

ANALISIS AERODINAMIS SECARA TEORITIS DAN PENERAPAN APLIKASI INVENTOR DAN CFD PADA RANCANG BANGUN PROTOTYPE MOBIL LISTRIK “INKAS A6” BLDC 1000 WATT DENGAN KONSEP SHUTTLE GOLF

Jamaludin¹, Efrizal², M Arief Alfi Ardian³, Deco Hendrajit⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol Tangerang
E-mail: ¹jamaludin211183@gmail.com

Submitted Date: November 25, 2023
Revised Date: Februari 02, 2024

Reviewed Date: Januari 24, 2024
Accepted Date: Februari 06, 2024

Abstract

The more rapid development of the times in the era of globalization and technology, the use of transportation is the best solution to support increased human mobility. It is noted that the use of land transportation has increased along with the increase in human mobility. This matter was also followed by the existence of global issues regarding the energy crisis that hit the world. The need for transportation is increasing, resulting in an increase in the energy required. This final project report entitled "Theoretical Aerodynamic Analysis and Application of Inventor and CFD Applications in the Design and Build of the Electric Car Prototype "Inkas A6" Blcdc 1000 Watt With the Golf Shuttle Concept" initial design and knowing airflow in the Shuttle golf vehicle simulation process carried out on the Autodesk CFD 2019 application. The results of the simulations carried out with the Autodesk CFD 2019 software and the Cd (Coefficient Drag) calculations carried out by researchers on the body of this golf shuttle vehicle obtained a value of 34.3 and the maximum and minimum pressures obtained were 102683 Pa and 1013160 Pa. And for the value of the Drag Force calculation is 2367 Pa then the maximum and minimum relative airspeed obtained is 3.52 m/s and -1.06 m/s.

Keywords: Shuttle golf, Autodesk Inventor, Autodesk CFD, Coefficient Drag.

Abstrak

Semakin lajunya perkembangan zaman di era globalisasi dan teknologi, pemakaian moda transportasi merupakan solusi terbaik untuk melakukan aktifitas kegiatan manusia. Dalam catatan bahwa manfaat alat transportasi darat semakin meningkat seiring dengan peningkatan mobilitas manusia. Perihal ini diikuti pula dengan adanya isu global terhadap kemelut energi yang menimpa di dunia. Keperluan akan transportasi yang semakin tinggi, mengakibatkan terjadinya kebutuhan energi yang diperlukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara menggunakan aplikasi *inventor* sebagai aplikasi pembuatan desain awal dan mengetahui aliran udara pada proses simulasi kendaraan *shuttle golf* yang dilakukan pada aplikasi *Autodesk CFD 2019*. Hasil simulasi yang dilakukan dengan software *Autodesk CFD 2019* dan perhitungan *Cd (Coefficient Drag)* yang dilakukan oleh peneliti pada bodi kendaraan *shuttle golf* ini didapatkan nilai sebesar 34,3 dan pressure maximal dan minimal yang didapatkan adalah 102683 Pa dan 1013160 Pa. Dan untuk nilai dari perhitungan *drag force* adalah 2367 Pa kemudian kecepatan udara relative maximal dan minimal yang didapatkan adalah 3,52 m/s dan -1,06 m/s.

Kata Kunci : Shuttle golf, Autodesk Inventor, Autodesk CFD, Coefficient Drag.

I. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi kendaraan listrik telah menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi dampak negatif kendaraan konvensional terhadap lingkungan. Kendaraan listrik menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dengan mengurangi

emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada bahan bakar tidak terbarukan. Selain itu, penggunaan motor *brushless DC* (BLDC) pada kendaraan listrik dapat meningkatkan efisiensi energi dan performa.

Salah satu jenis kendaraan listrik yang menarik adalah kendaraan listrik dengan konsep *shuttle golf*. Konsep ini

menggabungkan kepraktisan mobil listrik dengan keunggulan *shuttle* golf, yang biasanya digunakan untuk transportasi dalam area-area seperti lapangan golf, area perumahan, atau resor. Kendaraan dengan konsep *shuttle* golf dirancang untuk menjadi kendaraan serbaguna yang dapat digunakan di area-area terbatas dengan kecepatan rendah.

