

# Analisis Koefisien *Drag* terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Bus *Normal Deck* dan *Double Decker* Menggunakan Metode CFD

Haris Ilman Fiqih

Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11650, Indonesia

E-mail: harisilmanfiqih0794@gmail.com

Diterima: 31 Januari 2022, disetujui: 25 Mei 2023, diterbitkan *online*: 30 Juni 2023

## Abstrak

Salah satu jenis transportasi darat yang sangat populer di kalangan masyarakat adalah bus. Perusahaan otobus sebagai penyedia mengeluarkan berbagai jenis bus sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan yang mengatur ketentuan baru untuk jenis kendaraan buatan Indonesia. Oleh karena itu, muncul bus baru seperti *high deck*, *super high decker*, dan *double* bus tingkat. Perusahaan cenderung mengeluarkan bus baru dengan desain yang mendukung optimalisasi efisiensi bahan bakar, seperti meluncurkan bodi bus yang lebih ramping untuk mengurangi hambatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk aerodinamis dua model bus (*normal deck* dan *double decker*) terhadap konsumsi bahan bakar. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Solidworks 2013 untuk menghitung dan merancang CFD. Pada simulasi CFD, koefisien *drag* bus *normal deck* mencapai 0.863504 dan pada bus *double decker* mencapai 0.964067. Hasil koefisien *drag* tersebut diubah menjadi usaha perjalanan satu tahun, yaitu bus *normal deck* yang mencapai 660.577.482 kJ/tahun, sedangkan pada bus *double decker* dapat mencapai 972.861.070 kJ/tahun. Setelah memperhitungkan input energi hasil yang dibagi dengan efisiensi mesin yang dikeluarkan, persentase efisiensi konsumsi bahan bakar untuk *normal deck* mencapai 40,44% dan *double decker* mencapai 59,56%. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan kebijakan pemerintah dalam memberikan arahan kepada perusahaan bus dan karoseri agar selalu membuat desain bus dengan mengutamakan bentuk yang ramping untuk mengurangi konsumsi bahan bakar.

**Kata kunci:** CFD, Konsumsi Bahan Bakar, *Normal Deck Bus*, *Double Decker Bus*, Koefisien *Drag*.

## Abstract

**Analysis of Drag Coefficient on Fuel Consumption in Normal Deck and Double Decker Buses Using CFD Method:** One of the highly popular modes of ground transportation among the public is the bus. Bus companies, as providers, release various types of buses in accordance with the regulations stipulated in the Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 55 of 2012 concerning Vehicles, which governs new provisions for Indonesian-made vehicles. Consequently, new bus models have emerged, such as *high deck*, *super high decker*, and *double-decker* buses. Companies tend to introduce new buses with designs that support fuel efficiency optimization, such as launching slimmer bus bodies to reduce aerodynamic drag. This research aimed to investigate the effect of the aerodynamic shapes of two bus models (*normal deck* and *double-decker*) on fuel consumption. The study utilized Solidworks 2013 software to calculate and design Computational Fluid Dynamics (CFD). In the CFD simulation, the drag coefficient for the *normal deck* bus reaches 0.863504, while for the *double-decker* bus, it reaches 0.964067. These drag coefficients are then converted into energy consumption per year, with the *normal deck* bus reaching 660,577,482 kJ/year, and the *double-decker* bus achieving 972,861,070 kJ/year. After considering the input energy results divided by the engine efficiency, the fuel consumption efficiency percentage for the *normal deck* bus reaches 40.44%, while for the *double-decker* bus, it reaches 59.56%. This research can serve as a reference for government policies to guide bus companies and coachbuilders in designing buses with a focus on streamlined shapes to reduce fuel consumption.

**Keywords:** CFD, Fuel Consumption; *Normal Deck Bus*; *Double Decker Bus*; Drag Coefficient.

## 1. Pendahuluan

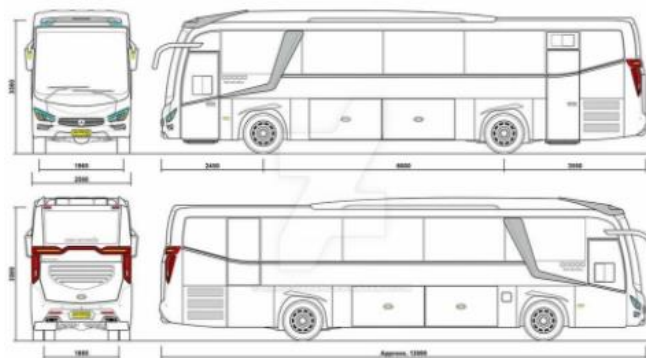
Aerodinamika adalah salah satu ilmu pengetahuan yang mempelajari aliran fluida yang bergerak pada suatu benda. Adapun gaya *drag* merupakan gaya yang ditimbulkan oleh gerakan suatu benda dengan arah yang berlawanan terhadap gerak relatif benda padat dengan fluida [1]-[2]. Bentuk bodi kendaraan yang aerodinamis dapat berpengaruh pada berkurangnya pemakaian bahan bakar dan meminimalisasi gaya-gaya yang menghambat laju kendaraan [3]-[25]. Bodi kendaraan dapat dikatakan aerodinamis apabila gaya hambat (koefisien *drag*) yang dihasilkan rendah. Hal tersebut dapat mengoptimalkan kinerja dan efisiensi mesin sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar.

Salah satu jenis transportasi darat yang sangat populer di kalangan masyarakat adalah bus [31]. Perusahaan Otobus (PO) sebagai operator mengeluarkan berbagai jenis bus sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan yang mengatur ketentuan baru untuk jenis kendaraan buatan Indonesia [32]. Setiap saat bodi kendaraan selalu berubah dan berkembang menyesuaikan perkembangan zaman [33], sehingga bermunculan bus-bus baru seperti bus *High Deck*

(HD), *Super High Decker* (SHD) dan *Double Decker* (DD). Model tipe ini tentunya sudah berubah bentuknya menjadi bentuk yang lebih ramping sehingga memengaruhi gaya *drag* aerodinamis yang dihasilkan saat berkendara. Untuk itu, perusahaan berusaha untuk mengeluarkan bus baru dengan desain yang dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar. Hal tersebut dilakukan dengan cara meluncurkan bentuk bodi bus yang lebih ramping untuk mengurangi *drag* aerodinamis yang dihasilkan [34].

