

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN DOSEN PEMULA  
UNIVERSITAS LAMPUNG**



**ANALISIS AERODINAMIKA DESAIN MOBIL LISTRIK *ECO CAMPUS*  
UNILA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENELITIAN DOSEN PEMULA UNIVERSITAS LAMPUNG**

Judul Penelitian : Analisis Aerodinamika Desain Mobil Listrik Eco Campus UNILA

Manfaat sosial ekonomi : Menekan konsumsi energi fosil dan membangun ekonomi yang berkelanjutan.

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Akhmad Rizsal, M.Eng.

b. Jabatan Fungsional : -

c. Program Studi : Teknik Mesin

d. SINTA ID : 6164990

e. Nomor HP : 081322229293

f. Alamat surel (e-mail) : rizsal.eng@gmail.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Martinus, M.Sc

b. Jabatan Fungsional : Lektor

c. SINTA ID : 6680901

d. Program Studi : Teknik Mesin

Anggota Peneliti (2)

e. Nama Lengkap : Ahmad Yonanda, M.T

f. Jabatan Fungsional : -

g. SINTA ID : 6679212

h. Program Studi : Teknik Mesin

Jumlah mahasiswa yang terlibat : 2 orang

Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang

Jumlah staf yang terlibat : 0 orang

Lokasi kegiatan : Laboratorium Fluida, Teknik Mesin UNILA.

Lama kegiatan : 6 Bulan

Biaya Penelitian : Rp.15.000.000,-

Sumber dana : DIPA BLU Unila

Bandar Lampung, 15 September 2021

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik,

  
(Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng )  
NIP. 196207171987031002

Ketua Peneliti,

  
(Akhmad Rizsal, M.Eng)  
NIP. 199003272019031008

Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas Lampung,

  
(Dr. Ir. Luspeni Afriani, DEA)  
NIP. 196505101993032008

## IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian: Analisis Aerodinamika Desain Mobil Listrik *ECO Campus* UNILA
2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Akhmad Riszal, M.Eng	Ketua	Produksi	Teknik Mesin	10
2	Martinus, M.Sc	Anggota 1	Produksi	Teknik Mesin	8
3	Ahmad Yonanda, M.T	Anggota 2	Konversi Energi	Teknik Mesin	8
4	Sigit Kurniawan NPM.2015021091	Mahasiswa	-	Teknik Mesin	10
5	Mario Pasaribu NPM.1715021021	Mahasiswa	-	Teknik Mesin	10

3. Objek Penelitian (Jenis Material yang akan diteliti dan segi penelitian)  
Simulasi desain kendaraan listrik yang akan di rancang. Simulasi menggunakan *software Ansys Workbanch.19* dengan *CFD Solver*.
4. Masa Pelaksanaan  
Mulai : bulan April Tahun: 2021  
Berakhir : bulan September Tahun: 2021
5. Usulan Biaya Rp. 15.000.000,-
6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan): Laboratorium Mekanika Fluida, Teknik Mesin Unila.
7. Instansi lain yang terlibat (Jika ada dan uraikan apa kontributornya)  
.....  
.....
8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (Uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan Iptek):  
Salah cara meningkatkan efisiensi kendaraan yang dirancang, maka harus dilakukan kajian aerodinamika secara komprehensif. Distribusi aliran fluida pada permukaan kendaraan berpengaruh dari hambatan fluida yang melewatinya berupa drag force kontur tekanan dan kecepatan, sehingga perlu dikaji fenomena distribusi aliran fluida dengan variasi kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h untuk dilakukan pengembangan desain kendaraan untuk mendapatkan efisiensi yang optimal.
9. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran untuk setiap penerima hibah (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah dan tahun rencana publikasi):  
Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (Submitted).

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>IDENTITAS DAN URAIAN UMUM</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Tujuan Khusus .....	2
1.3.Urgensi Penelitian .....	2
1.4.Luaran yang ditargetkan dan Manfaat .....	2
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Prinsip dasar Eksternal Flow pada kendaraan .....	3
2.2. Gaya Hambat ( <i>Drag Force</i> ) dan Gaya Angkat ( <i>Lift Force</i> ) .....	4
2.3. Lapis Batas (Boundary Layer) .....	5
2.4. Separasi Aliran .....	6
2.5. CFD ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> ) .....	6
2.6. Model Turbulen .....	7
2.7. <i>State of The Art</i> Penelitian .....	9
2.8. Peta Jalan ( <i>Road Map</i> ) Penelitian .....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2. Alat dan Bahan .....	12
3.3. Alur Penelitian .....	12
3.4. Desain Body Mobil .....	13
3.5. CFD ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> ).....	14
3.6. Validasi Data .....	16
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>17</b>
4.1. Hasil Komputasi CFD.....	16
4.2. Karakteristik Aerodinamika Kendaraan .....	19
<b>BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>17</b>
5.1. Kesimpulan.....	26
5.2. Saran .....	26
<b>REFERENSI</b> .....	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 01. Aliran udara di sekitar kendaraan .....	3
Gambar 02. Distribusi aliran fluida pada plat datar .....	5
Gambar 03. Separasi Aliran pada silinder .....	6
Gambar 04. Roadmap Penelitian .....	10
Gambar 05. <i>Flow Chart</i> Simulasi .....	13
Gambar 06. Geometri Kendaraan .....	14
Gambar 07. Meshing kendaraan pada Domain .....	15
Gambar 08. Variasi Kecepatan terhadap drag force .....	17
Gambar 09. Nilai Cd setiap kecepatan.....	15
Gambar 10. Nilai Tekanan pada variasi kecepatan .....	19
Gambar 11. Velocity Stream Line pada Variasi Kecepatan .....	21
Gambar 12. Velocity Contour pada Variasi Kecepatan .....	23
Gambar 13. Pressure Contour pada Variasi Kecepatan .....	25

## DAFTAR TABEL

Tabel 01. Spesifikasi simulasi Kendaraan .....	13
--	----

## RINGKASAN

Penggunaan energi fosil sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan lingkungan. Dampak yang sudah kita rasakan adalah adanya pemanasan global dengan musim yang sudah tidak menentu. Sehingga kita harus mempunyai komitmen untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil guna untuk menjaga lingkungan yang berkelanjutan. Hal ini senada dengan komitmen Universitas Lampung (UNILA) dalam menjadikan kampus Unila sebagai *Green Campus*. Pada tahun 2019, Unila mendapat peringkat ke 18 Nasional *Ranking UI Green Metric*. Salah satu untuk menjaga komitmen sebagai kampus hijau, hal terkecil dalam pengurangan emisi dimulai dari penggunaan transportasi menggunakan listrik. Misalkan, penggunaan mini bus listrik, mobil listrik, motor listrik dan sepeda listrik. Pengembangan teknologi kendaraan berbasis listrik tidaklah mudah dan murah, karena harus dilakukan kajian-kajian dan pengembangan teknologi yang akan dipakai guna mengoptimalkan efisiensi kendaraan. Mobil listrik merupakan kendaraan yang bebas emisi dan kendaraan yang memungkinkan untuk dikembangkan guna mengurangi masalah lingkungan. Berkaitan dengan efisiensi kendaraan, banyak sekali faktor yang bisa dikaji secara komprehensif, khususnya pada penelitian ini akan dikaji desain mobil listrik dan analisis aerodinamika kendaraan. Tujuan dari analisis ini untuk mengetahui desain bentuk atau geometri kendaraan, hal ini dikarenakan adanya pengaruh terhadap efisiensi kendaraan dari sudut pandang aerodinamika. Adanya fenomena aliran fluida yang terdistribusi di permukaan-permukaan kendaraan sehingga dengan adanya kajian aerodinamika kita dapat mengetahui fenomena *drag force*, *velocity*, koefisien tekanan dengan variasi kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h pada saat dilakukan simulasi. Kemudian tujuan jangka panjang dapat mengembangkan kendaraan listrik dampai ke tahap pembuatan prototipe atau produksi mobil listrik yang diharapkan.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D). hal ini dikarenakan akan dilakukan pembuatan desain kendaraan yang optimal dengan kajian-kajian aerodinamika secara komprehensif. Penelitian ini menggunakan *Software Ansys Workbench.19* dengan CFD Solver. kemudia metode yang digunakan dalam simulasi atau running geometri (desain kendaraan) menggunakan metode turbulen k-epsilon *realizable standard wall function*. Sebelum dilakukan running bentuk kendaraan, maka terlebih dulu kita setting kondisi batas kemudian lakukan *meshing*. Penggunaan jenis *meshing* disesuaikan dengan bentuk atau bagian dari geometri yang akan disimulasi. Setelah *meshing* selesai, maka dilakukan running menggunakan CFD solver untuk mendapatkan *report* dari simulasi yang dilakukan.