Namun, dalam merancang kendaraan listrik dengan konsep *shuttle* golf, penting untuk memperhatikan aspek aerodinamika. Dikutip dari Bagus Wahyu Prastyo (2020) Aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari perilaku aliran fluida (udara) di sekitar objek yang bergerak. Pada kendaraan, pengoptimalan aerodinamika dapat menghasilkan peningkatan efisiensi energi, pengurangan resistensi angin, dan peningkatan performa keseluruhan. dalam penyelidikan Isaac Newton telah menemukan gaya-gaya udara yang melalui suatu benda yang bergerak yaitu gaya angkat (lift dan hambatan/drag).

Dalam konteks rancang bangun prototype mobil listrik BLDC 1000 Watt dengan konsep *shuttle* golf, analisis aerodinamis secara teoritis dan penerapan aplikasi Inventor sangat penting untuk menciptakan desain kendaraan yang memiliki performa optimal dalam hal kecepatan dan efisiensi energi.

Mobil listrik merupakan alat transportasi yang tergantung kepada daya yang bukan berasal dari fosil dan minyak bumi. Mobil ini menggunakan sumber energi listrik yang disimpan dalam baterai atau sumber energi lainnya. Industri otomotif telah mengembangkan mobil listrik dengan tujuan menarik konsumen dan bersaing di pasar. Komponen dan perangkat elektronik dalam mobil listrik memiliki peran dominan dalam menentukan harga dan kualitas. Semakin tinggi kualitas perangkat elektronik yang digunakan, semakin tinggi pula harga jual mobil listrik.

Salah satu perangkat elektronik penting dalam mobil listrik adalah lampu utama. Lampu utama ini memiliki peran yang sangat penting dalam keselamatan

mobil, apalagi bila digunakan untuk penerangan jalan pada malam hari. Pemanfaatan alat elektronika pada mobil listrik harus digunakan dengan baik dan efektif. Maka dari itu, alat elektronika yang dipakai juga harus memiliki nilai ekonomis yang terjangkau agar dapat dijangkau oleh masyarakat. Kendaraan listrik dapat dibuat dengan harga yang bisa terjangkau oleh masyarakat, tapi tetap memiliki power yang besar.



Gambar 1. Mobil Listrik

Dikutip dari Munadi dkk (2021) Kendaraan listrik adalah kendaraan yang digerakkan dengan motor listrik DC, sumber energi yang digunakan adalah listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi. Kendaraan listrik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan mobil berbahan bakar BBM secara umum. Hal yang paling utama adalah kendaraan listrik tidak mengakibatkan terjadinya pencemaran udara, selain itu kendaraan listrik juga mengurangi efek rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar yang mengandung CO₂ sebagai penggerak utamanya.

Berikut adalah beberapa komponen teknologi yang digunakan pada kendaraan listrik:

1. Motor listrik: Motor listrik adalah komponen utama pada kendaraan listrik. Motor ini menggunakan listrik untuk menghasilkan putaran pada poros motor dan menggerakkan kendaraan. Motor listrik pada kendaraan listrik modern biasanya menggunakan magnet permanen atau rotor acak.



Gambar 2. Motor BLDC

2. Baterai: Aki digunakan sebagai sumber energi utama pada kendaraan listrik. Baterai menyimpan energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor listrik. Baterai yang digunakan pada kendaraan listrik modern biasanya menggunakan baterai litium-ion yang ringan dan memiliki kepadatan energi yang tinggi.



Gambar 2. Baterai VRLA

3. Sistem pengisian baterai: Sistem pengisian baterai pada kendaraan listrik adalah kunci untuk memastikan kendaraan dapat digunakan dengan lancar. Ada beberapa jenis sistem pengisian baterai, termasuk pengisian listrik level 1, level 2, dan DC *fast charging*.



Gambar 3. Inverter

4. Sistem kontrol: Sistem kontrol pada kendaraan listrik memantau dan mengatur kinerja motor listrik, baterai, dan sistem pengisian. Sistem kontrol ini

juga memantau suhu dan penggunaan daya pada kendaraan.

5. Sistem manajemen termal: Sistem manajemen termal digunakan pada kendaraan listrik untuk menjaga suhu baterai agar tetap optimal. Sistem ini dapat memastikan kinerja baterai yang stabil dan dapat meningkatkan masa pakai baterai.
6. Infotainment dan sistem pengemudi bantuan: Kendaraan listrik modern biasanya dilengkapi dengan teknologi infotainment dan sistem pengemudi bantuan seperti fitur navigasi, pemantauan blind spot, dan pengatur kecepatan adaptif.