Alasan penelitian ini menggunakan desain bus *normal deck* dan *double decker* adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh bentuk aerodinamis berdasarkan permukaan bus dengan efisiensi bahan bakar yang digunakan. Seriring dengan perkembangan waktu, bus *normal deck* yang merupakan bus generasi pertama dengan ukuran normal/ sedang akan tergantikan oleh bus modern yang lebih memperhatikan desain bodi yang ramping, mesin yang mutakhir, interior yang menarik, dan keunggulan lainnya. Adapun bus *double decker* yang merupakan jenis bus terbaik di kelasnya akan lebih unggul dalam fasilitas interior. Namun, dengan dimensi yang lebih besar akan memengaruhi efisiensi bahan bakar yang digunakan. Perbedaan inilah yang mendorong penulis membuat perhitungan dari bentuk aerodinamisnya. Seiring dengan perkembangan zaman, ekspektasi masyarakat terhadap transportasi semakin meningkat dan perusahaan berlomba-lomba untuk mengeluarkan jenis bus terbaru dengan segala kelebihannya.

Bahan bakar minyak mengalami penurunan jumlah dari tahun ke tahun karena termasuk dalam sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Hal ini disebabkan oleh pertimbangan jumlah cadangan yang kecil sehingga diperlukan banyak cara untuk mengurangi konsumsi bahan bakar [35]-[38]. Oleh karena itu, rencana penghematan bahan bakar sangat penting untuk disuarakan. Seiring dengan perkembangan teknologi, para insinyur berusaha untuk menjaga koefisien hambatan ( $C_d$ ) seminimal mungkin sehingga konsumsi bahan bakar dapat dikurangi [39]. Salah satu cara untuk mengetahui pengaruh profil pada bodi kendaraan adalah dengan melakukan pendekatan komputasional atau dengan menggunakan sistem *Computational Fluid Dynamics* (CFD) [40]. Salah satu *software* pendukung dalam penggunaan CFD adalah Solidworks 2013 [41]-[42].



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 1.** Bus *Normal Deck* (Non-HD)



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 2.** Bus *Double Decker*

Beberapa penelitian terkait dengan simulasi CFD pada kendaraan untuk mengetahui efek aerodinamisnya telah dilakukan, seperti yang dideskripsikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Penelitian Terdahulu (*State of Art*)

No	Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Ljujungskog dkk	2020	<i>Inclusion of the physical wind tunnel in vehicle CFD simulations for improved prediction quality [43].</i>	Terowongan angin fisik dalam simulasi CFD kendaraan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien <i>drag</i> absolut dapat diprediksi dengan akurasi yang sangat baik dengan mensimulasikan mobil di dalam terowongan angina apabila dibandingkan dengan data pengukuran yang tidak dikoreksi. Namun, terlepas dari kesepakatan yang baik untuk <i>drag</i> , prediksi <i>lift</i> tidak memuaskan.
2	Liu, dkk	2021	<i>A fine drag coefficient model for hull shape of underwater vehicles [44].</i>	Metode simulasi komputasi dinamika fluida (CFD)	Penelitian ini memberikan referensi penting untuk mewujudkan desain UV yang cepat dan efisien untuk bentuk hidrodinamik. Model koefisien hambatan yang ditetapkan menunjukkan akurasi yang lebih tinggi daripada model koefisien hambatan tradisional, yaitu model G&J, model VT dan model MIT. Model ini dilakukan dengan membandingkan uji tangki penarik model SUBOFF.
3	Palanivendhan, dkk	2021	<i>Aerodynamic simulation of optimized vortex generators and rear spoiler for performance vehicles [45].</i>	Metode simulasi komputasi dinamika fluida (CFD)	Penempatan jarak tertentu ke hulu dari titik pemisahan aliran, generator <i>vortex</i> memainkan peran dalam mengurangi <i>drag</i> dan <i>lift</i> . Sayap belakang memberikan nilai <i>downforce</i> sesuai dengan pengurangan hambatan. Hal ini dilakukan dengan mengarahkan aliran udara pada sudut yang tepat dari pendekatan ke sayap dan mencegah pemisahan aliran. Pengurangan <i>drag</i> diperoleh dengan mengubah sudut serang aliran udara dengan sayap dengan mengubah orientasi generator <i>vortex</i> .
4	C. R. Jadhav dan R. P. Chorage	2020	<i>Modification in commercial bus model to overcome aerodynamic drag effect by using CFD analysis [46].</i>	Metode simulasi komputasi dinamika fluida (CFD)	Analisis CFD bodi bus eksisting dengan dibandingkan dengan desain bodi bus yang telah dimodifikasi pada kecepatan berbeda. Variasi kecepatan yang ditentukan adalah dari 80 km/jam hingga 120 km/jam karena efek aerodinamis rentan pada rentang kecepatan tersebut. Koefisien <i>drag</i> kemudian dibandingkan kedua model dan dianalisis untuk merancang desain bodi bus masa depan.
5	M. Palanivendhan	2021	<i>Reduction in aerodynamic drag acting on a commercial vehicle by using a dimpled surface [47].</i>	Metode simulasi komputasi dinamika fluida (CFD)	Pada penelitian ini, data aerodinamis dan struktur aliran rinci dipelajari dan dianalisis. Dengan demikian, model yang dimodifikasi dirancang. Fokus rancangannya terdiri dari struktur berlesung pipit, yang kemudian pengujiannya diulang. Parameter seperti posisi lesung pipit, jumlah lesung pipit, dan orientasi lesung pipit diamati dengan cermat untuk memahami peningkatan kinerja. Ini bisa menjadi metode yang efektif untuk mengurangi hambatan, membuka jalan menuju aerodinamis yang lebih baik, dan meningkatkan penghematan bahan bakar untuk kendaraan komersial berat tersebut.
6	R. Yadav, dkk	2021	<i>Efficient reduction of the consumption of fuel in road vehicles using aerodynamic behavior in CDF analysis [48].</i>	Metode simulasi komputasi dinamika fluida (CFD)	Penurunan hambatan aerodinamis dapat mendorong penurunan penggunaan bahan bakar yang mengarah pada pengurangan masalah lingkungan. Penelitian ini berlangsung dalam fitur yang disederhanakan dan difokuskan pada masalah yang diidentifikasi dengan aliran kompresibel, gangguan, lapisan batas, dan bersifat komputasional. Vortisitas adalah salah satu dari banyak keajaiban yang terkait dengan penyelidikan desain yang optimal.

