan gaya kepada benda saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Semakin berkembangnya teknologi memungkinkan untuk melakukan penelitian gaya-gaya aerodinamika pada berbagai macam kendaraan dengan efisien dan tanpa perlu mengeluarkan dana yang besar. Penelitian tersebut dapat terealisasikan dengan menggunakan *software* CFD (Computational fluid dynamic). CFD, adalah analisis sistem mencakup perpindahan panas, aliran fluida, dan fenomena reaksi kimia. CFD digunakan untuk mensimulasikan interaksi fluida dengan permukaan benda, memprediksi pola aliran, tekanan, kecepatan, suhu, dan parameter lainnya. Pada artikel ini akan membahas pengaruh *coefficient drag*(CD) dan *coefficient lift*(CL) pada mobil minibus Daihatsu Granmax nonmodifikasi dan modifikasi dengan parameter kecepatan yang berbeda guna untuk membandingkan berapa selisih dari desain nonmodifikasi dan modifikasi. Desain mobil ini menggunakan *software* Solidwork 2020 dan untuk simulasi ini menggunakan Solidwork *flow simulation* dengan ukuran parameter simulasi dibuat semirip mungkin dengan aslinya.

Kata Kunci – Aerodinamika, koefisiensi drag, koefisiensi lift, Solidwork, CFD

I. PENDAHULUAN

Secara umum, zat terdiri dari tiga fasa: fasa padat (solid), fasa cair (liquid), dan fasa gas (juga terjadi pada temperatur tinggi). Bentuk zat cenderung berubah karena kemampuan zat untuk menahan tegangan geser (shear stress) atau tangensial yang digunakan untuk membedakan zat padat dari cairan[1]. Zat padat dapat menahan tegangan geser (shear stress) yang diterapkan dengan cara berdeformasi, sedangkan cairan mengalami deformasi secara terus menerus di bawah pengaruh tegangan geser dengan nilai sekecil apapun[2]. Jika zat padat diberikan gaya geser (shear force) yang konstan, zat padat akan berhenti berubah di beberapa sudut regangan yang tetap. Di sisi lain, tegangan cairan sebanding dengan laju keregangan (strain rate).[3]

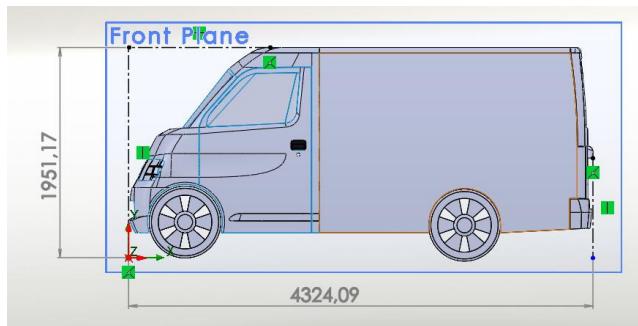
Suatu benda yang bergerak didalam suatu media fluida atau sebaliknya, akan mengalami gaya-gaya yang bekerja. Gaya aerodinamika terjadi ketika benda berada dalam fluida yang bergerak (atau sebaliknya dalam fluida yang diam). Selain dipengaruhi oleh interaksi antara kendaraan dengan jalan dan tanah, kendaraan bermotor juga mengalami gaya aerodinamis saat bodi bertabrakan dengan udara[4]. Gaya aerodinamis disebabkan oleh dua faktor utama. Pertama, tekanan didistribusikan pada permukaan bodi kendaraan dalam arah normal kedua, tegangan geser didistribusikan pada permukaan bodi kendaraan[5]. Gaya angkat aerodinamis (lift force) dan gaya hambat aerodinamis (drag force) muncul ketika distribusi tekanan dan tegangan ini diintegrasikan. [6]