Semua teknologi ini bekerja bersama untuk membuat kendaraan listrik menjadi kendaraan yang efisien dan ramah lingkungan

Motor BLDC

Shuttle golf, juga dikenal sebagai golf cart atau golf *buggy*, adalah kendaraan ringan yang dirancang khusus untuk digunakan di lapangan golf. *Shuttle* golf digunakan untuk mengangkut pemain golf dan peralatan mereka di sepanjang lapangan golf yang luas. Kendaraan ini biasanya listrik atau bertenaga gas, dengan kecepatan yang terbatas dan desain yang kompak.



Gambar 4. Shuttle Golf

Shuttle golf umumnya memiliki tempat duduk untuk beberapa orang, termasuk pengemudi. Mereka dilengkapi dengan atap dan seringkali memiliki perlindungan samping atau kaca depan untuk melindungi penumpang dari cuaca yang buruk. Beberapa model *shuttle* golf juga dilengkapi dengan fasilitas tambahan,

seperti pemegang klub golf, kotak penyimpanan, atau perlengkapan audio.

Shuttle golf sering digunakan di lapangan golf untuk membantu pemain golf berpindah dari satu titik ke titik lainnya, seperti dari *tee box* ke *green* atau antara lubang-lubang yang berdekatan. Mereka juga dapat digunakan di tempat-tempat lain selain lapangan golf, seperti resor, taman rekreasi, atau kompleks perumahan yang memiliki fasilitas lapangan golf.

Kendaraan *shuttle* golf merupakan alternatif yang ramah lingkungan dan hemat energi dibandingkan dengan kendaraan konvensional yang digunakan di jalan raya. Mereka membantu mengurangi polusi suara dan emisi gas buang, serta memberikan kemudahan mobilitas bagi pemain golf dan pengunjung lapangan golf.

Aerodinamik berasal dari dua suku kata yaitu *aero* dan *dinamika*. *Aero* memiliki arti sebagai aliran udara dan *dinamika* sebagai gerakan, jadi aerodinamika bisa diartikan sebagai pergerakan aliran udara yang memberi pengaruh atau menyebabkan gerak kepada benda saat bergerak dengan kecepatan tertentu. CFD merupakan salah satu cara untuk mengetahui bentuk aerodinamik suatu benda dengan bentuk tertentu menurut (Bagus W Prastyo dkk, 2020).



Gambar 5. Aerodinamika

Dalam pertandingan F1, kecepatan mobil yang tinggi sangat mempengaruhi kemenangan suatu tim. Oleh karena itu, aerodinamis dari sebuah mobil balap menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam suatu pertandingan. Aero dinamis mobil penting karena mempengaruhi performa mobil sendiri.

II. Metode Penelitian

Untuk tempat yang digunakan dalam melaksanakan proses rancang bangun dari mobil listrik yang direncanakan dan dilakukan dibengkel INKAS A6.

Adapun langkah-langkah perancangan yang dilakukan dalam proses pembuatan rancang bangun mobil listrik ini, diantaranya:

1. Metode *Study* Lapangan

Mengamati proses pembuatan, untuk merancang mobil listrik ini proses awal melakukan proses pengamatan dan mempelajari dari mobil listrik yang sudah ada untuk pencarian data.

2. Metode wawancara

Metode wawancara, yaitu suatu metode pengumpulan data dimana penulis mengadakan mewawancarai secara langsung narasumber yang kompeten sesuai ilmunya.

3. Metode *Study Perpustakaan*

Menggali informasi dari penelitian ini yang dapat membantu dan menunjang proses pembuatan dan perakitan kendaraan listrik, mendalami struktur dasar elemen motor, pengukuran performa mobil listrik dan literatur lain yang mendukung.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari jurnal dan buku referensi yang relevan dengan perhitungan mesin AC split 2 PK. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Al Azhar, dengan tahapan penelitian yang didasarkan pada urutan waktu di mana penelitian dilakukan. Prosedur perancangan ulang komponen mesin pendingin untuk sistem pendinginan ruangan terdiri dari tiga tahapan utama: pengumpulan data eksisting mengenai evaporator, kompresor, kondensor, dan pipa kapiler; proses perhitungan perancangan ulang; serta analisis hasil yang diperoleh dari perancangan ulang tersebut.