Sumber: [43][44][45][46][47][48]

Penelitian dalam negeri juga pernah dilakukan, antara lain oleh Fathus dan Grummy yang meneliti distribusi tekanan sekeliling bodi dan pengaruhnya terhadap efisiensi bahan bakar dengan menggunakan *Subsonic Wind Tunnel* [49]. I Gusti Gede Badrawada dan Nur Aklis pun meneliti tentang simulasi Solidworks dan Ansys untuk mengetahui aerodinamika dan efisiensi bahan bakar kendaraan dengan membandingkan rata-rata koefisien *drag* dan koefisien *lift* [50]-[51]. Selain itu, Rizky Laila juga membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien *drag* yang rendah untuk penghematan bahan bakar, serta mensimulasikannya untuk mengetahui besaran koefisien *drag* dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [52]. Fathony dan Tony Suryo juga membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien *drag* yang rendah sehingga dapat melakukan penghematan bahan bakar, serta mensimulasikannya untuk mengetahui besaran koefisien *drag* dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [53]. Selanjutnya, Joshua dkk membuat desain ulang kembali mobil Antawirya terdahulu dengan yang baru dan membandingkannya dengan memperhatikan tingkat koefisien *drag* sehingga dapat diketahui tingkat efisiensi bahan bakar dari masing-masing desain dan mensimulasikannya untuk mengetahui besaran koefisien *drag* dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [54].

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat beberapa hal (*gap*) yang membuat penulis melakukan penelitian ini. Penelitian terdahulu hanya meneliti desain kendaraan yang tidak digunakan secara umum dalam mensimulasikan CFD dalam menghitung efisiensi bahan bakar. Oleh sebab itu, tidak ada rekomendasi tertentu kepada perusahaan dalam membuat desain yang aerodinamis. Penggunaan desain bus *normal deck* dan *double decker* dalam simulasi CFD dapat menghadirkan hal baru dalam penelitian dan dijadikan acuan untuk perusahaan dalam membuat desain aerodinamis yang mendukung pengurangan konsumsi bahan bakar.

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk: 1) mengetahui koefisien *drag* ( $C_D$ ) pada bus *normal deck* dan *double decker* dari hasil simulasi CFD dengan menggunakan Solidworks 2013; 2) mengetahui gaya *drag* dari masing-masing jenis bus yang dihasilkan berdasarkan koefisien rata-rata yang didapatkan dari simulasi; 3) mengetahui nilai usaha dari masing-masing jenis bus yang dihasilkan berdasarkan hasil kali gaya *drag* dengan jarak perjalanan bus selama satu tahun; 4) mengetahui jumlah energi input dari masing-masing jenis bus yang dihasilkan berdasarkan hasil bagi usaha dengan efisiensi mesin yang dikeluarkan; 5) mengetahui jumlah bahan bakar dari masing-masing jenis bus yang dikeluarkan selama satu tahun.

## 2. Metodologi

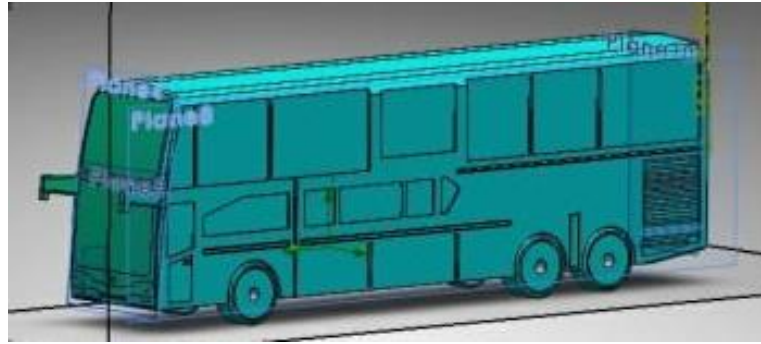
### 2.1. Pembuatan Desain

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menggambar CAD skala 1:1 dengan menggunakan aplikasi Solidworks 2013. Proses selanjutnya adalah penentuan beberapa parameter yang akan digunakan dalam simulasi. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi dimensi model bus *normal deck* dan *double decker*.

**Tabel 2.** Bus Model Dimension

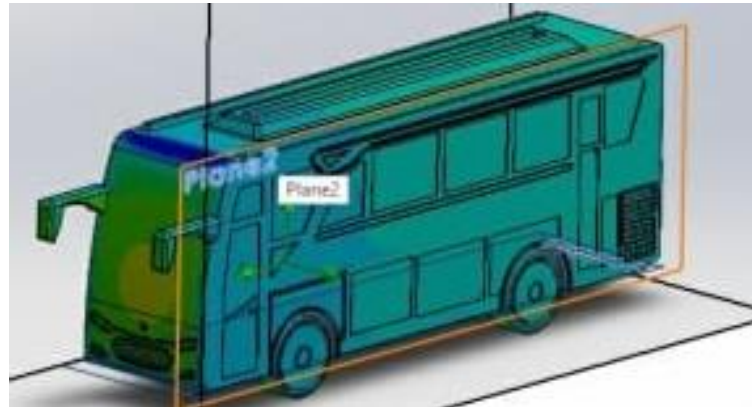
Model Bus	Dimensi	Nilai
Bus <i>double decker</i> [55]	Panjang	1.3500 mm
	Lebar	2.500 mm
	Tinggi	4.230 mm
Bus <i>normal deck</i> [56]	Panjang	10.000 mm
	Lebar	2.300 mm
	Tinggi	3.412 mm

Sumber: [55][56]



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 3.** Desain Bus *Double Decker*



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 4.** Desain Bus *Double Decker*

## 2.2. Proses Analisis CFD

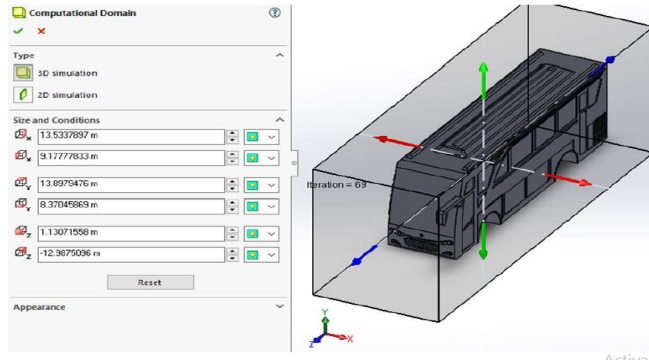
Proses analisis CFD yang dilakukan dengan aplikasi Solidworks melalui berbagai proses, salah satunya adalah *pre-processing*. Pada tahap ini, jenis fluida dan karakteristik aliran yang digunakan harus ditentukan sehingga laminar dan turbulen sehingga dapat mendekati kondisi sebenarnya.