Aerodinamika merupakan salah satu cabang ilmu dinamika yang berhubungan dengan udara. Aerodinamika, atau ilmu gaya gerak, adalah ilmu yang mempelajari bagaimana suatu benda bergerak di udara. Istilah ini berasal dari kata Yunani "air", yang berarti udara, dan "dinamika", yang berarti gaya gerak[7]. Ilmu gaya gerak udara adalah evolusi dari ilmu gaya gerak air atau hidrodinamika. Ilmu gaya gerak udara terkait dengan beberapa ilmu lainnya, seperti ilmu alam (fisika), ilmu pasti (matematika), ilmu gaya (mekanika), dan ilmu cuaca (meteorologi), yang memberikan definisi dasar tentang udara yang diam, khususnya tentang perubahan yang terjadi pada udara ketika ketinggiannya meningkat[8], [9]. Studi tentang gaya-gaya yang dihasilkan oleh udara aerodinamika adalah ilmu cabang dari fisika yang mempelajari tentang sifat benda karena adanya pengaruh aliran udara (angin). Adapun faktor yang menjadi pengaruh aerodinamika yaitu temperatur (suhu udara), tekanan udara, kecepatan udara dan kerapatan udara serta yang perlu sangat di perhatikan adalah bagian bodi pada mobil.[10]

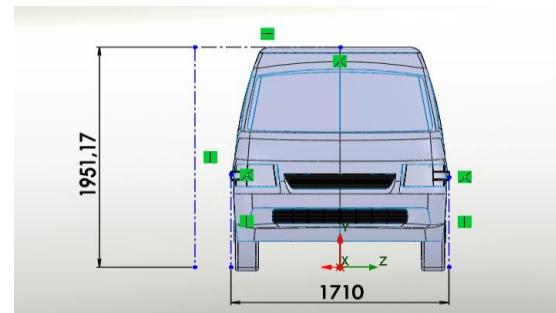
II. METODE

A. Desain Penelitian

Desain ini merupakan salah satu faktor utama yang menunjang keberhasilan eksperimen. Objek penelitian berupa desain gambar Mobil Daihatsu Gran Max nonmodifikasi dan modifikasi dengan ukuran yang disesuaikan dengan aslinya. Objek penelitian dirancang agar dapat diperoleh hasil akhir yang diinginkan dan nantinya dapat berguna untuk penelitian selanjutnya Berikut desain dan ukurannya dimensinya pada gambar 2A dan 2B

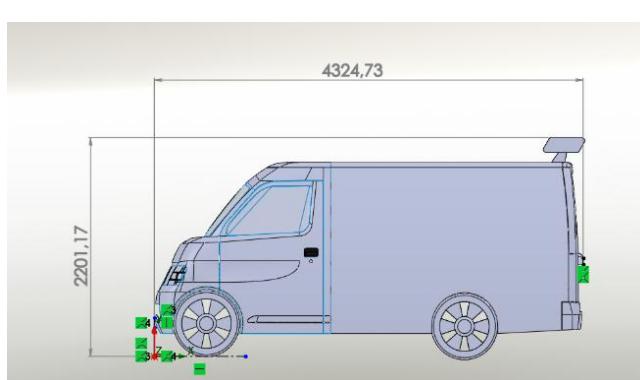


Gambar 2A Bodi nonmodifikasi samping

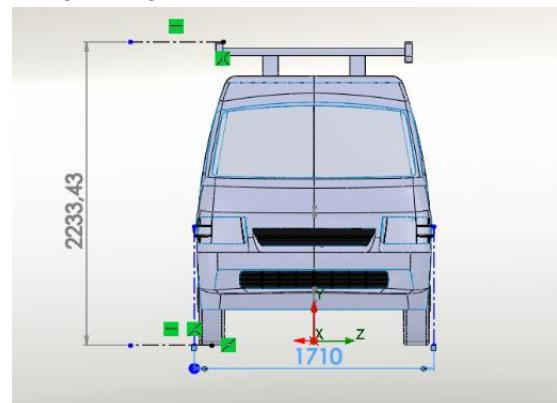


Gambar 2B Bodi nonmodifikasi depan

Pada gambar di atas mobil disesuaikan dengan ukuran asli mobil, agar bisa didapat hasil yang seakurat mungkin dalam simulasi flow simulation. Untuk gambar di bawah akan ada ukuran dari bodi modifikasi bagian belakang, yang dimana ada tambahan spoiler untuk bahan perbandingan dalam simulasi agar hasil bisa diperoleh untuk di teliti lebih lanjut. Berikut adalah gambar ukuran mobil modifikasi pada gambar 3A dan 3B