Target penelitian ini adalah diperolehnya desain mobil listrik dengan kajian aerodinamika dan report simulation atau data distribusi aliran pada kendaraan dengan variasi kecepatan kendaraan. Hasil penelitian yang diharapkan adalah dapat memberi kontribusi pengetahuan dan hasil desain kendaraan listrik yang optimal, dengan harapan pada penelitian lanjutan dapat membuat prototype atau produk kendaraan listrik sehingga dapat dimanfaatkan oleh kepentingan internal Kampus UNILA.

**Kata kunci:** aerodinamika, efisiensi, cfd, *meshing*

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Sumber energi yang paling banyak digunakan di Dunia sekarang ini adalah energi fosil. Di Indonesia sumber energi yang digunakan masyarakat sebagian besar masih menggunakan energi fosil berupa minyak bumi, gas bumi dan batu bara. Pada sektor transportasi pada tahun 2018, permintaan energi terbanyak di sektor transportasi adalah BBM (96%) dan sisanya dipasok oleh biodiesel dan gas bumi (DEN RI, 2019). Dampak dari penggunaan energi fosil salah satunya terjadi pemanasan global. Untuk menekan konsumsi energi dapat dimulai dari sektor transportasi yang terkecil yaitu transportasi di lingkungan perguruan tinggi atau kampus. Salah satu kampus yang mempunyai konsep ramah lingkungan adalah Universitas Lampung (UNILA). Penerapan *green kampus* di lingkungan akademisi sangat tepat karena kampus merupakan tempat lahirnya intelektual muda generasi penerus bangsa yang diharapkan menjadi *role model* atau pelopor bagi institusi.

*Green Campus* merupakan konsep utama dalam pengelolaan yang berkesinambungan dan berkelanjutan dengan memperhatikan aspek-aspek lingkungan dan dampaknya. UNILA mempunyai komitmen untuk tercapainya kampus berkelanjutan dengan adanya ruang terbuka hijau yang luas, pengolahan sampah dan lain-lain. Disamping itu, UNILA masuk dalam Ranking 18 *Green Metric* di Indonesia. Salah satu konsep dari penilainnya yaitu dengan menggunakan transportasi ramah lingkungan sebagai alat transportasi internal kampus yaitu mobil listrik. Mobil listrik merupakan kendaraan yang bebas emisi dan ramah lingkungan. Dalam penerapan konsep *green campus* di UNS (Universitas Sebelas Maret) pada sektor transportasi sangat efektif dilakukan dengan zonasi parkir, sepeda, dan kendaraan *zero emission* dengan sepeda listrik, motor listrik dan mobil listrik (Hakimatul, 2020). Salah satu konsep *green campus*, maka UNILA direkomendasikan peneliti untuk mengembangkan mobil listrik guna untuk kebutuhan transportasi internal. Dalam pengembangan mobil listrik tidaklah mudah, harus dilakukan kajian-kajian yang komprehensif mulai dari desain mobil, aerodinamika desain, chasis mobil, sistem kontrol, sistem transmisi, sistem penyimpanan energi listrik dan lain sebagainya. Sehingga dalam penelitian ini, akan diteliti dan dikaji secara komprehensif desain mobil listrik dengan kapasitas 4 penumpang dan analisis aerodinamika berdasarkan variasi kecepatan (10, 20,

30, 40, 50, 60 km/h) mobil listrik dengan harapan untuk penelitian selanjutnya dapat membuat sebuah produk mobil listrik.

### **1.2. Tujuan Khusus**

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mendesain sebuah mobil listrik dengan kapasitas 4 penumpang dan dilakukan analisis aerodinamika secara komprehensif dengan kajian mekanika fluida untuk mengetahui karakteristik aliran fluida baik koefisien tekanan, velocity dan Gaya hambat (*drag force*) yang melintasi area permukaan kendaraan berdasar variasi kecepatan kendaraan agar kendaraan lebih efisien. Untuk menganalisis fenomena distribusi aliran fluida tersebut dapat menggunakan Software Ansys Workbench.19 dengan CFD Solver.

### **1.3. Urgensi Penelitian**

Di Indonesia masih banyak sekali kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar fosil. Sesuai dengan regulasi Peraturan Presiden Perpres No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan. Disamping itu, dengan komitmen UNILA sebagai *green campus* dan keikutsertaan UNILA dalam UI *Green Metric*, pada tahun 2019 UNILA diperingkat 18 diantara kampus-kampus di Indonesia. Salah satu bentuk kontribusi peneliti untuk menjadikan UNILA sebagai *Green Campus* maka akan dilakukan kajian dan penelitian pengembangan mobil listrik sebagai sarana transportasi internal kampus. Sebelum dilakukan pembuatan produk, maka akan dibuat desain kendaraan kapasitas 4 penumpang dan kajian aerodinamika kendaraan secara komprehensif dengan variasi Kecepatan..

### **1.4. Luaran yang ditargetkan dan Manfaat**

Luaran atau temuan yang ditargetkan adalah:

- a. Desain kendaraan listrik dengan 4 penumpang.
- b. Analisis aerodinamika kendaraan listrik.
- c. Jurnal nasional Journal of Science and Applicative Technology JSAT (E-ISSN 2581-0545) dan output Tambahan Prosiding Internasional IC STAR UNILA.
- d. Sebagai referensi ilmu pengetahuan dalam mengaplikasikan dan pemanfaatan ilmu teknik mesin untuk sumbangsih lingkungan lingkungan yang berkelanjutan.

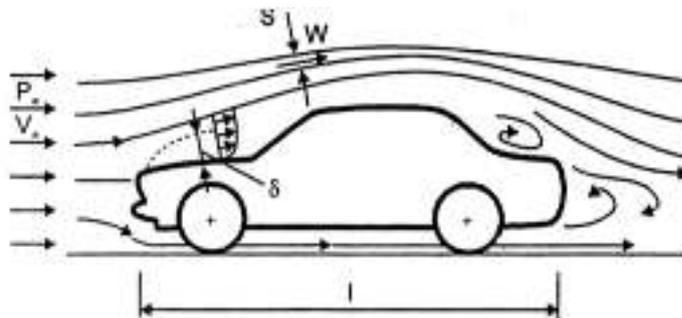
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Aerodinamika pada kendaraan merupakan bagian penting dari desain kendaraan hal ini dikarenakan aerodinamika berkaitan dengan efisiensi kendaraan, sehingga ketika mendesain kendaraan haruslah direncanakan dengan baik. Secara umum, dilakukannya analisis aerodinamika kendaraan untuk memperkecil gaya hambat (*drag force*). Ketika mobil jalan, maka akan meningkatkan gaya aerodinamika yang terjadi di sekitar mobil (terjadi fenomena-fenomena aliran) meliputi gaya angkat (*lift force*), gaya hambat (*drag force*) dan gaya samping kendaraan (*side force*). Selain itu fenomena aliran juga bisa dilihat dari atap mobil atau kolom mobil. Stabilitas mobil dipengaruhi oleh aliran fluida yang melewati bodi kendaraan. Menurut Cengel, Y dan Robert H, (2006) klasifikasi aliran fluida meliputi Aliran *Viscous dan Inviscid*, Aliran Internal dan Eksternal, Aliran Kompresibel dan inkompresibel. Dalam penelitian ini akan dibahas yaitu aliran eksternal pada kendaraan.

Udara yang melewati kendaraan sangat berpengaruh dengan distribusi aliran fluida ketika melewati kendaraan. Udara merupakan fluida yang mempunyai densitas dan viskositas. Densitas ( $\rho$ ) merupakan massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan ( $P$ ) dan temperatur ( $T$ ).

### 2.1. Prinsip dasar Eksternal Flow pada kendaraan

Aliran eksternal merupakan aliran fluida yang melewati kontur suatu benda tanpa adanya batas. Misalkan aliran fluida pada suatu plat datar atau bodi kendaraan yang melewati sisi luar permukaan datar atau permukaan yang melengkung. Pola dan distribusi aliran pada kendaraan terjadi adanya gaya dan momentum sehingga berpengaruh pada gaya hambat dari kendaraan. Misalkan pada gambar 01.



Gambar 01. Aliran udara di sekitar kendaraan (Sutantra.I.N, 2001)

Pada aliran eksternal diketahui Bilangan Reynold (*Reynold Number*) sangat berpengaruh terhadap kecepatan dan bentuk bodi kendaraan. Besar kecilnya Bilangan Reynold pada kendaraan ditentukan oleh dimensi, kecepatan dan viskositas. Menurut Claudius (2018) menjeaskan bahwa semakin besar *Reynold Number* maka *drag coefficient* akan semakin kecil dengan adanya peningkatan kecepatan pada aliran fluida. Sehingga dalam perancangan desain kendaraan dapat dikaji secara komprehensif guna untuk memperkecil *drag force*.