Proses analisis menggunakan CFD dilakukan sebagaimana penelitian terdahulu dilakukan. Sama seperti penelitian I Gusti Gede Badrawada dan Nur Aklis, penelitian ini melakukan simulasi Solidworks dan Ansys untuk mengetahui aerodinamika dan efisiensi bahan bakar kendaraan dengan membandingkan rata-rata koefisien *drag* dan koefisien lift [50]-[51]. Penelitian ini juga disesuaikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rizkya Laila yang membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien *drag* yang rendah untuk penghematan bahan bakar dan mensimulasikannya untuk mengetahui besaran koefisien *drag* dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [52]. Peneliti juga merujuk pada penelitian Fathony dan Tony Suryo yang membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien *drag* yang rendah sehingga dapat melakukan penghematan bahan bakar. Selanjutnya desain tersebut disimulasikan untuk mengetahui besaran koefisien *drag* dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [53]. Selain itu, Rahman dkk juga menganalisis Aliran fluida eksternal dari bentuk bodi mobil prototipe dan tekanan yang terjadi di permukaannya, mencari bentuk desain paling minim gaya *drag* sebagai upaya efisiensi penggunaan bahan bakar kendaraan, dan melihat tekanan tertinggi dan terendah pada bagian bodi mobil.

**Tabel 3.** *Pre-Processing*

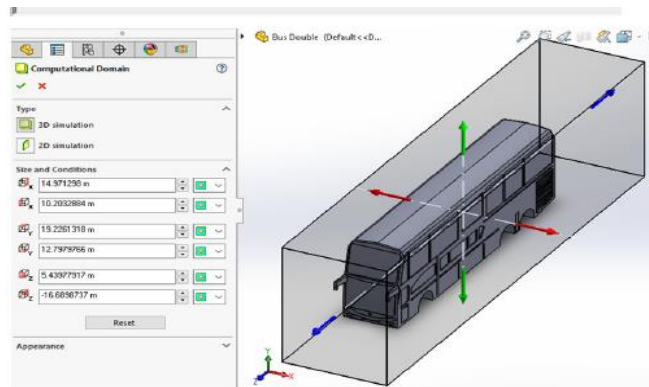
No	<i>Pre-Processing Data</i>	
1	<i>Setting unit system</i>	SI (m-kg-s)
2	<i>Analysis type</i>	<i>External</i>
3	<i>Default fluid</i>	<i>Air (gases)</i>
4	<i>Initial and ambient condition</i>	<i>Pressure: 101.325 Pa</i> <i>Temperature: 293,2 K</i>

Sumber: Hasil analisis, 2022



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 5.** Fluid Domain Bus *Normal Deck*



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 6.** Fluid Domain Bus *Double Decker*

Berikutnya adalah tahap *boundary condition*, yaitu untuk mengatur kondisi batas dengan *default* yang ada. Kecepatan aliran fluida yang digunakan adalah sampai ke kecepatan maksimal yang dapat ditempuh. Penentuan hasil dan resolusi geometeri yang digunakan dalam simulasi ini adalah pada angka 5. Selanjutnya, penentuan fluid domain yang akan digunakan sebagai batas komputasi fluida yaitu (1400 x 2260 x 2200) cm dari rumus (p x l x t) untuk bus *normal deck* dan (2200 x 2400 x 3200) cm dari rumus (p x l x t) untuk bus *double decker*.

Langkah berikutnya adalah penentuan tujuan yang diharapkan pada simulasi ini, yaitu berupa gaya *drag* dan *pressure profile*. Penghitungan koefisien *drag* dilakukan dengan cara pemberian *input* berupa rumus detail pada menu *global goal*.

$$C_D = \frac{2 \cdot F_D}{\rho \cdot A \cdot V^2} \tag{1}$$

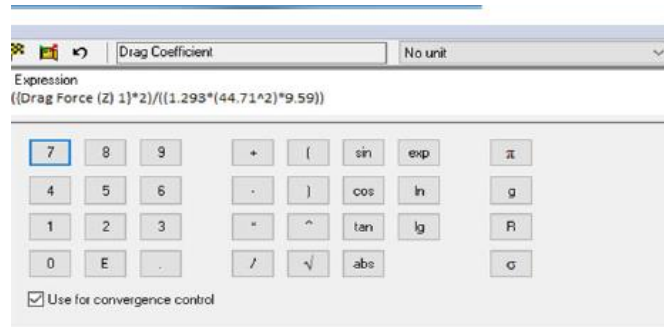
- $C_D$  = Koefisien *drag*
- $F_D$  = Gaya *drag* (N)
- $A$  = Luas *frontal area* (m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  = Kecepatan rata-rata (m/s)

Tujuan persamaan dalam Solidworks 2013 - *Flow Simulation* dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 7.** Persamaan Tujuan pada Bus *Normal Deck*



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 8.** Persamaan Tujuan pada Bus *Double Decker*

Parameter udara yang digunakan pada simulasi ini disesuaikan dengan *thermodynamic properties*. Selain itu, parameter lain yang digunakan pada simulasi antara lain: 1) temperatur udara setinggi 20<sup>0</sup>C/ 293,82 K; 2) massa jenis udara sebesar 1,225 kg/m<sup>3</sup>; 3) luas *frontal area* bus *non*-HD seluas 7,27 m<sup>2</sup>; 4) luas *frontal area* bus *double decker* seluas 9,59 m<sup>2</sup>

2.3. Kalkulasi Konsumsi Bahan Bakar

Kalkulasi yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar didapatkan dari buku *Fundamental of Thermal-Fluid Sciences* yang ditulis oleh Yunus A Chengel dan Robert H. Turner. Setelah ditemukan hasil koefisien *drag* dari hasil simulasi, maka dapat ditentukan gaya *drag* yang dihasilkan dengan menggunakan rumus-rumus (2-5).