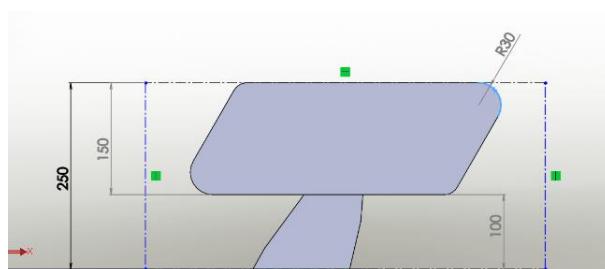


Gambar 3A Bodi modifikasi samping



Gambar 3B Bodi modifikasi depan

Penambahan spoiler bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tambahan atau pengurangan dari nilai CD dan CL. Adapun ukuran dari spoiler di tunjukkan dengan gambar 4A dan 4B dibawah ini.



Gambar 4A Spoiler samping



Gambar 4B Spoiler depan

B. Pengolahan Data

Untuk mencapai hasil yang diinginkan, perhitungan menggunakan rumus yang sesuai harus dilakukan dengan benar. Berikut rumus yang digunakan pada penelitian ini:

- Rumus mencari *Coefficient Drag*(CD)

Berbagai data sudah diperoleh melalui hasil simulasi menggunakan *flow simulation*, oleh karena itu cukup memasukkan nilai kedalam rumus sebagai berikut.

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho v^2 A}$$

Dimana:

C_d = koefisien *drag*

F_d = Gaya tekan pada mobil (N)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

v^2 = Kecepatan (m/s)

A = Luasan frontal area (m^2)

- Rumus mencari *Coefficient Lift*(CL)

Untuk mencari koefisien lift menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_L = \frac{2F_L}{\rho v^2 A}$$

C_L = Koefisien *lift*

F_L = Gaya angkat pada mobil (N)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

v^2 = Kecepatan (m/s)

A = Luasan frontal area (m^2)

C. Pemilihan Satuan Unit pada Simulasi *Flow Simulation*

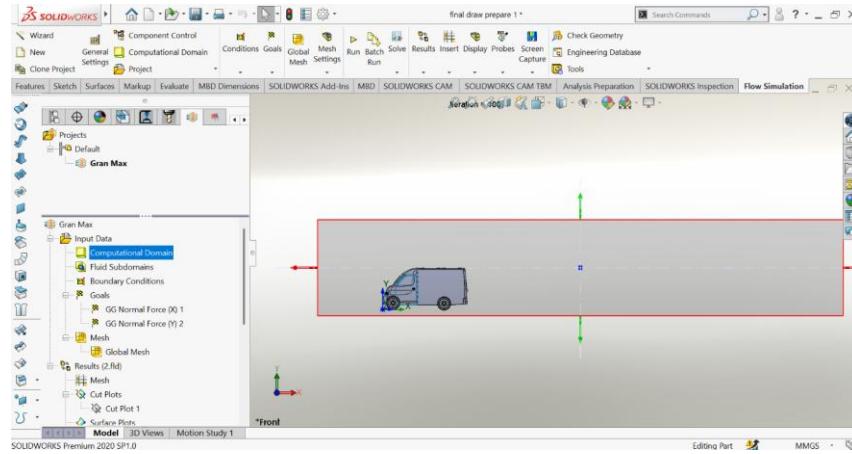
Setelah proses pemodelan bodi 3D selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengatur gambar pada simulasi *flow simulation* dengan memasukkan dan memilih beberapa unit satuan agar simulasi bisa di jalankan. Pada pemilihan unit satuan ini harus sesuai mungkin dengan kondisi alam di Indonesia agar bisa diperoleh hasil yang akurat. Berikut beberapa unit satuan yang digunakan pada simulasi.