## 2.2. Gaya Hambat (*Drag Force*) dan Gaya Angkat (*Lift Force*)

Gaya hambat adalah besarnya gaya yang bergerak di atas sebuah objek yang mempunyai posisi sejajar dengan aliran bebas (*free stream*). Hal ini dikarenakan adanya gesekan antar fluida (*friction drag*) pada permukaan benda dan adanya beda tekanan. *Friction drag* tergantung pada besarnya gesekan permukaan fluida, besarnya tegangan geser, viskositas, kekasaran permukaan, gradien kecepatan dan stream line body. Sedangkan drag dengan beda tekanan (*form drag*) dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran, distribusi tekanan, wake dan *Reynold Number* dengan aliran fluida pada benda (Munson, 2006).

Gaya Hambat D, dapat ditulis rumus hasil kali koefisien drag, tekanan dinamis arus bebas dan Luas arean dengan rumus sebagai berikut:

$$D = C_d \frac{\rho \cdot U_s^2}{2} A \quad (2.1)$$

Kemudian, dengan persamaan *Reynold Number* berdasar pada kecepatan aliran bebas dan pada panjang L Benda dengan model aliran sejajar. Persamaan *Reynold Number* dapat ditulis sebagai berikut.

$$Re = \frac{\rho \cdot U_\infty \cdot L}{\mu} = \frac{U_\infty \cdot L}{\nu} \quad (2.2)$$

Gaya Lift (*Lift Force*) merupakan gaya yang disebabkan oleh efek bernauli, ketika fluida bergerak cepat maka tekanan yang timbul akan semakin kecil. Sehingga kecepatan fluida pada permukaan atas benda lebih cepat daripada kecepatan fluida yang di bawah permukaan benda. Terjadinya beda tekanan permukaan antara atas benda dan bawah benda yang mana permukaan atas mempunyai tekanan yang lebih kecil dibandingkan permukaan bawah benda. Sehingga dengan adanya beda tekanan ini yang menyebabkan timbulnya gaya angkat. Gaya angkat dapat dirumuskan.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 A \quad (2.3)$$

Dimana,

$F_L$  : Gaya angkat (Newton)       $\rho$  : Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_L$  : Koefisien Lift       $A$  : Luas area (m)

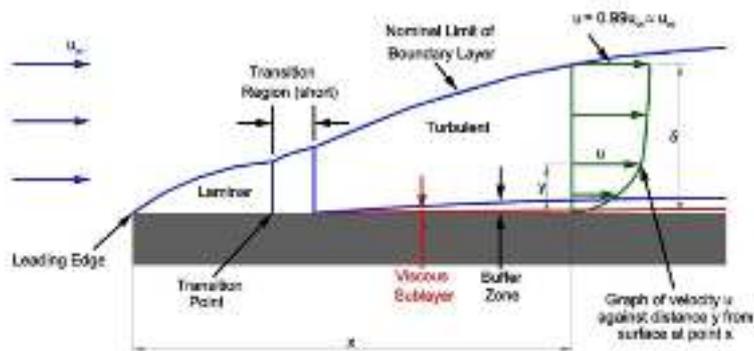
$V$  : Kecepatan relative antara kendaraan dengan udara (m/s)

### 2.3. Lapis Batas (Boundary Layer)

Suatu aliran disebut aliran eksternal jika aliran fluida yang melewati benda tanpa adanya batas. Lapis batas merupakan lapisan tipis pada *solid surface* yang letaknya diantara fluida dan permukaan kontur benda. Aliran yang melintasi kontur diklasifikasikan menjadi dua daerah yaitu:

1. Daerah di dalam lapis batas (dekat permukaan kontur) dengan efek viskositas yang sangat berpengaruh (*viscous flow*).
2. Daerah di luar lapis batas dengan efek viskositas diabaikan (*nonviscous flow*).

Perhatikan distribusi aliran pada plat datar pada gambar 02.



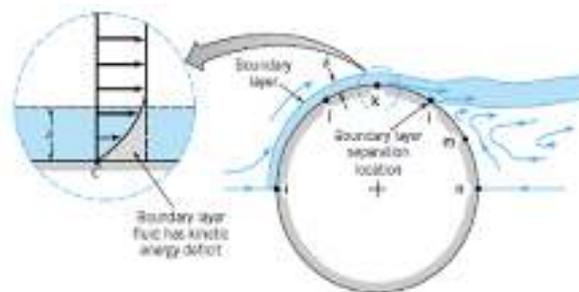
Gambar 02. Distribusi aliran fluida pada plat datar (Khatri et al. 2012)

Saat fluida mengalir ke body kendaraan, maka kecepatan fluida akan berubah yaitu kecepatan dari keadaan uniform ( $U_\infty$ ) ke kondisi aliran berupa kecepatan. Hal ini dipengaruhi oleh viskositas fluida dan bentuk kontur body kendaraan saat fluida melewati body kendaraan. Distribusi kecepatan di mulai dari titik permukaan padat dengan kecepatan nol (*zero velocity*), kemudian akan menjadi besar ketika fluida menjahui permukaan body kendaraan. Pengaruh tegangan geser akan hilang pada posisi tertentu sehingga kecepatan fluida mencapai fluida non viscous. Pada posisi ini lah yang

merupakan batas fluida viscous dan non viscous. Jarak antara permukaan padat arah normal hingga posisi tersebut merupakan sebagai lapis batas (*boundary layer thickness*). Proses terjadinya *boundary layer* tersebut, saat melewati kontur body kendaraan terjadi perbedaan  $C_p$  yang menimbulkan perbedaan  $C_D$  (*Koefisien Drag*) dan  $C_L$  (*Koefisien Lift*).

#### 2.4. Separasi Aliran

Separasi aliran merupakan kondisi dimana aliran fluida yang mengalir di sepanjang permukaan benda tidak mampu berdekatan dengan permukaan benda sehingga dapat mengakibatkan penurunan distribusi tekanan dan menimbulkan *drag force*. Separasi aliran terjadi karena adanya efek viscous pada fluida. Misalkan pada gambar 03. Contoh sparasi aliran pada silinder, dengan adanya efek viscous fluida pada titik k pada permukaan silinder akan keheingan energi kinetik, sehingga tidak memiliki gaya momentum untuk dapat mengalir pada lapis batas menuju n. pada titik k merupakan titik dimana separasi aliran terjadi. Kemudian, pada titik l menuju n terjadi aliran balik karena adanya beda kecepatan yang tinggi antara daerah yang terjadi golakan denga *boundary layer*.



Gambar 03. Separasi Aliran pada silinder (Munson, 2002)

Biasanya pada kendaraan separasi aliran terjadi di gril radiator, bawah body, sekitar roda, bagian samping, permukaan atas bagian belakang dan pada body belakang kendaraan. Menurut Abdul, dkk (2015) bahwa dengan adanya separasi aliran dan adanya *wake* maka aliran fluida pada kendaraan akan mempengaruhi besar kecilnya *drag force* pada kendaraan.

#### 2.5. CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

*Computational Fluid dynamic* dapat dibagi menjadi dua yaitu komputasi yang berhubungan dengan matematika dan metode numerik (komputasi). CFD digunakan

dalam penelitian ini untuk memprediksi fenomena aliran fluida dengan penyelesaian persamaan-persamaan matematika dengan cara komputasi. Biasanya, persamaan-persamaan fluida yang dianalisis yaitu persamaan diferensial parsial yang mempresentasikan hukum konservasi massa, momentum dan energi. CFD memprediksikan aliran fluida berdasarkan model matematika (persamaan diferensial parsial dan persamaan Navier-Stokes, metode numerik (teknik solusi dan diskritisasi) dan tool perangkat lunak dengan Solver.

Pada umumnya tahapan komputasi CFD ada beberapa tahap, diantaranya:

a. *Preprocessing*

Merupakan langkah pembuatan dan menganalisis dari sebuah model yang akan di simulasikan di CFD. Secara teknis urutan dalam tahap ini adalah dengan pembuatan model, setting kondisi batas, lakukan *meshing*, dan sifat-sifat fluida.

b. *Solving*

*Solving/solver* pada tahap ini yaitu inti mencari solusi numerik secara komputasi dengan menghitung kondisi-kondisi yang sudah diterapkan pada saat *preprocessing*

c. *Postprocessing*

Langkah terakhir dalam analisis CFD dengan menginterpretasikan data hasil simulasi CFD yang berupa gambar, kurva, grafik dan animasi dan lain-lain.

## 2.6. Model Turbulen

Sebelum menentukan model viskos, maka yang harus ditentukan adalah bentuk aliran fluida yang akan disimulasikan termasuk dalam bentuk laminar atau turbulen dengan cara mengetahui bilangan *Reynold* lebih dahulu. Aliran turbulen berupa medan kecepatan yang berfluktuasi. Fluktuasi kecepatan tersebut mempunyai berbagai besaran seperti momentum dan energi. Ada beberapa macam turbulensi diantaranya adalah:

1. Model Spalart–Allmaras.

2. Model  $k-\varepsilon$ .

- Model *standart*  $k-\varepsilon$
- Model RNG  $k-\varepsilon$
- Model *realizable*  $k-\varepsilon$ .