Penelitian ini menggunakan perangkat sebagai berikut:

1. Laptop *Lenovo thinkpad T430*

Dengan Spesifikasi: *Prosesor Intel core i5-3320U 2.60 GHz* dengan RAM 8 GB type 64 Bit



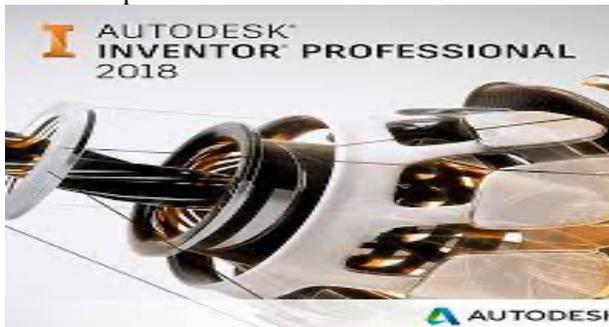
Gambar 7. Laptop *Lenovo Thinkpad T430*

2. Aplikasi *autodesk CFD 2019*



Gambar 8. *Autodesk CFD 2019*

3. Aplikasi *Autodesk Inventor 2018*



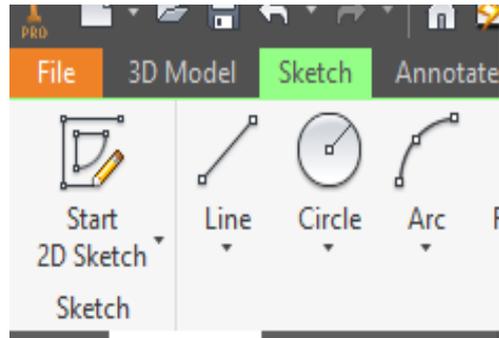
Gambar 9. *Autodesk Inventor 2018*

Membuat desain body di *Autodesk Inventor* diawali dengan:

A. *Proses Skecthing*

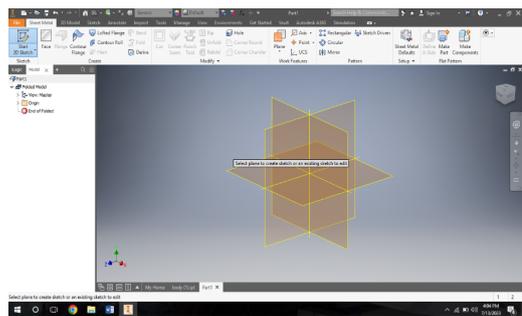
Proses sketch pada aplikasi Inventor adalah proses pembuatan sketsa 2D pada objek yang akan digunakan sebagai dasar untuk membuat objek 3D. Berikut adalah beberapa hal yang perlu anda ketahui tentang pembuatan sketsa pada aplikasi Inventor:

1. Proses sketch dilakukan pada mode "*Sketch*" pada *toolbar Inventor*.



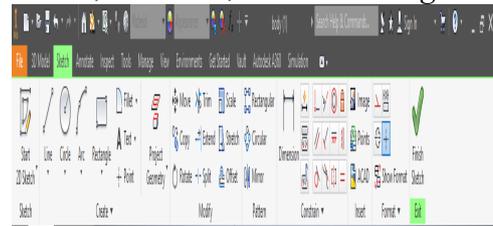
Gambar 10. *Start Sketch*

2. Setelah memilih mode "*Sketch*", pengguna dapat memilih objek yang ingin digambar sketsa 2D-nya.



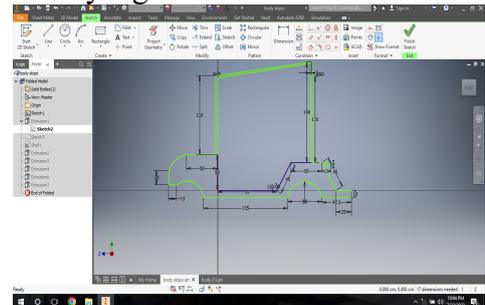
Gambar 11. *Panel Sketch*

3. Setelah memilih objek, kita dapat membuat sketsa 2D dengan menggunakan *tool* dasar seperti "*Line*", "*Circle*", dan "*Rectangle*".