NO	Preprocessing Data	
1	Pengaturan Sistem Unit	SI ($\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}$)
2	Tipe Analisis	Luar
3	Aliran Dasar	Air (udara)
4	Kondisi Awal dan Sekitar	<ul style="list-style-type: none"> Tekanan : 101325.44 Pa Temperatur : 30°C
5	Variasi Kecepatan	<ul style="list-style-type: none"> 13.888889 m/s (50 km/h) 20.833333 m/s (75 km/h) 27.777778 m/s (100 km/h) 34.722222 m/s (125 km/h)

Tabel 1. Pengaturan Unit Satuan

D. Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

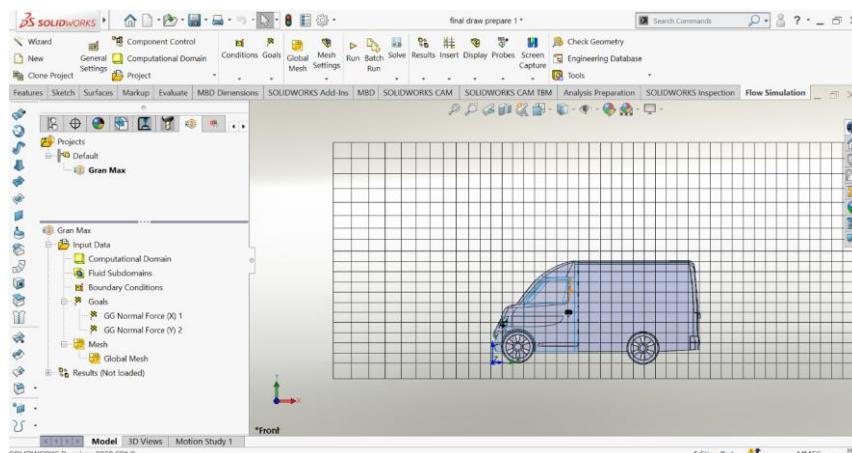
Boundary Condition merupakan serangkaian definisi yang menentukan bagaimana fluida (cairan atau gas) berperilaku pada batas-batas domain komputasi yang dibuat. Dimana pada *flow simulation* cukup mengatur berapa ukuran atau dimensi sesuai dengan kebutuhan simulasi.



Gambar 5 *Boundary Condition*

E. Proses Meshing

Proses mesh merupakan perhitungan numerik dalam simulasi aerodinamika (CFD/Computational Fluid Dynamics), domain fluida di sekitar objek dibagi menjadi sel-sel kecil[11]. Ini adalah langkah penting yang menentukan efisiensi dan akurasi simulasi. Pada *flow simulation* ini pengaturan *meshing* menggunakan proses otomatis/default dari sistem.



Gambar 6 Proses Meshing

F. Penyelesaian (*Post Processing*)

Proses perhitungan ini akan terulang pada setiap elemen yang dihasilkan secara otomatis dan akan berhenti jika hasilnya sudah sama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi *Coefficient Drag*

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, rasio drag merupakan komponen penting dalam desain aerodinamika[12]. Semakin kecil nilai coefficient of drag nya maka akan semakin kecil gaya hambat yang terjadi pada mobil. Setelah mengetahui tentang rumus yang digunakan, pada simulasi ini menggunakan empat kecepatan yang berbeda yaitu 50 km/h, 75 km/h, 100 km/h 125 km/h. Kecepatan yang berbeda bertujuan untuk membandingkan seberapa besar perubahan nilai *coefficient drag* yang terjadi pada masing-masing desain mobil. Sebelum hasil dari *coefficient drag* dibawah besar hambatan(DF) yang terjadi pada mobil nonmodifikasi dan modifikasi.