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \tag{2}$$

- F<sub>D</sub> = Gaya *drag* (N) [57]
- C<sub>D</sub> = Koefisien *drag*
- A = Luas *frontal area* (m<sup>2</sup>)
- ρ = Masa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)
- V = Kecepatan rata-rata (m/s)

$$W_{drag} = F_D \times L \tag{3}$$

- W<sub>drag</sub> = Usaha (kJ/tahun) [57]
- F<sub>D</sub> = Gaya *drag* (N)
- L = Jarak perjalanan satu tahun (km/tahun)

$$E_{in} = \frac{W_{drag}}{\mu_{car}} \tag{4}$$

- E<sub>in</sub> = *Energy input* (kJ/tahun) [57]
- μ<sub>car</sub> = Efisiensi mesin

$$Amount\ of\ fuel = \frac{m_{fuel}}{\rho_{fuel}} = \frac{E_{in}/HV}{\rho_{fuel}} \tag{5}$$

- HV = *Heating value of diesel* (kJ/kg)
- ρ<sub>fuel</sub> = Masa jenis bahan bakar solar (kg/l)

Adapun data yang digunakan pada kalkulasi antara lain:

- L = 227.808 km/tahun
- V = 27,77 m/s
- ρ<sub>fuel</sub> = 0,849 kg/l [16]
- HV = 42840 kJ/kg
- μ<sub>bus</sub> = 40 %

Diesel		Density (kg/L)	Net Calorific Value / LHV	
			(MJ/L)	(MJ/kg)
DUKES (UK)	[10]	1195 L/tonne = 0.837	35.90	42.9
DEFRA (UK)	[12]	1203 L/tonne = 0.831	36.04	43.36
IPCC stationary (global)	[6]			
IPCC mobile (global)	[7]			
ORNL Bioenergy (USA)	[13]	0.849	130,500 Btu/galus = 36.37	42.84
JEC (EU)	[14, 15]	0.832	35.9	43.1
Determined for C <sub>15.35</sub> H <sub>34.68</sub>	[19]	0.832	35.70	42.92
REET 1.8 (USA)	[16]	3,806 g/galus = 0.847	129,488 Btu/galus = 36.19	42.61
Transportation Energy Data Book (USA)	[17]		128,700 Btu/galus = 35.87	42.83
College of the Desert (USA)	[18]		35.59	42.5

Sumber: [58]

**Gambar 9.** Massa Jenis Bahan Bakar Diesel Based pada Data Book by Iain Staffell, University of Birmingham, UK

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Simulasi CFD

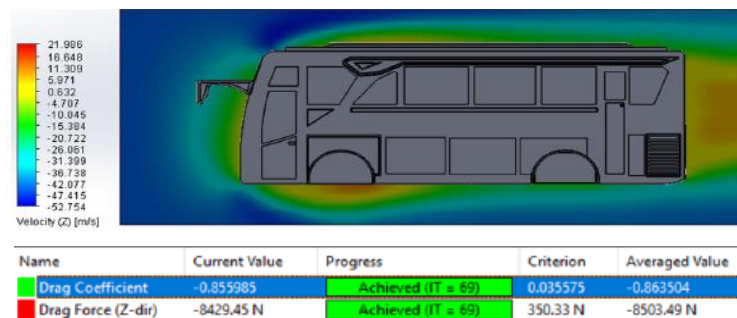
Simulasi bus *double decker* dan *normal deck* disesuaikan dengan beberapa indicator, seperti jarak tempuh, efisiensi mesin diesel, dan kecepatan yang disesuaikan di jalan, khususnya jalan tol. Dengan demikian simulasi dapat diasumsikan dengan kondisi penuh penumpang. Penelitian simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan Solidworks 2013 dengan desain bus *normal deck* dan bus *double decker*. Kecepatan yang digunakan pada bus *normal deck* mencapai 22.2 m/s dan untuk *double decker* mencapai of 50 m/s. Hasil simulasi terhadap koefisien *drag* yang ditemukan dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari hasil simulasi tersebut, diketahui bahwa bus *normal deck* memiliki koefisien *drag* yang lebih kecil dengan nilai rata-rata 0,863504. Adapun koefisein *drag* bus *double decker* lebih besar, yaitu dengan nilai rata-rata koefisien *drag* 0,964067. Hal tersebut berarti bahwa hambatan udara pada bus *normal deck* lebih kecil dibandingkan dengan bus *double decker*. Satu penyebab utamanya adalah luas permukaan bagian depan bus *double decker* lebih besar daripada bus *normal deck*.



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 10.** Hasil Simulasi Bus Double Decker



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 11.** Hasil Simulasi Bus Normal Deck



**Tabel 4.** Hasil Persamaan (2)

<i>Bus Type</i>	$F_D$ (N)
<i>Normal deck</i>	2899,71
<i>Double decker</i>	4270,53

Sumber: Hasil analisis, 2022

**Tabel 5.** Hasil Persamaan (3)

<i>Bus Type</i>	$W_{drag}$ (kJ/year)
<i>Normal deck</i>	660.577.482
<i>Double decker</i>	972.861.070

Sumber: Hasil analisis, 2022

**Tabel 6.** Hasil Persamaan (4)

<i>Bus Type</i>	$E_{in}$ (kJ/year)
<i>Normal deck</i>	1.651.443.705
<i>Double decker</i>	2.432.152.675

Sumber: Hasil analisis, 2022

**Tabel 7.** Hasil Persamaan (5)

<i>Bus Type</i>	<i>Amount of Fuel</i> (l)
<i>Normal deck</i>	45.405,31
<i>Double decker</i>	66.870,36

Sumber: Hasil analisis, 2022

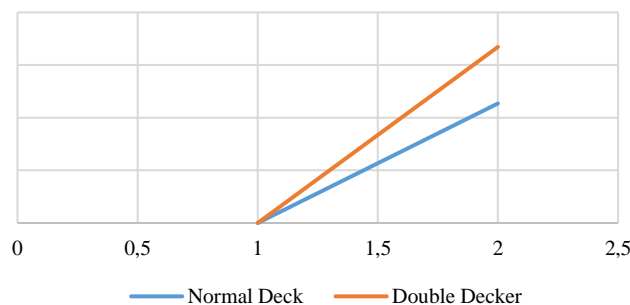
### 3.2. Kalkulasi Bahan Bakar

Hasil kalkulasi pada persamaan (2) menunjukkan gaya *drag* berdasarkan koefisien rata-rata yang didapatkan dari hasil simulasi Solidworks 2013. Gaya *drag* pada bus *normal deck* bernilai 2899,71 N, sedangkan gaya *drag* pada bus *double decker* bernilai 4270,53 N. Hal ini berarti gaya *drag* pada jenis bus *normal deck* lebih kecil dari pada bus *double decker*.

Kalkulasi persamaan (3) menunjukkan usaha yang dihasilkan berdasarkan hasil kali gaya drag dengan jarak perjalanan bus selama satu tahun. Kalkulasi tersebut menunjukkan bahwa usaha pada bus *normal deck* bernilai 660.577.482 kJ/tahun, sedangkan pada bus *double decker* bernilai 972.861.070 kJ/tahun. Artinya adalah usaha pada jenis bus *normal deck* lebih kecil dari pada bus *double decker*.