Gambar 12. *Tool Sketch*

4. Setelah itu buatlah sketsa sesuai desain yang direncanakan.



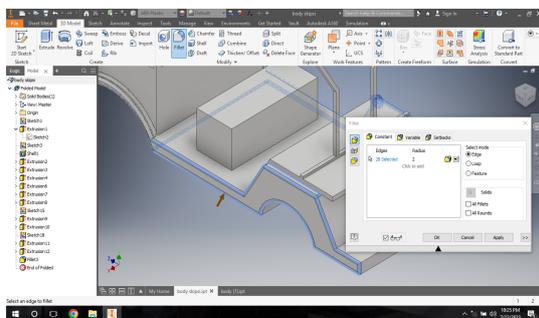
Gambar 13. *Gambar Sketch Body*

B. *Proses Extruding*

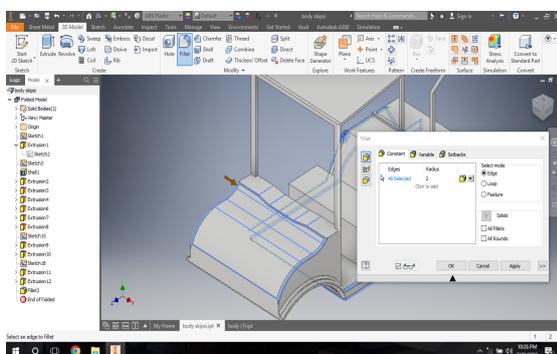
Fitur *extrude* pada *Autodesk Inventor* adalah salah satu fitur dasar yang berfungsi

untuk memberikan ketebalan, tinggi, atau kedalaman pada benda dengan ukuran tertentu. Dengan menggunakan fitur *extrude*, Anda dapat mengubah atau memberikan bentuk tiga dimensi pada objek tersebut. Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan fitur *extrude* tersebut adalah profil, *output operation*, *distance*, *to*, *to next*, *from to*, serta *all*. Profil merupakan bagian dari objek yang akan diekstrusi, *output* menentukan arah dan jarak ekstrusi, sedangkan *operation* menentukan apakah material akan ditambahkan atau dihapus. *Distance*, *to*, *to next*, *from to*, dan *all* adalah parameter-parameter yang dapat disesuaikan untuk mengatur hasil ekstrusi dengan lebih detail.

Setelah selesai membuat sketsa, kita dapat menambahkan dimensi dan constraint pada sketsa untuk memastikan objek yang dibuat sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan.



Gambar 14. *Fillet Body 1*

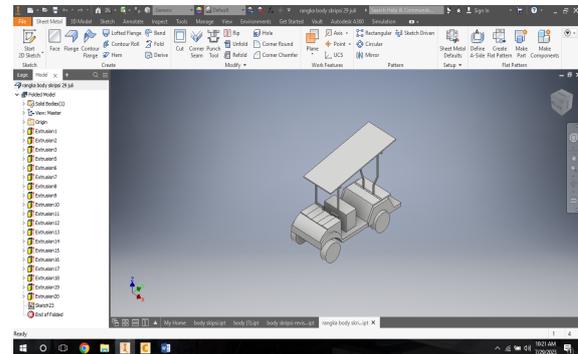


Gambar 15. *Fillet body 2*

III. Hasil dan Pembahasan

Dari uji simulasi dan perancangan yang dilakukan menggunakan software Autodesk CFD 2019, Autodesk Inventor 2018 dan perhitungan Cd (Koefisien Drag).

Kemudian, yang dilakukan oleh peneliti pada bodi kendaraan rancang bangun mobil listrik dengan konsep shuttle golf ini, didapatkan nilai 53,4 pada desain bodi pertama dan 34,3 pada desain bodi kedua.



Gambar 16. *Final Body*

Pada mobil ini dengan desain yang dirancang sedemikian rupa maka dipilihlah desain bodi kedua, berdasarkan kutipan dari Isworo, H (2019) Dari bentuk bodi tersebut memiliki aliran turbulen, bila dibandingkan dengan mobil-mobil konvensional yang sudah ada. Dilihat dari bodi kendaraan yang telah dibuat oleh Team INKAS A6 dengan bodi kendaraan yang telah dirancang oleh peneliti, didapatkan hasil yang aerodinamisnya cukup baik, dikarenakan kendaraan ini bukan untuk digunakan transportasi jarak jauh melainkan mobilitas jarak dekat.

Dalam menganalisa aerodinamika kendaraan, faktor utama adalah bodi dari mobil tersebut. Yang menjadi analisa dari bodi rancang bangun mobil tersebut adalah metode yang dinamakan *external flows*. Maksudnya, yang dianalisis adalah aliran di luar permukaan benda tersebut. Mengikuti persamaan rumus pada (8) maka hasil dari bilangan Reynold pada mobil ini mengikuti 2 desain bodi di atas adalah:

$Re = \frac{V \times D}{\nu}$ untuk mencari bilangan reynold pada desain bodi pertama. Dengan diketahui lebar bagian depan bodi 1,2 m.