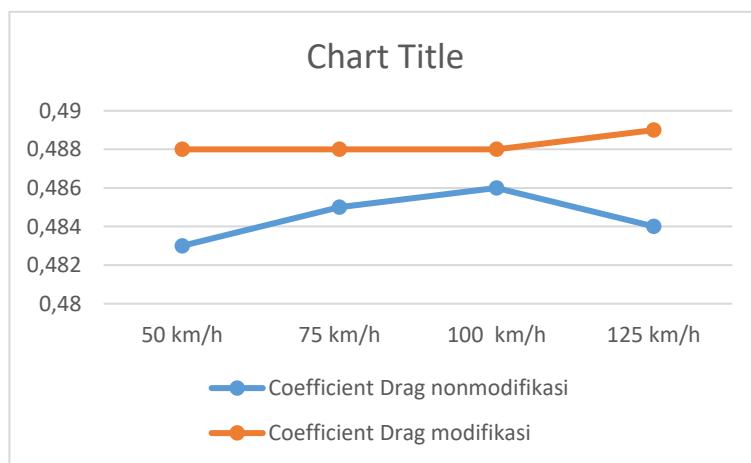
No	Kecepatan	<i>Drag Force</i> nonmodifikasi	<i>Drag Force</i> modifikasi
1	50 km/h	198.888	200.776
2	75 km/h	449.025	449.980
3	100 km/h	800.845	803.945
4	125 km/h	1244.552	1258.787

Tabel 2 Grafik Drag Force Nonmodifikasi
dan modifikasi

Pada tabel di atas terlihat nilai drag force pada bodi modifikasi lebih besar dari nonmodifikasi karena adanya spoiler yang membuat gaya hambat terjadi lebih besar. Jika daya hambat lebih besar maka kinerja mobil menjadi lebih berat dan ini bisa berdampak pada efisiensi kendaraan dan bahan bakar. Dibawah tabel dan grafik hasil dari perhitungan untuk mencari koefisiensi *drag* pada kedua desain.

No	Kecepatan	Coefficient <i>Drag</i> nonmodifikasi	Coefficient <i>Drag</i> modifikasi
1	50 km/h	0,483	0,488
2	75 km/h	0,485	0,488
3	100 km/h	0,486	0,488
4	125 km/h	0,484	0,489

Tabel 3 Grafik koefisiensi *drag* nonmodifikasi
dan modifikasi



Gambar 7 Tabel koefisiensi *drag* nonmodifikasi dan
modifikasi

Pada kedua tabel tersebut dapat dilihat ada perbedaan nilai dari CD antara nonmodifikasi dan modifikasi. Pada desain nonmodifikasi terjadi peningkatan pada kecepatan 75 km/h, 100 km/h, dan kemudian menurun pada kecepatan 125 km/h. Pada desain modifikasi memiliki nilai CD lebih besar daripada nonmodifikasi dan hanya terdapat peningkatan pada kecepatan 125 km/h. Data tersebut menjelaskan bahwa penambahan spoiler hanya akan membuat hambatan yang terjadi pada mobil semakin bertambah, dan akan mengurangi performa kendaraan. Maka penambahan spoiler hanya akan membuat kinerja mobil makin berat. Perlambatan partikel fluida disebabkan oleh aliran udara melewati bodi mobil. Hal ini akan menghasilkan fenomena yang dikenal sebagai separasi aliran fluida.

B. Hasil Simulasi *Coefficient Lift*

Coefficient Lift (CL) adalah besaran tak berdimensi dalam aerodinamika yang mengukur efisiensi suatu benda (seperti sayap, mobil, atau airfoil) dalam menghasilkan gaya angkat (lift) ketika fluida (seperti udara) mengalir di sekitarnya[13]. Semakin besar nilai *lift* pada kendaraan maka semakin mungkin kendaraan tersebut bisa terangkat ke udara. Sebelum hasil dari *coefficient lift* dibawah besar gaya angkat(LF) yang terjadi pada mobil nonmodifikasi dan modifikasi.