3. Model  $k-\omega$ .

- Standard  $k-\omega$  model

- Shear-stress transport (SST)  $k-\omega$  model

4. *Reynolds stress model (RSM)*

5. *Large eddy simulation (LES) model*

Dalam penelitian ini menggunakan aliran turbulen model  $k$ -epsilon ( $k-\epsilon$ ) standart. Menurut Joshua (2017) menggunakan metode *turbulen  $k$ -epsilon realizable standard wall function* untuk mensimulasikan karakteristik aliran rata-rata untuk aliran fluida turbulen sehingga dapat mengetahui gambaran fenomena lairan turbulen pada body kendaraan. Energi kinetik turbulen  $k$  dan tingkat disipasi  $\epsilon$  diperoleh dari persamaan umum aliran fluida di bawah ini:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j}) \quad (2.5)$$

Persamaan 2.4 dan 2.5 merupakan persamaan *Reynolds-averaged Navier-Stokes* (RANS) pada koordinat kartesius, dimana  $(-\rho \overline{u'_i u'_j})$  adalah *Reynolds stresses* dengan komponen kecepatan,

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i \quad (2.6)$$

Persamaan 2.5 dapat dituliskan dalam bentuk yang menyatakan model  $k-\epsilon$  sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + S_\epsilon \quad (2.8)$$

$G_k$  = pembangkitan energi kinetik turbulen akibat gradient kecepatan rata-rata

$G_b$  = pembangkitan energi kinetik turbulen akibat *buoyancy*

$Y_M$  = melambangkan kontribusi akibat kompresibilitas

$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i}$  (*mean turbulent kinetic energy*)

$C_{1\epsilon}$ ,  $C_{1\epsilon}$ , dan  $C_{1\epsilon}$  adalah konstanta,  $\sigma_k$  dan  $\sigma_\epsilon$  merupakan bilangan turbulen Prandtl untuk  $k$  dan  $\epsilon$ . Viskositas turbulen  $\mu_t$  dihitung dari mengkombinasikan  $k$  dan  $\epsilon$  dengan rumus:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (2.9)$$

dimana  $C_\mu$  adalah konstanta. Pada konstanta tersebut di setting secara default. Dengan nilai:

$$C_{1\varepsilon} = 1.44, C_{2\varepsilon} = 1.92, C_{\mu} = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_{\varepsilon} = 1.3$$

## 2.7. State of The Art Penelitian

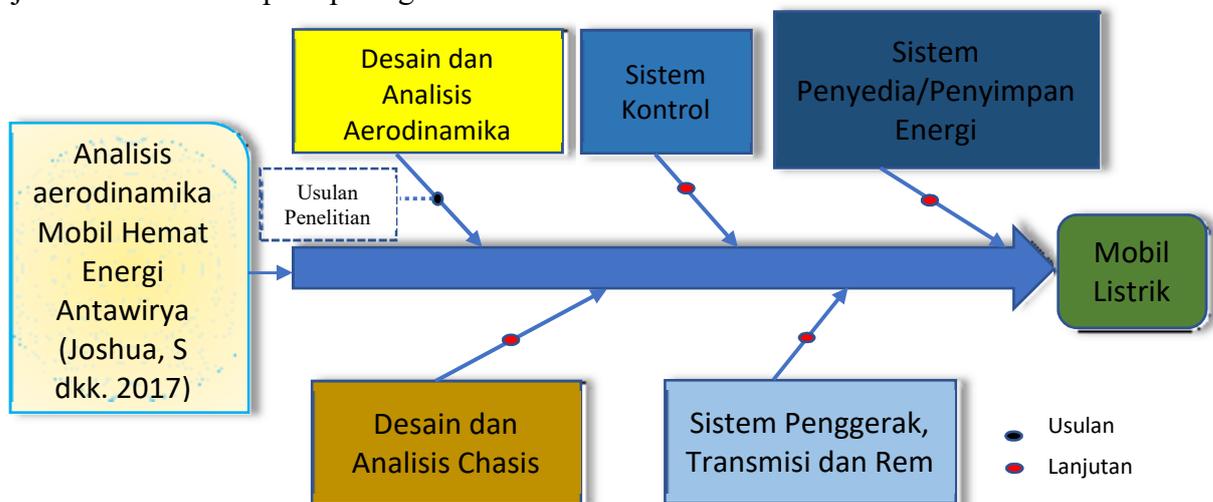
Sebelum memproduksi mobil listrik hal yang perlu diperhatikan adalah desain kendaraan dan analisis aerodinamika kendaraan. Hal ini akan berkaitan dengan konsumsi energi mobil listrik. Tujuan dari dilakukannya analisis aerodinamika adalah untuk mengetahui fenomena aliran fluida pada kendaraan dan kita dapat memaksimalkan bentuk kendaraan agar lebih efisien dari tinjauan aerodinamika. Seperti yang sudah dilakukan Ari E (2016) Melakukan penelitian Analisis aerodinamika *body* kendaraan listrik tipe *city car* di lingkungan kampus, parameter yang di teliti adalah sudut kap mesin, sudut kaca depan dan konvektifitas untuk memperkecil drag force menghasilkan *drag force* rendah sudut kap mesin 10 derajat, sudut kaca 65 derajat dan konvektifitas 1/10 pada kecepatan 50 km/jam menghasilkan gaya hambat  $297.22 \text{ kg.m/s}^2$ .

Menurut Yudi, Dkk (2017) Melakukan Penelitian Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) dengan desain standar dan modifikasi hasil *velocity* udara maksimum desain standar sebesar 17,4324 m/s sedangkan desain modifikasi sebesar 17,7321 m/s hal ini dikarenakan aliran fluida yang masuk dalam kabin sehingga memunculkan *drag force* yang berlebih. Penelitian ini juga dilakukan oleh Gunawan, dkk (2019) meneliti tentang nilai koefisien drag mobil WASAKA bahwa penelitian ini di khususkan pada bagian depan dan dimensi atap mobil. didesain dengan bentuk yang melengkung di depan dan atap datar dengan memanfaatkan panel surya mempunyai sifat aerodinamika distribusi aliran fluida lebih baik dengan koefisien drag sebesar 0.52. Menurut Heni, dkk (2020) melakukan analisis koefisien aerodinamika dengan melakukan pengembangan desain kendaraan dengan dilakukan perubahan pada bagian depan, kaca depan, desain atap dan bagian belakang menunjukkan bahwa *Coefisien Drag* mobil Srikandi Gen 2 lebih kecil yaitu sebesar 0.36 dari mobil Srikandi Gen 1. Sedangkan menurut Bagus, dkk (2020) meneliti tentang aerodinamika mobil hemat energi Lintang Samudra dengan dilakukannya variasi kecepatan yaitu 40, 50, 60 dan 70 km/jam dan dilakukannya pengembangan desain mobil menyatakan bahwa pada desain mobil Lintang Samudra 1 memiliki  $CD = 0,07598 - 0,07025$  dan  $CL = (-0,00800) - (-0,00837)$  Pada bodi Lintang Samudra 2 memiliki nilai  $CD = 0,072451 - 0,067020$  dan  $CL = 0,001395 - 0,000949$  sehingga adanya peningkatan efisiensi pada

desain kendaraan Lintang Samudra 2. Penelitian karakteristik aerodinamika juga diteliti oleh Dedi K (2020) dilihat dari karakteristik aerodinamika desain mobil pada kecepatan 15 km/jam dengan desain mobil menggunakan solid work dan CFD maka diperoleh koefisien drag sebesar 0.4 yakni meminimalisir hambatan dan tekanan fluida sekitar dinding mobil.

## 2.8. Peta Jalan (Road Map) Penelitian

Roadmap penelitian merupakan kegiatan yang terencana dan terstruktur sehingga dalam praktiknya penelitian akan lebih terarah. Berikut merupakan roadmap penelitian tentang kajian mobil listrik seperti pada gambar 04.



Gambar 04. Roadmap Penelitian

Penelitian yang terkait dengan analisis aerodinamika sebelumnya sudah dilakukan oleh Joshua, S.dkk (2017) tentang analisis aerodinamika mobil hemat energi Antawirya Turangga Veda di Universitas Diponegoro menggunakan Cfd. Pada penelitian ini melakukan pengembangan dari desain rancangan Mobil Antawirya I dengan memperhatikan aspek aerodinamis kendaraan dan mengkaji distribusi pola aliran fluida disekitar body mobil. Simulasi CFD dengan menggunakan metode turbulen k-epsilon realizable standard wall function. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan nilai koefisien drag desain mobil Antawirya II yang sudah di redesign. Pada kecepatan 40 km/h terjadi penurunan Koefisien drag sebesar 19,37 %, pada 50 km/h penurunan sebesar 19,43%, pada 60 km/h penurunan sebesar 19,51 %, pada 70 km/h penurunan sebesar 19,56 %.