Maka:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{6,7 \frac{m}{s} \times 1,2m}{1,6 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = \frac{8,04}{0,0016}$$

$$Re = 5025$$

$Re = \frac{V \times D}{\nu}$ untuk mencari bilangan reynold pada desain bodi kedua. Dengan diketahui lebar bagian depan bodi 1,1 m.

Maka:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{6,7 \frac{m}{s} \times 1,1m}{1,6 \times 10^{-3} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = \frac{7,37}{0,0016}$$

$$Re = 4606,25$$

Tabel 1. Intel dan Outlet

Sisi	Parameter	Nilai	
inlet 1	P_{in}	$1,013 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$	
	β_{in}	0.0 °C	
	$mach_{in}$	$3,823 \times 10^{-3}$	
	mf_{in}	$3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$	
	$min_{x,y,z}$	0.0	
	$node\ near$	$1,03 \times 10^3$	
	Re	5025	
	$Surafce$	88.0	
	$total\ mf_{in}$	$3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$	
	$total\ V.\ flow_{in}$	$2,88 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$	
	$V.\ flow_{in}$	$2,88 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$	
	outlet 1	P_{out}	$1,013 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$
		β_{out}	-0.0 °C
$mach_{out}$		$5,77 \times 10^{-3}$	
mf_{out}		$-3,45 \times 10^4 \frac{g}{s}$	
$min_{x,y,z}$		0.0	
$node\ near$		$1,02 \times 10^3$	
Re		5025	
$Surafce$		87.0	
$total\ mf_{out}$		$-3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$	
$total\ V.\ flow_{out}$		$2,87 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$	

Tabel 2. Simulasi pada inlet dan outlet dengan menggunakan CFD

Sisi	Parameter	Nilai
inlet 1	P_{in}	$1,013 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$
	β_{in}	0.0 °C
	$mach_{in}$	$3,823 \times 10^{-3}$
	mf_{in}	$3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$
	$min_{x,y,z}$	0.0
	$node\ near$	$1,03 \times 10^3$
	Re	5025
	$Surafce$	88.0
	$total\ mf_{in}$	$3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$
	$total\ V.\ flow_{in}$	$2,88 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$
	$V.\ flow_{in}$	$2,88 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$

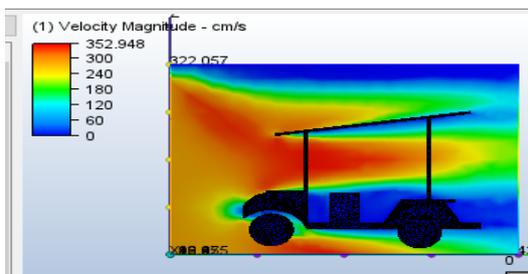
	P_{out}	$1,013 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$
	β_{out}	$-0.0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$mach_{out}$	$5,77 \times 10^{-3}$
	mf_{out}	$-3,45 \times 10^4 \frac{g}{s}$
	$min_{x,y,z}$	0.0
outlet 1	$node \ near$	$1,02 \times 10^3$
	Re	5025
	$Surafce$	87.0
	$total \ mf_{out}$	$-3,47 \times 10^4 \frac{g}{s}$
	$total \ V. \ flow_{out}$	$2,87 \times 10^7 \frac{cm^3}{s}$

Semakin besar nilai Re maka efek inersianya akan semakin besar dan efek visikotasnya akan semakin kecil. Untuk itu diatas maka cukup inersianya sajalah yang diperhitungkan.

Dengan didapatkan besarnya harga Reynold yang ada yaitu 5025 pada bodi pertama dan 4606 pada bodi kedua maka aliran yang terjadi pada keduanya adalah aliran turbulen

Tabel 3. Properti bahan

Name	Assigned to	Properties	Nilai
ABS (Molded)	Part1.Solid1 Part1.Solid1 Part1.Solid1	X-Direc	$1,53 \times 10^{-1} \frac{W}{m.K}$
		Y-Direc	Same as X-dir
		Z-Direc	Same as X-dir
		Densitas	$1.05 \frac{g}{cm^3}$
		Panas spesifik	$2.05 \frac{J}{g.K}$
		Emisi	0.469
		Transmisi	0.0
		Resistiv Electric	$1.65e+15 \ ohm-cm$
		Wall roughness	0.0 m
		Air	CFDCreated Volume
Viscosositas	$1.817e-05 \ Pa-s$		
Conductivit	$2,5 \times 10^{-2} \frac{W}{m.K}$		
Panas spesifik	$1,004 \times 10^3 \frac{J}{kg.K}$		
Compressibilitas	1.4		
Emisi	1		
Wall roughness	0		
Phase	Vapor Pressure		