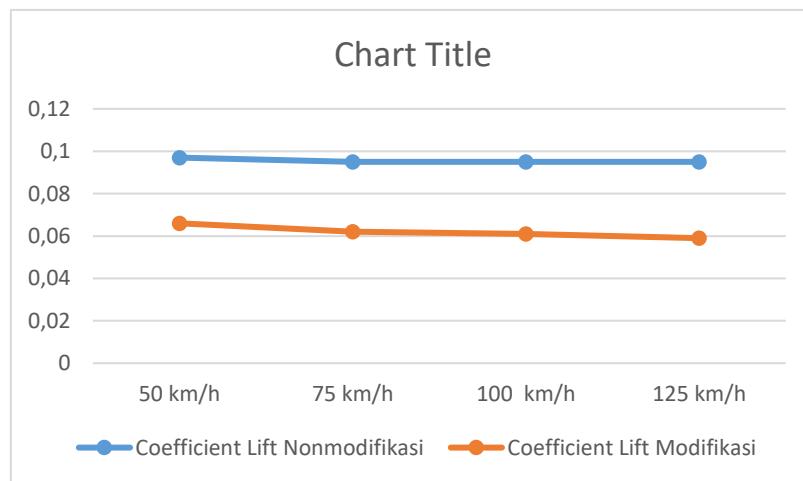
No	Kecepatan	Lift Force nonmodifikasi	Lift Force modifikasi
1	50 km/h	39.813	27.160
2	75 km/h	88.238	56.316
3	100 km/h	155.757	100.089
4	125 km/h	243.576	151.317

Tabel 4 Grafik *lift force* nonmodifikasi dan modifikasi

Pada tabel diatas bodi modifikasi memiliki nilai lebih kecil dibandingkan nonmodifikasi, hal ini dikarenakan pada spoiler terjadi gaya menekan kebawah menyebabkan mobil memiliki gaya angkat yang lebih kecil. Jika gaya angkat kecil maka akan terjadi hambatan yang lebih besar pada ban mobil saat mobil berjalan. Pada tabel di bawah akan dijelaskan hasil perhitungan dari *coefficient lift* mobil.

No	Kecepatan	<i>Coefficient Lift</i> Nonmodifikasi	<i>Coefficient Lift</i> Modifikasi
1	50 km/h	0,097	0,066
2	75 km/h	0,095	0,062
3	100 km/h	0,095	0,061
4	125 km/h	0,095	0,059

Tabel 5 Grafik *Coefficient Lift* nonmodifikasi dan modifikasi



Gambar 8 Tabel koefisiensi *lift* nonmodifikasi dan modifikasi

Pada data tabel di atas dapat dilihat ada perbedaan nilai CL pada desain nonmodifikasi dan modifikasi, dimana desain nonmodifikasi memiliki nilai yang lebih tinggi daripada desain modifikasi. Pada nonmodifikasi terdapat penurunan nilai pada kecepatan 75 km/h, 100 km/h, dan 125 km/h. Desain modifikasi juga mengalami penurunan nilai pada setiap penambahan kecepatan kendaraan. Desain nonmodifikasi memiliki gaya angkat yang lebih tinggi dari modifikasi hal ini sangat menguntungkan karena gaya angkat akan mengurangi hambatan pada jalan. Sedangkan pada modifikasi terdapat spoiler yang membuat mobil menjadi lebih menekan kebawah dan akan membuat gesekan dengan jalan menjadi lebih besar.

C. Distribusi Kecepatan Pada Bodi Nonmodifikasi

Aliran udara yang melewati bodi mobil akan mengakibatkan terjadinya gradien kecepatan antara bagian depan mobil dan bagian belakang mobil, sehingga partikel fluida akan mengalami perlambatan[14]. Hal ini akan menyebabkan terjadinya fenomena separasi aliran fluida. Pada gambar di bawah akan memperlihatkan bagaimana pengaruh aliran udara pada bodi mobil nonmodifikasi.