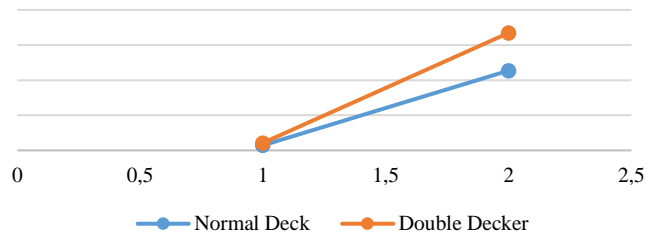
Kalkulasi persamaan (4) menunjukkan *energy input* yang dihasilkan berdasarkan hasil bagi usaha dengan efisiensi mesin yang dikeluarkan. Hasilnya adalah *energy input* pada bus *normal deck* bernilai 1.651.443.705 kJ/tahun, sedangkan pada bus *double decker* bernilai 2.432.152.675 kJ/tahun. Hal ini berarti *energy input* pada jenis bus *normal deck* lebih kecil dari pada bus *double decker*.

Kalkulasi persamaan (5) menunjukkan jumlah bahan bakar yang dikeluarkan selama satu tahun yang berasal dari hasil persamaan 3 dibagi dengan *heating value* bahan bakar solar dan massa jenis bahan bakar solar. Hasil kalkulasi menunjukkan bahwa jumlah bahan bakar solar yang dikeluarkan pada bus *normal deck* bernilai 45.405,31 liter/tahun, sedangkan pada bus *double decker* bernilai 66.870,36 liter/tahun. Artinya jumlah bahan bakar yang dikeluarkan pada jenis bus *normal deck* lebih kecil dari pada bus *double decker*.



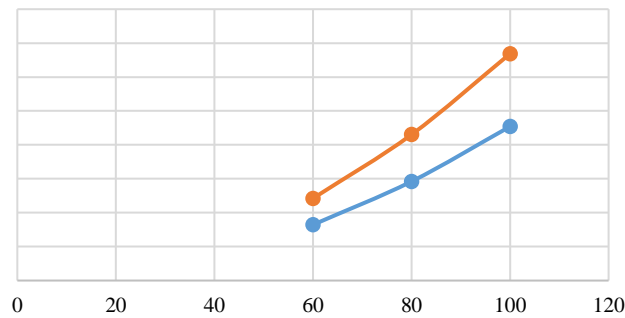
Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 12.** Grafik Koefisien *Drag* terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 13.** Grafik Gaya Drag terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 14.** Grafik Kecepatan terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Sumber: Hasil analisis, 2022

**Gambar 15.** Persentase Perbedaan Efisiensi Bahan Bakar

Grafik (Gambar 12) menunjukkan bahwa koefisien drag bus *double decker* lebih besar jika dibandingkan dengan *normal deck*. Hal ini menyebabkan konsumsi bahan bakar bus *double decker* semakin banyak. Grafik (Gambar 13) menunjukkan bahwa gaya drag bus *double decker* lebih besar dari *normal deck* yang menyebabkan konsumsi bahan bakar bus *double decker* semakin banyak. Grafik (Gambar 14) menunjukkan bahwa kecepatan yang semakin bertambah mengakibatkan konsumsi bahan bakar semakin banyak. Hal ini sebanding dengan koefisien drag dan gaya drag. Oleh karena itu, konsumsi bahan bakar bus *double decker* lebih banyak daripada *normal deck*.

Persentase perbedaan efisiensi bahan bakar yang dihasilkan adalah pada bus *double decker* mencapai 60%, sedangkan pada bus *normal deck* 40%. Konsumsi bahan bakar bus *double decker* cenderung lebih besar karena luas permukaannya yang lebih besar daripada bus *normal deck*.

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar terlihat berbanding lurus dengan koefisien drag yang dilihat dari permukaan kendaraan yang terbentuk. Dalam penelitian sebelumnya, Rizkya Laila membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien drag yang rendah untuk penghematan bahan bakar. Selanjutnya desain tersebut disimulasikan untuk mengetahui besaran koefisien drag dan pola aliran udara di sekitar mobil yang dihasilkan [52]. Fathony dan Tony Suryo juga membuat desain mobil Antawirya konsep 3 dengan tingkat koefisien drag yang rendah sehingga dapat melakukan penghematan bahan bakar. Kemudian desainya disimulasikan untuk mengetahui besaran koefisien drag dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [53]. Adapun Joshua dkk membuat desain ulang kembali mobil

Antawirya terdahulu dengan yang baru dan membandingkannya dengan memperhatikan tingkat koefisien *drag*. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat efisiensi bahan bakar dari masing-masing desain dan mensimulasikannya untuk mengetahui besaran koefisien drag dan pola aliran udara sekitar mobil yang dihasilkan [54]. Beberapa penelitian sebelumnya diatas telah menyatakan bahwa bentuk aerodinamika suatu kendaraan memiliki pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar

#### 4. Kesimpulan

Koefisien drag yang diperoleh dari simulasi yang menggunakan Solidworks 2013 pada bus *Normal Deck* (ND) adalah 0,863504, sedangkan pada bus *Double Decker* (DD) adalah 0,964067. Artinya, koefisien *drag* bus ND lebih kecil daripada bus DD. Adapun gaya *drag* yang dihasilkan pada bus DD (4270,53 N) lebih besar daripada bus ND (2899,71 N). Selanjutnya, usaha yang dihasilkan berdasarkan hasil kali gaya drag dengan jarak perjalanan bus selama satu tahun adalah bus ND (660.577.482 kJ/tahun) bernilai lebih kecil jika dibandingkan dengan bus DD (972.861.070 kJ/tahun). Adapun *energy input* yang dihasilkan bus ND (1.651.443.705 kJ/tahun) juga bernilai lebih kecil daripada bus DD (2.432.152.675 kJ/tahun). Kemudian, jumlah bahan bakar yang dikeluarkan selama satu tahun pada bus ND (405,31 liter) juga lebih sedikit dari bus DD (66.870,36 liter). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien *drag*, gaya *drag*, usaha *drag*, *energy input*, dan jumlah bahan bakar pada bus *normal decker* lebih kecil daripada bus *double decker*. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan kebijakan pemerintah dalam memberikan arahan kepada perusahaan otobus dan karoseri untuk selalu membuat desain bus dengan mengutamakan bentuk yang ramping (*streamlined body*) untuk mengurangi konsumsi bahan bakar.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Satuan Pelayanan Terminal Tipe A Pondok Cabe, Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek, dan Kementerian Perhubungan yang telah memberikan izin tempat untuk melakukan penelitian dan dukungan moril. Selain itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak yang mendukung penelitian ini dari awal hingga akhir.