Gambar 16. Simulasi CFD bodi 1

Untuk mencari nilai Cd (Koefisien drag) pada kedua jenis bodi itu maka langkah pertama yang harus mencari terlebih dahulu nilai drag (D), dengan menggunakan persamaan rumus (11) hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. *Field Variable Result* bodi pertama

Variabel	Max	Min
Koduktifitas	$1,53 \times 10^{-3} \frac{W}{cm.K}$	$2,56 \times 10^{-4} \frac{W}{cm.K}$
densitas	$1,05 \frac{g}{cm^3}$	$1,2 \times 10^{-3} \frac{g}{cm^3}$
ekoduktifitas	$256,3 \frac{W}{cm.K}$	$0 \frac{W}{cm.K}$
emisi	1	0
eviskositas	$181,7 \frac{g}{cm.s}$	$0 \frac{g}{cm.s}$
gent	$804,652 \frac{l}{s}$	$3,2 \times 10^{-2} \frac{l}{s}$
tekanan	$1,05 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$	$1,01 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$
p. tot	$1,03 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$	$1,01 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$
scall	0	0
seebeck	$0 \frac{V}{K}$	$0 \frac{V}{K}$
shgc	0	0
spech	$2,05 \frac{J}{g.K}$	$1,004 \frac{J}{g.K}$
t	$0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	$0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
transmisi	0.0	0.0
turbulen	$1,4 \times 10^5 \frac{cm^2}{s^3}$	$0,4 \times 10^4 \frac{cm^2}{s^3}$
turbk	$2,4 \times 10^4 \frac{cm^2}{s^3}$	$1,82 \times 10^{-7} \frac{cm^2}{s^2}$
ufactor	0.0	0.0
viscositas	$1,82 \times 10^{-5} \frac{g}{cm.s}$	$0,0001 \frac{g}{cm.s}$
vx vel	$206,145 \frac{cm}{s}$	$-193,197 \frac{cm}{s}$
vy vel	$385,396 \frac{cm}{s}$	$-75,6029 \frac{cm}{s}$
vz vel	$183,159 \frac{cm}{s}$	$-161,973 \frac{cm}{s}$
wrough	0.0 cm	0.0 cm

Tabel 5. *Field Variable Result* bodi kedua

Variabel	Max	Min
Koduktifitas	$1,53 \times 10^{-3} \frac{W}{cm.K}$	$2,56 \times 10^{-4} \frac{W}{cm.K}$
densitas	$1,05 \frac{g}{cm^3}$	$1,2 \times 10^{-3} \frac{g}{cm^3}$
ekoduktifitas	$256,3 \frac{W}{cm.K}$	$0,0 \frac{W}{cm.K}$
emisi	1.0	0.0
eviskositas	$181,7 \frac{g}{cm.s}$	$0,0 \frac{g}{cm.s}$
gent	$898175,0 \frac{l}{s}$	$0,0316228 \frac{l}{s}$
tekanan	$1,03 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$	$1,01 \times 10^6 \frac{dyne^2}{cm^2}$
p. tot	$1,03 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}$	$1,01 \times 10^6 \frac{dyne}{cm^2}/cm^2$
scall	0.0	0.0
seebeck	$0,0 \frac{V}{K}$	$0,0 \frac{V}{K}$
shgc	0.0	0.0
spech	$2,05 \frac{J}{g.K}$	$1,004 \frac{J}{g.K}$
t	$0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	$0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
transmisi	0.0	0.0
turbulen	$4,6 \times 10^{10} \frac{cm^2}{s^3}$	$3,75 \times 10^{-4} \frac{cm^2}{s^3}/s^3$
turbk	$1,14 \times 10^4 \frac{cm^2}{s^3}$	$1,82 \times 10^{-7} \frac{cm^2}{s^2}$
ufactor	0.0	0.0

viscositas	$1,81 \times 10^{-5} \frac{g}{cm.s}$	$0.0 \frac{g}{cm.s}$
vx vel	$208.943 \frac{cm}{s}$	$-218.419 \frac{cm}{s}$
vy vel	$352.525 \frac{cm}{s}$	$-106.013 \frac{cm}{s}$
vz vel	$199.636 \frac{cm}{s}$	$-186.205 \frac{cm}{s}$
wrough	0 cm	0 cm

IV. Kesimpulan

Desain pada rancang bangun yang dilakukan menggunakan aplikasi inventor ini memiliki dimensi yang bagus sehingga mempermudah peneliti untuk melakukan metode simulasi di aplikasi Autodesk CFD karena tanpa harus menexport gambar. Pembuatan 1 desain rancangan chassis dan 2 desain rancangan bodi ini mudah untuk dianalisis dan disimulasikan.