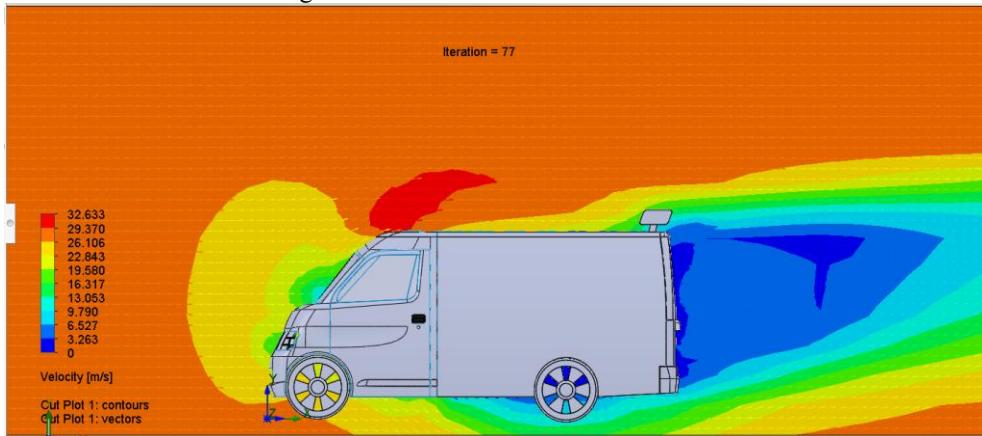


Gambar 9 Distribusi Kecepatan pada Nonmodifikasi

Seperti terlihat pada gambar di atas, kecepatan aliran udara pada bagian belakang mengalami penurunan yang signifikan dan terjadi turbulensi/*air wake*, dimana ini adalah area berantakan, berputar-putar, dan bertekanan rendah yang terbentuk tepat di belakang kendaraan yang sedang bergerak. Pada area itu hambatan dapat membentuk tarikan/hambatan yang terjadi pada mobil, hal inilah yang membuat mobil membutuhkan tenaga yang besar supaya kecepatan bisa tetap stabil[15].

D. Distribusi Kecepatan Pada Bodi Modifikasi

Pada gambar di bawah ini terdapat perbedaan aliran udara yang cukup signifikan pada bagian belakang mobil, dimana terdapatnya spoiler pada bagian belakang membuat mobil dapat memecah udara yang terjadi, dan kecepatan udara menuju lebih ke atas daripada bodi nonmodifikasi. Aliran udara bagian belakang juga menjadi lebih besar daripada desain nonmodifikasi. Berikut gambar bodi mobil modifikasi.



Gambar 10 Distribusi Kecepatan pada Bodi Modifikasi

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa koefisiensi drag pada bagian belakang mobil nonmodifikasi saat kecepatan 75 km/h, 100 km/h mengalami peningkatan tetapi pada kecepatan 125 km/h terjadi penurunan. Sedangkan nilai koefisiensi drag pada bodi mobil modifikasi pada kecepatan 75 km/h dan 100 km/h tidak mengalami perubahan tetapi saat kecepatan 125 km/h terjadi peningkatan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa desain modifikasi memiliki gaya hambat yang besar, hal ini akan berdampak pada performa mobil. Oleh karena itu untuk mencari performa mobil yang aerodinamis pada kendaraan tipe minibus seperti ini sangat tidak dianjurkan menambah variasi spoiler.

Sedangkan nilai dari koefisiensi *lift* terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara bodi nonmodifikasi dan modifikasi. Dimana pada nonmodifikasi memiliki nilai yang lebih besar daripada modifikasi. Nilai dari bodi nonmodifikasi mengalami penurunan yang sama pada kecepatan 75 km/h, 100 km/h, dan 125 km/h. Sedangkan pada bodi modifikasi terdapat variasi penurunan pada kecepatan 75 km/h, 100 km/h, 125 km/h. Pada desain modifikasi akan terjadi hambatan pada jalan yang lebih besar dikarenakan ada penurunan nilai CL dari nonmodifikasi, hal ini akan berpengaruh pada performa kendaraan. Spoiler adalah sesuatu yang bagus jika digunakan pada kendaraan cepat seperti di *Formula One*, karena adanya spoiler dapat menekan mobil kebawah agar mobil tidak terangkat ke atas.