#### Daftar Pustaka

- [1] C. Baker et al, "Train Aerodynamics", Fundamentals and Applications, Chapter 7 - Aerodynamic drag, Oxford : Butterworth-Heinemann, 2019, pp. 129-149. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813310-1.00007-1>
- [2] F. Maliza, and B. Blocken, "Cyclist aerodynamics through time: Better, faster, stronger," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 214, pp. 104673, July 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104673>
- [3] O. Elfmark et al, "Aerodynamic investigation of tucked positions in alpine skiing," Journal of Biomechanics, vol. 119, pp. 110327, Apr. 15 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110327>
- [4] N. S. Ekaab, N. H. Hamza, and M. T. Chaichan, "Performance and emitted pollutants assessment of diesel engine fuelled with biokerosene," Case Studies in Thermal Engineering, vol. 13, pp. 100381, March 2019. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.100381>
- [5] O. H. Ghazal, "Combustion analysis of hydrogen-diesel dual fuel engine with water injection technique," Case Studies in Thermal Engineering, vol. 13, pp. 100380, March 2019. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.100380>
- [6] X. Zhu, and O. Andersson, "Performance of new and aged injectors with and without fuel additives in a light duty diesel engine," Transportation Engineering, vol. 1, pp. 100007, June 2020. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100007>
- [7] K. S. Prasad, S. S. Rao, and V. R. K. Raju, "Effect of compression ratio and fuel injection pressure on the characteristics of a CI engine operating with butanol/diesel blends," Alexandria Engineering Journal, vol. 60, no. 1, pp. 1183-1197, February 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.042>
- [8] E. Ozturk et al, "Effects of retarded fuel injection timing on combustion and emissions of a diesel engine fueled with canola biodiesel," Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 23, no. 6, pp. 1466-1475, December 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.06.008>
- [9] R. Gautam, and S. Kumar, "Performance and combustion analysis of diesel and tallow biodiesel in CI engine," Energy Reports, vol. 6, pp. 2785-2793 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.09.039>
- [10] B. Fu et al, "Analysis of main affecting factors about automobile fuel consumption testing based on ultrasonic technology," Energy Reports, vol. 7, no.7, pp. 526-534 Nov. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.10.009>
- [11] D. Zhang et al, "Switching on auxiliary devices in vehicular fuel efficiency tests can help cut CO2 emissions by millions of tons," One Earth Article, vol. 4, no. 1, pp. 135-145, Jan. 22 2021. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.010>
- [12] G. Tripathi, P. Sharma, and A. Dhar, "Computational study of diesel injection strategies for methane-diesel dual fuel engine," Cleaner Engineering and Technology, vol. 6, pp. 100393, February 2022. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100393>
- [13] M. Rahaman et al, "Impact of partial alteration of diesel fuel on the performance and regulated emission of a diesel engine," e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, vol. 1, pp. 100007, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100007>

- [14] K. Wiratkasem, and S. Pattana, "The effect of motorcycle tyre rolling resistance coefficient on the saving of fuel consumption," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 248-252, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.042>
- [15] V. N. Duy, K. N. Duc, and N. C. Van, "Real-time driving cycle measurements of fuel consumption and pollutant emissions of a bi-fuel LPG-gasoline motorcycle," *Energy Conversion and Management*, vol. 12, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100135>
- [16] M. Loman, B. Sarkan, and T. Skrucany, "Comparison of fuel consumption of a passenger car depending on the driving style of the driver," *Transportation Research Procedia*, vol. 55, pp. 458-465, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.009>
- [17] L. Kebede, G. S. Tulu, and R. T. Lisinge, "Diesel-fueled public transport vehicles and air pollution in Addis Ababa, Ethiopia: Effects of vehicle size, age and kilometers travelled," *Atmospheric Environment: X*, vol. 13, pp. 100144, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2021.100144>
- [18] A. Kapustin et al, "Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines)," *Transportation Research Procedia*, vol.50, pp. 226-233, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.028>
- [19] T. Anh Tran et al, "Comparative analysis on the fuel consumption prediction model for bulk carriers from ship launching to current states based on sea trial data and machine learning technique," *Journal of Ocean Engineering and Science*, vol. 6, no. 4, pp. 317-339, December 2021. <https://doi.org/10.1016/j.joes.2021.02.005>
- [20] A. Ajanovic, and A. Glatt, and R. Haas, "Prospects and impediments for hydrogen fuel cell buses," *Journal of Energy*, vol. 235, pp. 121340, Nov. 15 2021. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121340>
- [21] T. S. Singh et al, "Exhaust emission characteristics study of light and heavy-duty diesel vehicles in India," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 29, pp. 101709, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101709>
- [22] S. Guor, Y. Zhang, and G. Q. Cai, "Study on Exhaust Emission Test of Diesel Vehicles Based on PEMS," *Procedia Computer Science*, vol. 166, pp. 428-433, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.070>
- [23] M. Rith, A. M. Fillone, and J. B. M. M. Biona, "Energy and environmental benefits and policy implications for private passenger vehicles in an emerging metropolis of Southeast Asia – A case study of Metro Manila," *Applied Energy*, vol. 275, pp. 115240, Oct. 1 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115240>
- [24] H. Wihersaari et al, "Particulate emissions of a modern diesel passenger car under laboratory and real-world transient driving conditions," *Environmental Pollution*, vol. 265, Part B, pp. 114948, October 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114948>
- [25] J. Boonjun, W. Manosroi, and N. Kammuang-lue, "Energy consumption of diesel hybrid electric bus simulated from different drive modes," *Energy Reports*, vol. 8, no. 5, pp. 523-530, August 2022. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.198>
- [26] S. Zhu, P. Demokritou, and J. Spengler, "Experimental and numerical investigation of micro-environmental conditions in public transportation buses," *Building and Environment*, vol 45, no. 10, Oct 2010. DOI:10.1016/j.buildenv.2010.03.004
- [27] T. Settey, and J. Gnap, "Comparison of Price and Emission Levels of Air Passenger Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic," *Transportation Research Procedia*, vol. 44, pp. 129-136, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.019>
- [28] X. Zhang et al., "Charging system analysis, energy consumption, and carbon dioxide emissions of battery electric buses in Beijing," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, pp. 101197, August 2021. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101197>
- [29] G. Sarram and S. S. Ivey, "Evaluating the potential of online review data for augmenting traditional transportation planning performance management," *Journal of Urban Management*, Available online 5 February 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.01.001>
- [30] E. Chikishev, and D. Chainikov, "Assessment of External Factors Influence on the Fuel Consumption of a Diesel Bus Operating on a City Route," *Transportation Research Procedia*, vol. 61, pp. 354-360, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.057>
- [31] T. Settey, and J. Gnap, "Comparison of Price and Emission Levels of Air Passenger Transport and International Bus Transport in the Slovak Republic," *Transportation Research Procedia*, vol. 44, pp. 129-136, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.019>
- [32] Government Regulations, "Peraturan Pemerintah No.55 Tahun 2012 tentang Kendaraan," In *Vehicle Regulation*, Republic of Indonesia.
- [33] N. Gaur, and R. Raj, "Aerodynamic mitigation by corner modification on square model under wind loads employing CFD and wind tunnel," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 101521, January 2022. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.06.007>
- [34] M. Armin et al, "Investigation of the fuel injection angle/time on combustion, energy, and emissions of a heavy-duty dual-fuel diesel engine with reactivity control compression ignition mode," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 5239-5247, November 2021. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.115>
- [35] R. De Robbio, M.C. Cameretti, and R. Tuccillo, "Ignition and combustion modelling in a dual fuel diesel engine," *Propulsion and Power Research*, vol. 9, no. 2, pp. 116-131, Sept. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jprr.2020.02.001>
- [36] L. Tipanluisa et al, "Investigation of diesel/n-butanol blends as drop-in fuel for heavy-duty diesel engines: Combustion, performance, and emissions," *Energy Conversion and Management*, vol. 255, 115334, March 1 2022. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115334>
- [37] C.H. Achebe et al, "Analysis of diesel engine injector nozzle spray characteristics fueled with residual fuel oil," *Heliyon*, Vol. 6, no. 8, August 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04637>
- [38] M. Zaareer, and A. H. Mourad, "Effect of Vehicle Side Mirror Base Position on Aerodynamic Forces and Acoustics," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no.2, pp. 1437-1448, February 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.049>
- [39] Y. Huang et al, "Study of the automotive aerodynamic performance affected by entrance structure of forecabin," *Energy and Built Environment*, vol. 2, no. 3, pp. 327-335, July 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.06.012>
- [40] A. B. Daemei et al, "Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangular-shaped tall buildings and CFD simulation in order to assess drag coefficient," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 10, no. 3, pp. 541-548, September 2019. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.08.008>