Rencana penelitian sekarang adalah akan dilakukan pembuatan desain mobil listrik dan dilakukan kajian aerodinamika pada setiap variasi kecepatan sehingga kita dapat menganalisis fenomena aliran fluida yang terdistribusi pada area seluruh kendaraan berdasarkan variasi kecepatan yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Pada penelitian ini akan dilihat Nilai koefisien drag, koefisien tekanan, velocity yang melintasi area permukaan kendaraan agar mendapat desain yang optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat dan memberi kontribusi ilmu pengetahuan tentang desain kendaraan yang lebih aerodinamis dan terjadinya fenomena aliran fluida di area body kendaraan.

Rencana penelitian Lanjutan akan mengkaji desain chasis kendaraan, sistem penggerak, transmisi dan rem, sistem kontrol serta penyedia/penyimpan energi sehingga dapat dilakukan pembuatan prototipe mobil listrik.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah jenis penelitian *Research and Development* (R&D). Penelitian R&D merupakan proses atau langkah riset untuk mengembangkan produk baru atau yang telah ada dengan tujuan untuk menyempurnakan hasil (Yudi, dkk. 2017). Penelitian ini akan diteliti desain mobil listrik dan fenomena aliran atau karakteristik saat terjadinya distribusi aliran fluida pada kendaraan berdasar variasi kecepatan kendaraan yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Sehingga dalam desain akan dilakukan *improvement* dalam kondisi maksimal. Pada analisis akan digunakan *Software Ansys Workbench.19 CFD Solver*.

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

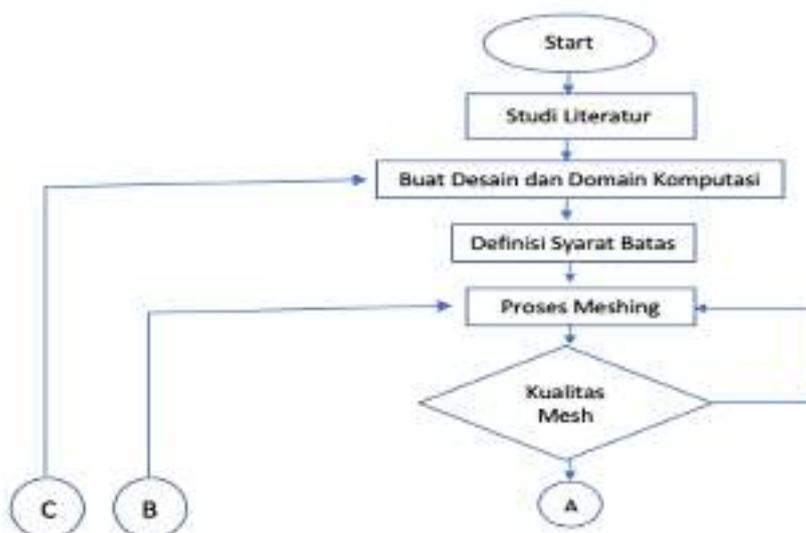
Penelitian Analisis aerodinamika akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Waktu penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan April 2021 sampai September 2021, sesuai dengan jadwal pelaksanaan penelitian.

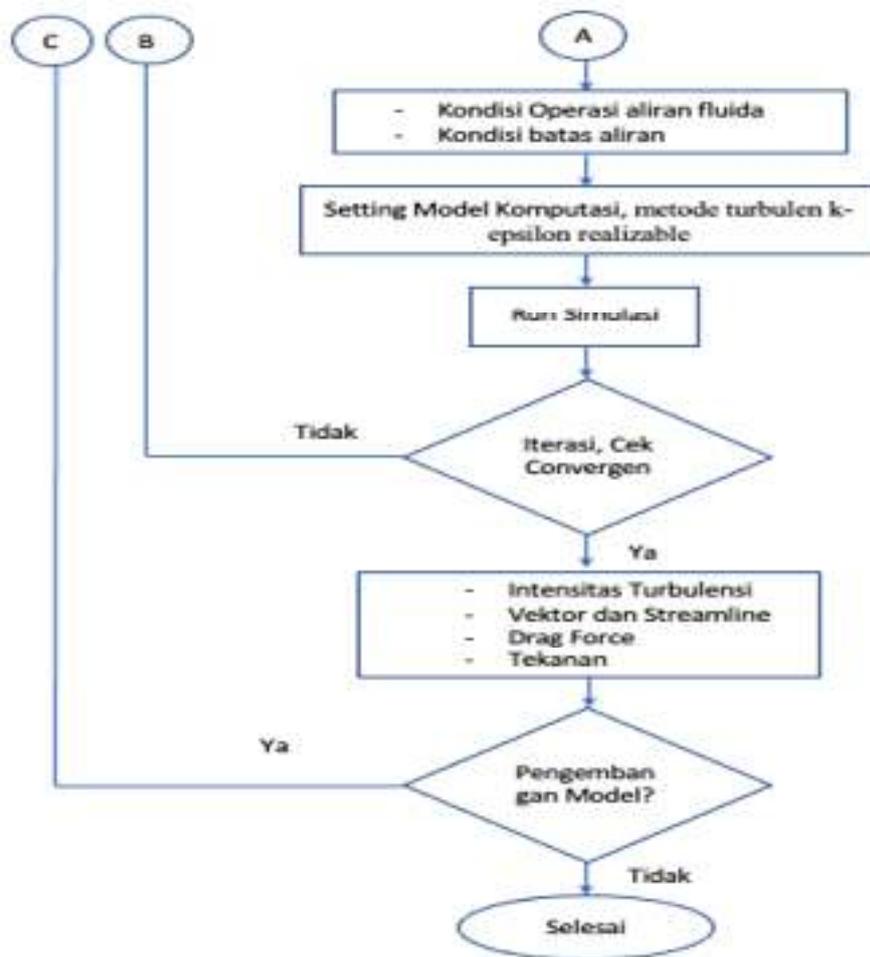
#### 3.2. Alat dan Bahan

Proses simulasi pada penelitian ini menggunakan *software Ansys Workbench.19 CFD Solver* dengan spesifikasi komputer adalah processor Intel Core i7 990f CPU, RAM 16 GB, VGA AMD Radeon RX 560 4GB.

#### 3.3. Alur Penelitian

Adapun alur penelitian sebagai berikut:





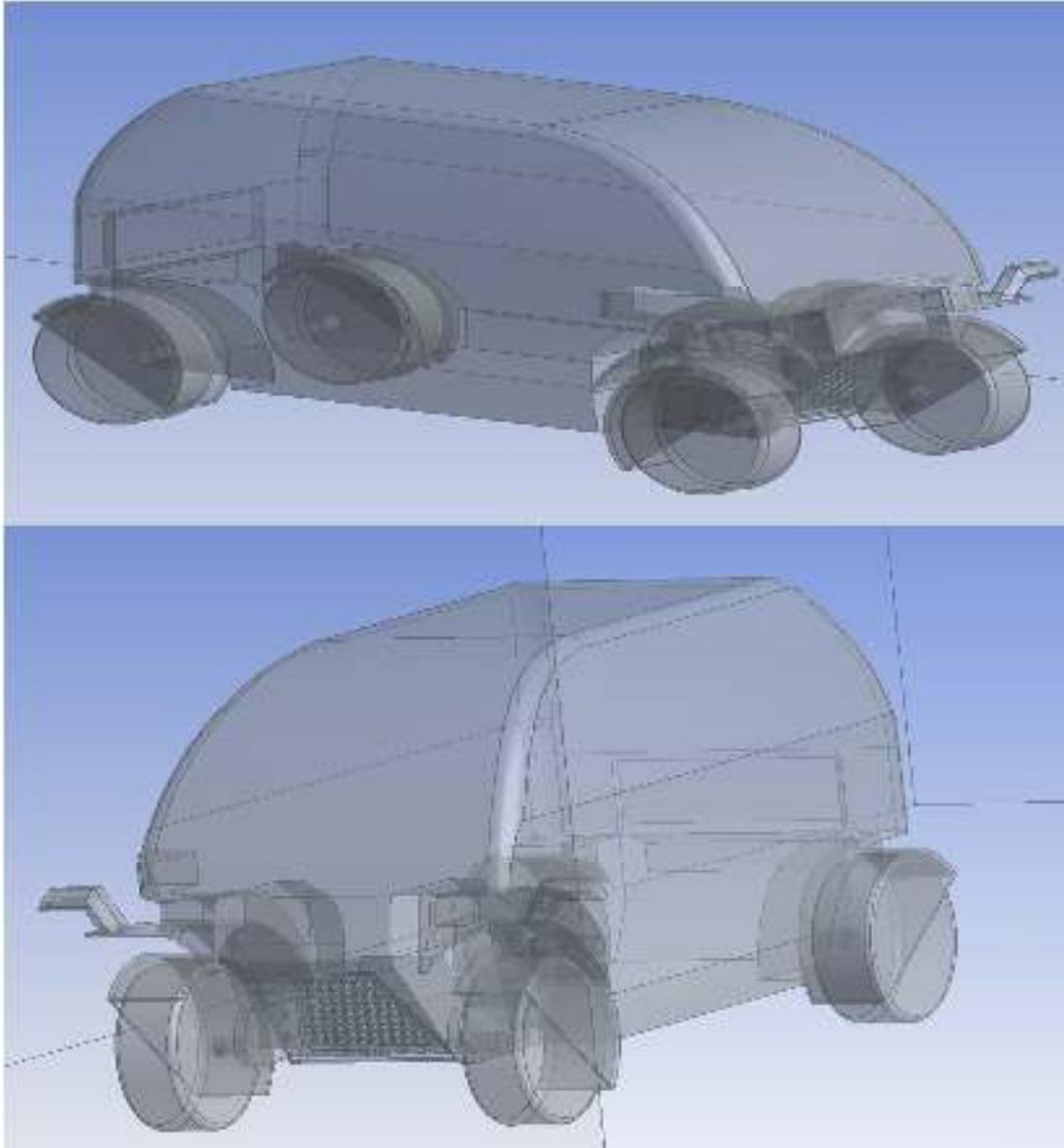
Gambar 05. Flow Chart Simulasi

### 3.4. Desain Body Mobil

Adapun spesifikasi kendaraan yang akan di simulasikan sebagai berikut:

Tabel 01. Spesifikasi simulasi Kendaraan

SPESIFIKASI	
Kapasitas Penumpang	4 Orang
Dimensi (Panjang x Lebar x Tinggi)	3,56x1,23x1,56
Jarak Sumbu Roda	1,65
Jarak Terendah ke Tanah	0.45
Tipe Bodi	Konstruksi Terpisah dengan Rangka/Chasis
Bahan Body	Fiber
Kecepatan Maksimum	70 km/h
Roda	14 Inchi



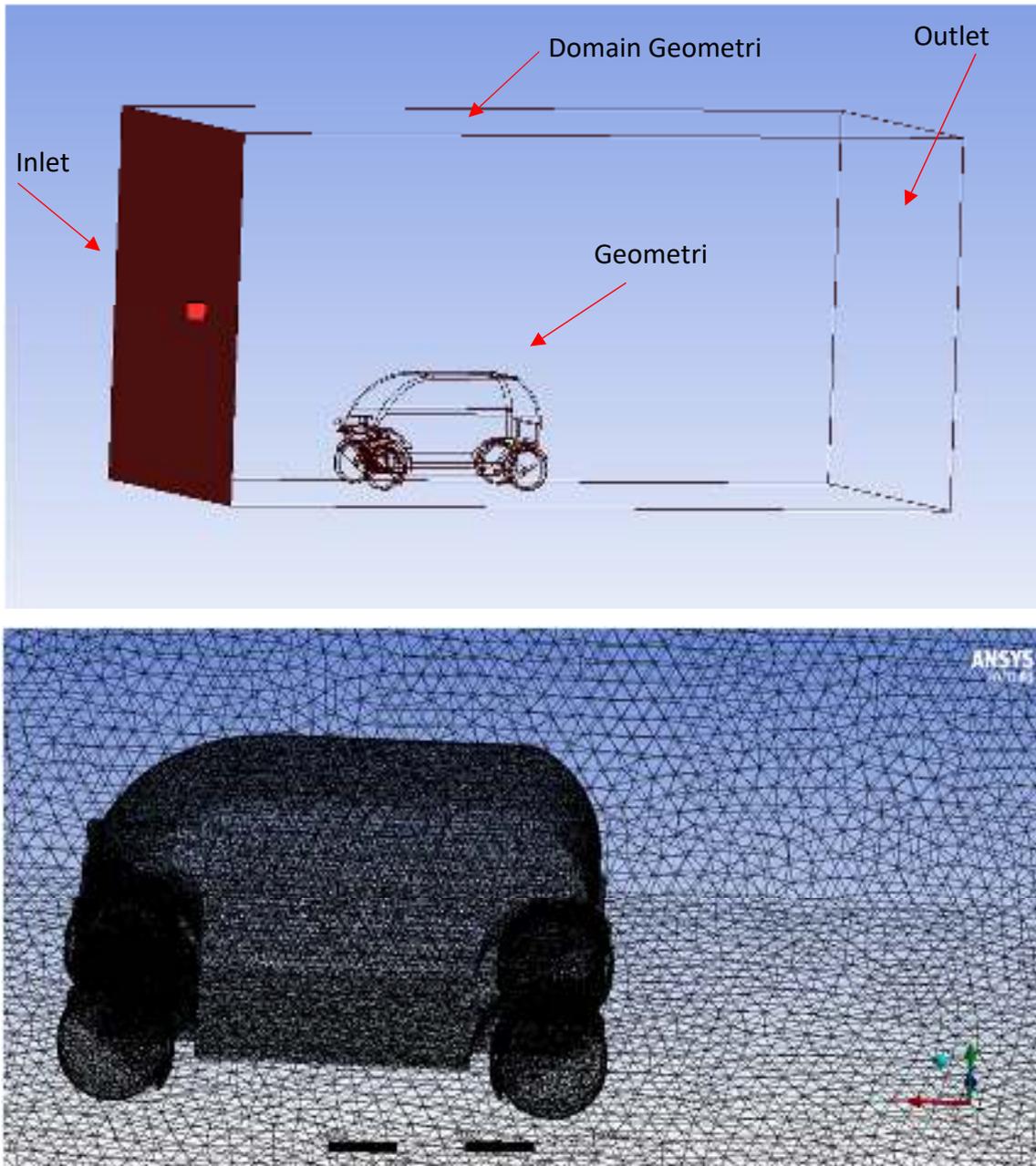
Gambar 06. Geometri Kendaraan

### 3.5. CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Cfd merupakan suatu metode atau pendekatan yang digunakan dalam menganalisis salah satunya adalah aliran fluida dengan menggunakan metode numerik secara komputasi. Setelah pembuatan geometri desain kendaraan pada gambar 06, langkah selanjutnya adalah membuat kondisi batas dengan menentukan kondisi batas pada domain untuk simulasi kemudian melakukan meshing pada geometri yang dibuat. Proses simulasi paling menentukan dalam proses mehing adalah penggunaan ukuran meshing dan jenis meshing serta metode numerik yang digunakan. Dalam penelitian ini menggunakan

metode turbulen *k-epsilon realizable standard wall function* berdasarkan fenomena aliran *streamline*.

Pada penelitian ini, jenis meshing yang digunakan dalam proses pre-processing menggunakan mesh tetrahedra dengan banyaknya Node 435160 dan banyaknya Elements 2441764. Kemudian, pada proses pendefinisian bidang batas geometri bisa di lihat pada gambar 07.



Gambar 07. Meshing kendaraan pada Domain

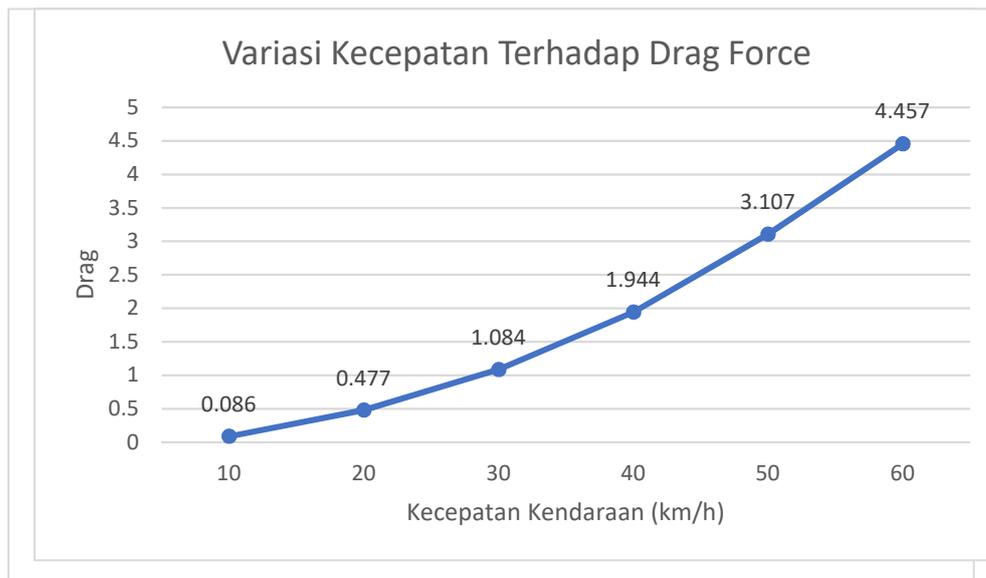
### **3.6. Validasi data**

Untuk mendapatkan simulasi dilakukan dengan tepat, maka dilakukan validasi dengan penelitian yang sudah. Pada validasi data ini akan merujuk simulasi dalam menentuka koefisien *Drag* ( $C_d$ ) terhadap variasi kecepatan fluida desain mobil Antarwiryra Veda I dan II dari ahmed body dengan mengacu pada model turbulen yang sesuai yaitu dengan menggunakan model turbulen realizable k-epsilon. Kemudian metode diskritisasi yang digunakan adalah second order upwind dalam target hasil yang akurat. Dalam validasi jika memiliki error kurang 5% maka validasi Valid (Joshua S, dkk. 2017).