Aliran udara yang melewati bodi kendaraan rancang bangun ini adalah aliran turbulen. Dari simulasi yang dilakukan pada aplikasi Autodesk CFD 2019 adalah pressure maksimal pada bodi kendaraan yang dipilih sebesar 102683 Pa dan untuk pressure minimal yang didapatkan sebesar 101316 Pa. Dan proses simulasi ini didapatkan nilai pressure maksimal dan minimal, beserta kecepatan udara relative pada bodi kendaraan rancang bangun mobil listrik ini. Berikut nilai yang didapatkan untuk hasil perhitungan Drag force pada desain bodi yang dipilih adalah 2367 Pa kemudian kecepatan relative maksimal yang didapatkan sebesar 352.525 m/s dan untuk kecepatan udara relative minimal yang didapatkan adalah -106.013 m/s. Serta nilai gaya gesek udara dan hambatan udara yang diterima adalah 0,484 N dan 61,611 N.

Dari hasil simulasi yang dilakukan, peneliti mencoba menghitung coefisient drag dengan persamaan nilai yang sudah ditentukan pada landasan teori. Didapatkan nilai coefesient drag pada desain bodi yang dipilih pada rancang bangun mobil listrik ini sebesar 34,3. Dan dari nilai yang didapatkan pada proses perhitungan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa mobil listrik ini memiliki aerodinamis yang baik.

Daftar Pustaka

- Bagus Wahyu Prastyo, d. (2020). *Analisis Aerodinamik Pada Bodi Mobil Hemat Eenergi Lintang Samudra Menggunakan Metode CFD*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim .
- Batara, d. (2022). *Analisis Kebutuhan Tenaga Penggerak Pada Transporter Kapasitas 750 Kg*. Jambi: Universitas Jambi.
- DEEPAK MOHANRAJ, d. (2022). *A Review of BLDC Motor: State of Art, Advanced Control Techniques, and Applications*. Chennai: Department of Electrical and Electronics Engineering, SRM Institute of Science and Technology.
- Dr. Ir. Agus Wibowo, M. M. (2021). *Mobil listrik Dengan Baterai Lithium-Ion*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Drastiawati, N. S. (2019). *Analisis Kekuatan Material Fiber Carbon dengan Variasi Core terhadap Kekuatan Impak pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa Racing Team*. Surabaya: Universita Surabaya.
- Ida Kaniawati, d. (2023). *Mekanika Newtonian dan Signifikansi Filosofisnya*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Indra Diantoro, d. (2022). *Pengaruh Lokasi Ketebalan Maksimum Airfoil Simetrikal Terhadap Coefficient Drag Dan Coefficient Lift Pada Main Rotor Helikopter Bell 412* .

- Magelang: Pertahanan Akademi
Militer Magelang.
- Isworo, H. (2019). *Analisis Nilai Koefisien Drag Pada Model Mobil Listrik Wasaka* . Banjarmasin: Politeknik Negeri Banjarmasin .
- Matius Umbu Laga, d. (2019). *Desain Modul Pembelajaran Mandiri Tentang Gerak Parabola Pada Bidang Datar Dengan Memperhitungkan Gesekan Udara* . Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana .
- Muchammad. (2019). *Analisis Momen Poros Dan Gaya Samping Horn Rudder Bidang Kendali Pesawat N-XXX Menggunakan CFD* . Semarang: Universitas Diponegoro.
- Muhammad Ruswandi Djalal, d. (2019). *Speed Control Series DC Motor Using Ant colony Optimasion* . Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang .
- Munadi, d. (2021). *Pengujian Efisiensi Energi Motor BLDC 72 Volt – 7kW untuk Aplikasi Model Electric Urban Car* . Semarang: Universitas Diponogoro .
- Mustopa. (2022). *Perancangan Bodi Mobil* . Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.