- [41] L. S. Chechurin et al, "Introducing Trimming and Function Ranking to SolidWorks based on Function Analysis," *Procedia Engineering* vol. 131, pp. 184 – 193, Dec. 2015. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.12.370
- [42] Z. Hong-yang, L. Tong-chun, and L. Zong-kun, "Modeling in SolidWorks and analysis of temperature and thermal stress during construction of intake tower," *Water Science and Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 95-102, March 2009 <https://doi.org/10.3882/j.issn.1674-2370.2009.01.009>
- [43] E. Ljungskog, S. Sebben, and A. Broniew, "Inclusion of the physical wind tunnel in vehicle CFD simulations for improved prediction quality," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 197, pp. 104055, February 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2019.104055>
- [44] Y. Liu et al, "A fine drag coefficient model for hull shape of underwater vehicles," *Ocean Engineering*, vol. 236, pp. 109361, Sept. 15, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109361>
- [45] M. Palanivendhan et al, "Aerodynamic simulation of optimized vortex generators and rear spoiler for performance vehicles," *Materials today : Proceedings*, vol. 45, no. 7, pp. 7228-7238, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.537>
- [46] C. R. Jadhav and R. P. Chorage, "Modification in commercial bus model to overcome aerodynamic drag effect by using CFD analysis," *Results in Engineering*, vol. 6, pp. 100091, June 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100091>
- [47] M. Palanivendhan et al, "Reduction in aerodynamic drag acting on a commercial vehicle by using a dimpled surface," *Materials Today : Proceeding*, vol. 45, no. 7, pp. 7072-7078, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.884>
- [48] R. Yadav, A. Islam, and R. Chaturvedi, "Efficient reduction of the consumption of fuel in road vehicles using aerodynamic behavior in CFD analysis," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, no. 2, pp. 2773-2776, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.619>
- [49] Fathus, Grummy, (2014), "Karakteristik Aliran Pada Kendaraan Menyerupai MPV Dengan Penambahan Front Spoiler". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Volume 03 Nomor 02 Tahun 2014: 253-260.
- [50] Badrawada, I Gusti Gede dkk, (2019), "Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Desel Dengan Ansys 15.0", *Jurnal Teknik Mesin Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta*. Volume 3 No 1., Mei 2019
- [51] Aklis, Nur dkk, (2015), "Pengaruh Modifikasi Bentuk Bodi Mobil Terhadap Pola Aliran Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics". Vol. 16 No 2 Juli 2015: 47-53.
- [52] Nursyahbani, Rizkya Laila dkk, (2015), "Analisa Aerodinamika Body Mobil Hemat Bahan Bakar Antawirya Konsep 3 Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics", *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Diponegoro*. Vol. 3, No. 2, April 2015: 168-175
- [53] Yusuf, Fathony Imaduddin dkk, (2015), "Simulasi Aerodinamika Mobil Hemat Bahan Bakar Antawirya Konsep 2 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)", *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Diponegoro*. Vol. 3, No. 3, Juli 2015: 336-344
- [54] Jhon, Joshua Sam dkk, (2017), "Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Ressidual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics", *Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro*. Vol. 5, No. 1, Januari 2017: 50-59
- [55] AdiPutro Group, "Jetbus 3+ Super Double Decker Specification," AdiputroWirasejati Company, Malang, East Java, Indonesia [Online]. Available: <https://adiputrogroup.com/products/jetbus3-super-double-decker-sdd/> , Accessed on: Feb. 14, 2022
- [56] AdiPutro Group, "Jetbus 3+ Medium Decker Specification," AdiputroWirasejati Company, Malang, East Java, Indonesia [Online]. Available: <https://adiputrogroup.com/products/jetbus3-medium-decker-md/> , Accessed
- [57] Y. A. Cengel, and J. M. Cimbala, "Fluid Mechanics Fundamentals and Applications," *In Flow Over Bodies: Drag and Lift*, 1st ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2006, pp. 561–609.
- [58] I. Staffell, "The Energy and Fuel Data Sheet," W1P1 = Revision 1, March 2011. [Online]. Available: [https://www.claverton-energy.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/the\\_energy\\_and\\_fuel\\_data\\_sheet1.pdf](https://www.claverton-energy.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/the_energy_and_fuel_data_sheet1.pdf) , Accessed on: Feb. 16, 2022