## BAB 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Hasil komputasi CFD

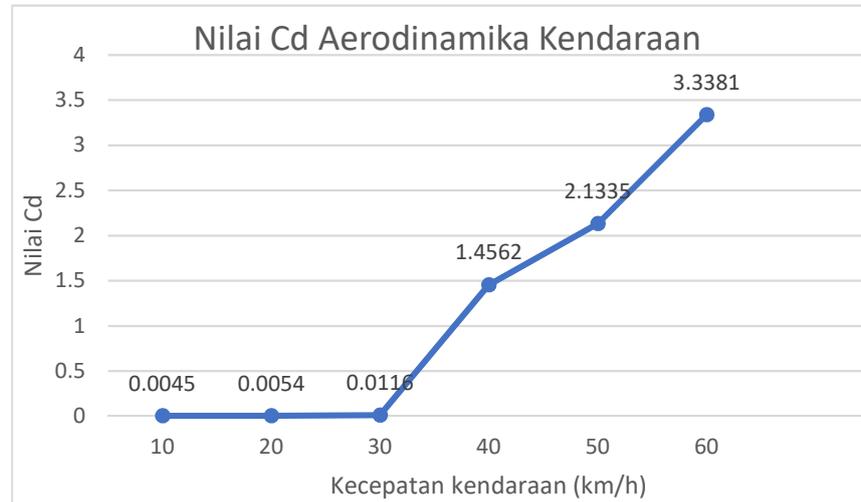
Penelitian ini mengkaji tentang desain kendaraan dan menganalisis fenomena aliran fluida yang melewati permukaan body kendaraan sesuai dengan desain dengan menggunakan pendekatan CFD (Computational Fluid Dynamics) dilihat dari kajian aerodinamika kendaraan. Penelitian dilakukan validasi dengan cara menyamakan persepsi penggunaan metode komputasi dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan menggunakan model turbulen realizable k-epsilon. Kajian ini akan dilihat fenomena aliran fluida berdasarkan hasil post processing pada CFD. Hal yang paling berpengaruh dalam desain kendaraan adalah nilai dari Koefisien drag ( $c_d$ ) dan nilai gaya drag, hal ini karena mempengaruhi laju kendaraan yang berkaitan dengan efisiensi.



Gambar 08. Variasi kecepatan terhadap Drag Force

Gambar 08 menunjukkan hubungan antara variasi kecepatan kendaraan terhadap drag force pada masing-masing kecepatan. Pada kecepatan terendah ditunjukkan pada kecepatan 10 km/s mempunyai nilai 0.086, kecepatan 20 km/s mempunyai nilai 0.477, kecepatan 30 km/s mempunyai nilai 1.084, kecepatan 40 km/s mempunyai nilai 1.944, kecepatan 50 km/s mempunyai nilai 3.107, kecepatan 60 km/s mempunyai nilai 4.457. Jika dilihat data yang ada, tinggi rendahnya nilai drag force kendaraan berbanding lurus dengan nilai pada masing-masing kecepatan kendaraan. Hal ini dikarenakan bentuk body kendaraan sangat berpengaruh terhadap laju aliran disekitar body kendaraan sehingga

berpengaruh bentuk kearodinamisan suatu kendaraan. Jika model kendaraan tidak aerodinamis maka berakibat terjadinya gaya hambat dan tekanan pada setiap permukaan kendaraan, khususnya pada body depan kendaraan.

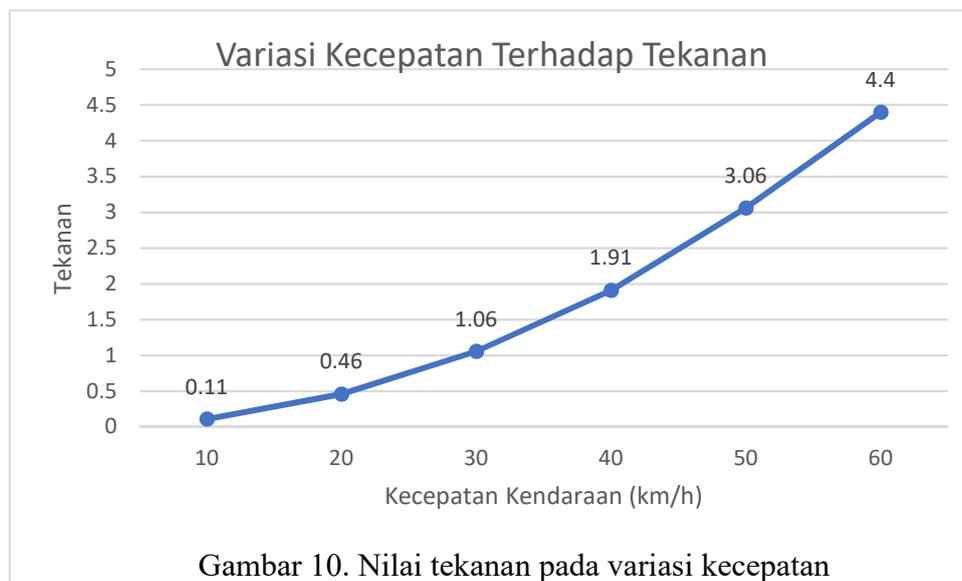


Gambar 09. Nilai Cd setiap kecepatan

Hasil simulasi berdasarkan kecepatan kendaraan yaitu pada kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Dapat dilihat berdasarkan pada nilai koefisien drag (cd) pada masing-masing kecepatan kendaraan (pada gambar 09). Terlihat pada gambar di bawah menunjukkan semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka nilai cd maka semakin tinggi. Terlihat pada kecepatan 10 km/s nilai cd 0.0045, pada kecepatan 20 km/s nilai cd 0.0054, kecepatan 30 km/s nilai cd 0.0115, kecepatan 40 km/s nilai cd 1.4562, kecepatan 50 km/s nilai cd 2.1335, kecepatan 60 km/s nilai cd 3.3381. Semakin tingginya koefisien drag, maka tingkat aerodinamika pada kecepatan tertentu dapat menghambat laju kendaraan dan semakin rendah nilai cd maka hambatan yang dihasilkan pada kajian aerodinamika juga akan hambatan yg dihasilkan kecil saat fluida melewati body kendaraan. Disamping itu juga terjadi akibat adanya distribusi tekanan fluida pada sekitar permukaan body kendaraan. Adapun fenomena aliran sebab terjadinya cd tinggi akan dibahas pada sub bab berikutnya.