Aliran udara yang melewati bodi mobil akan membentuk fenomena separasi dan *wake*, dimana jika daerah separasi dan *wake* semakin lebar maka nilai pressure drag juga membesar. Hal ini dapat dilihat pada gambar distribusi kecepatan dimana bagian belakang membentuk aliran udara yang berputar di sekitar bodi belakang mobil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta karunianya, sehingga akhirnya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini tepat waktunya. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh teman-teman yang sudah membantu saya dalam membuat desain serta mengajari tentang simulasi yang saya gunakan pada penelitian ini.

Referensi

- [1] F. Imaduddien Yusuf and M. S. K Tony Suryo Utomo, “SIMULASI AERODINAMIKA MOBIL HEMAT BAHAN BAKAR ‘ANTAWIRYA’ KONSEP 2 MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD),” 2015.
- [2] & Nurcahyo and Wahyudi, “Rancang Bangun Body Fibercarbon dan Simulasi Aerodinamis dengan Ansys untuk Mobil Hemat Energi Kategori Prototype (1)* Yusuf Eko Nurcahyo, (2) Pongky Lubas Wahyudi,” 2021.
- [3] “TUGAS AKHIR (SKRIPSI).”
- [4] M. M. Lubis, “ANALISIS AERODINAMIKA AIRFOIL NACA 2412 PADA SAYAP PESAWAT MODEL TIPE GLIDER DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE BERBASIS COMPUTATIONAL FLUID DINAMIC UNTUK MEMPEROLEH GAYA ANGKAT MAKSIMUM,” *Jurnal e-Dinamis*, vol. II, no. 2, 2012.
- [5] A. Amir Allah and T. Mulyanto, “ANALISIS AERODINAMIKA UNTUK DESAIN MOBIL LISTRIK JENIS KARGO MINI AERODYNAMIC ANALYSIS FOR THE DESIGN OF A MINI CARGO TYPE ELECTRIC CAR,” vol. 10, no. 1, pp. 33–47, 2025, doi: 10.20527/sjmekinematika.v10i1.365.
- [6] S. Alfian, “ANALISIS CFD PENYEMPURNAAN PENGGUNAAN PENGARAH ANGIN TERHADAP PENGURANGAN GAYA DRAG PADA MOBIL BARANG BAK TERTUTUP,” *Barometer*, vol. 8, no. 1, pp. 42–49, Jan. 2023, doi: 10.35261/barometer.v8i1.7291.
- [7] G. A. Vajra, S. Tobing, and I. Iskandar, “Analisis Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kelas Urban Menggunakan Computational Fluid Dynamics,” 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [8] J. Sam, J. S. B. K. Tony, and S. Utomo, “Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics,” 2017.
- [9] A. Aerodinamika, A. . . (m Fajri, and H. J. K. Teknologi, “ANALISA AERODINAMIKA AIRFOIL NACA 0012 DENGAN ANSYS FLUENT,” 2014.
- [10] “Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi”
- [11] A. D. Haidar and H. Charles, “ANALISIS AERODINAMIKA BODI MOBIL LISTRIKp PROSOE KMHE 2019 MENGGUNAKAN CFD ANSYS Ver 17.”
- [12] B. Gde Didit Citra Anggarana and I. Made Gatot Karohika, “ANALISIS AERODINAMIKA BODI MOBIL DENGAN VARIASI KECEPATAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CFD,” *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, vol. 1, no. 8, pp. 1455–1462, Jul. 2022, doi: 10.54443/sibatik.v1i8.192.
- [13] “ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL.”
- [14] S. Hadinata and M. S. K Tony Suryo Utomo, “SIMULASI AERODINAMIKA MOBIL TOYOTA YARIS MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS FLUENT,” 2016.
- [15] “Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi”

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.