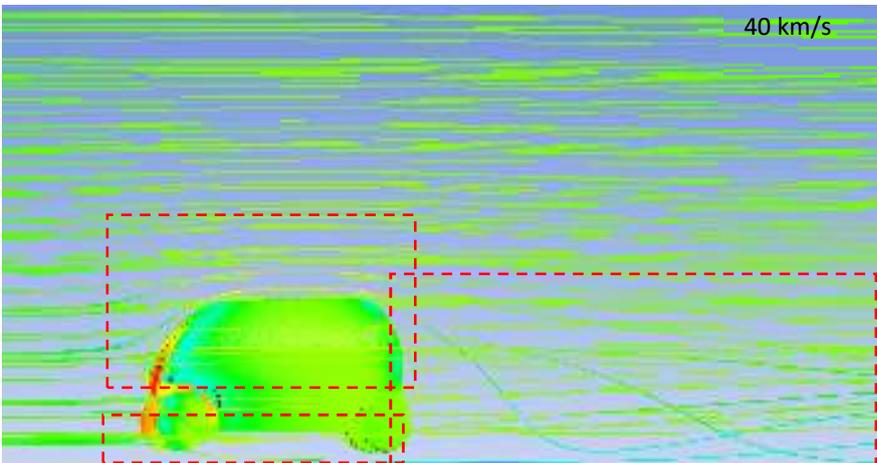
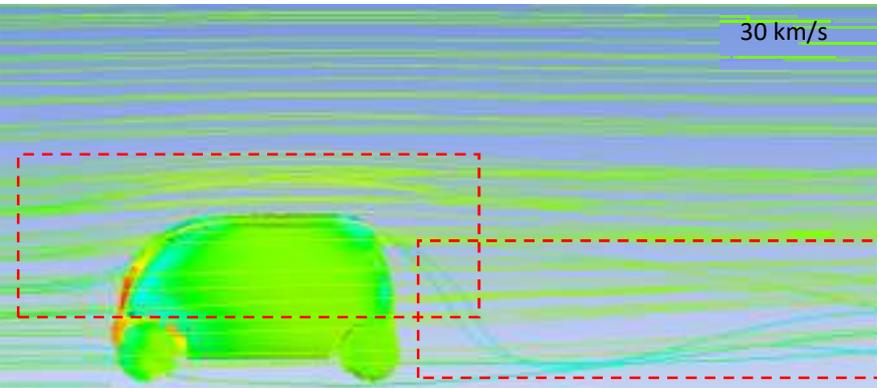
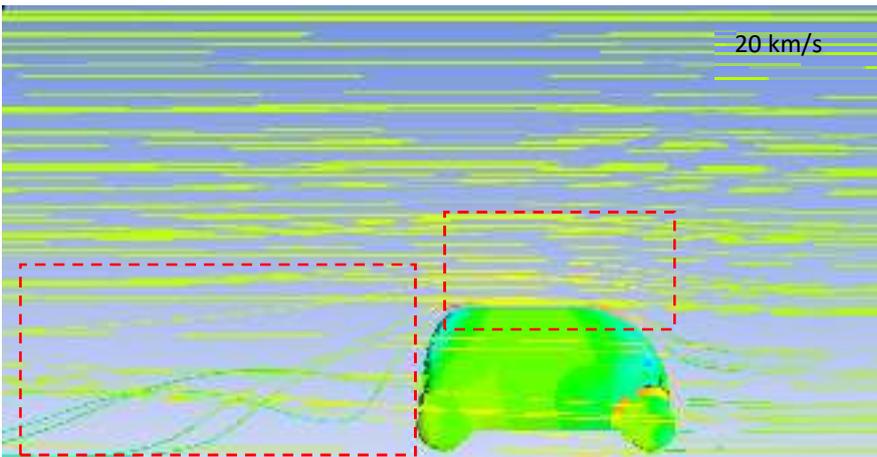
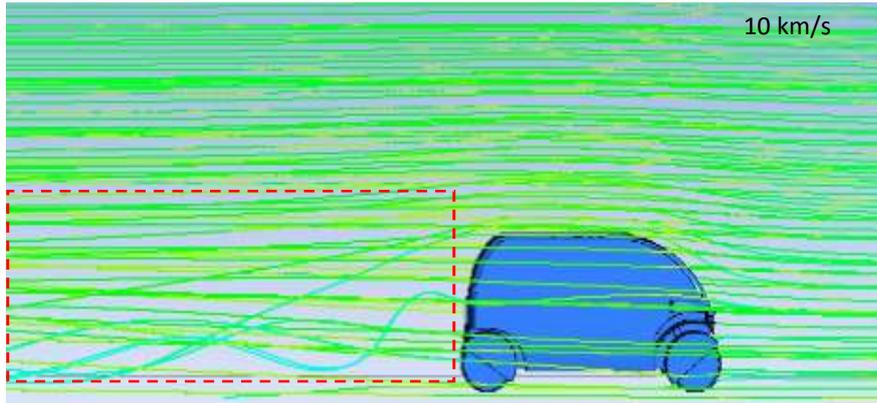
Pada gambar 10 menunjukkan hubungan antara laju tekanan aliran fluida terhadap variasi kecepatan kendaraan. Dapat dilihat pada kecepatan 10 km/s mempunyai nilai 0.11, kecepatan 20 km/s mempunyai nilai 0.46, kecepatan 30 km/s mempunyai nilai 1.06 ,

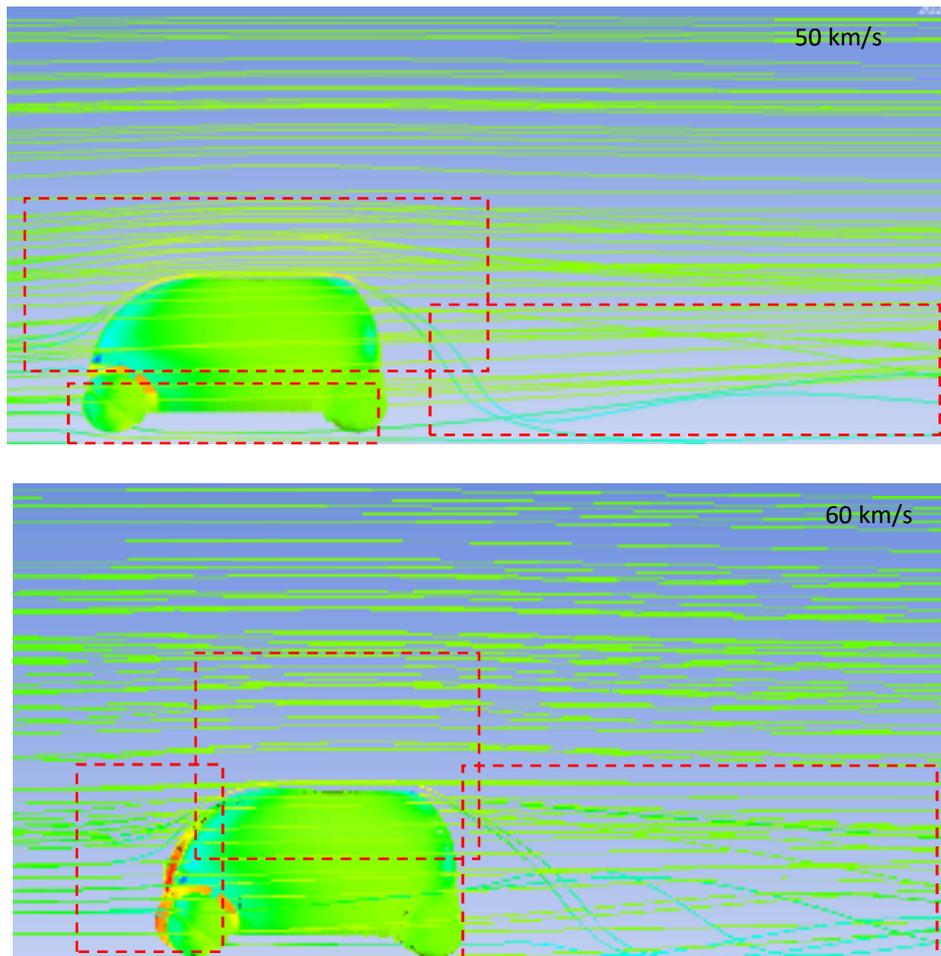
kecepatan 40 km/s mempunyai nilai 1.91, kecepatan 50 km/s mempunyai nilai 3.06, kecepatan 60 km/s mempunyai nilai 4.40. Kondisi saat kendaraan melaju pada kecepatan tertentu akan berpengaruh terhadap aerodinamika sekitar permukaan body, salah satunya adalah tekanan. Pergerakan fluida saat menyentuh dan melewati body kendaraan maka pergerakan tersebut akan menimbulkan turbulensi dan tekanan tinggi saat kendaraan melaju cepat jika aerodinamika tidak diperhatikan. Disamping itu, tekanan juga dipengaruhi oleh downforce yaitu tekanan bawah kendaraan.



#### 4.2. Karakteristik aerodinamika kendaraan

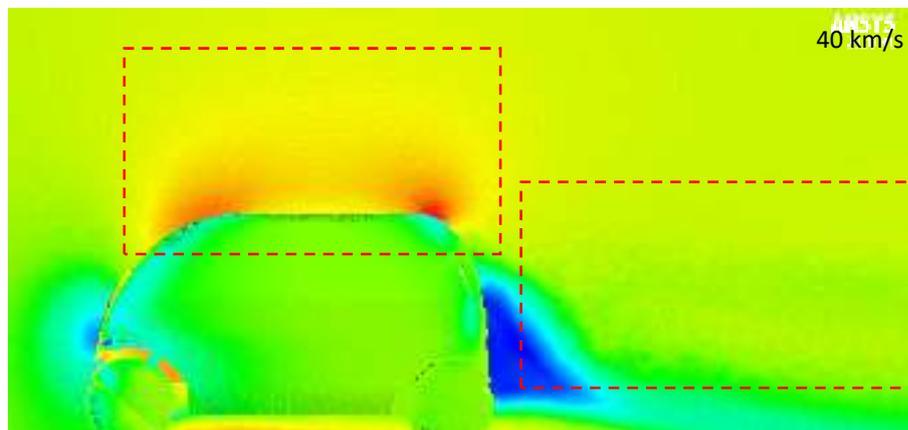
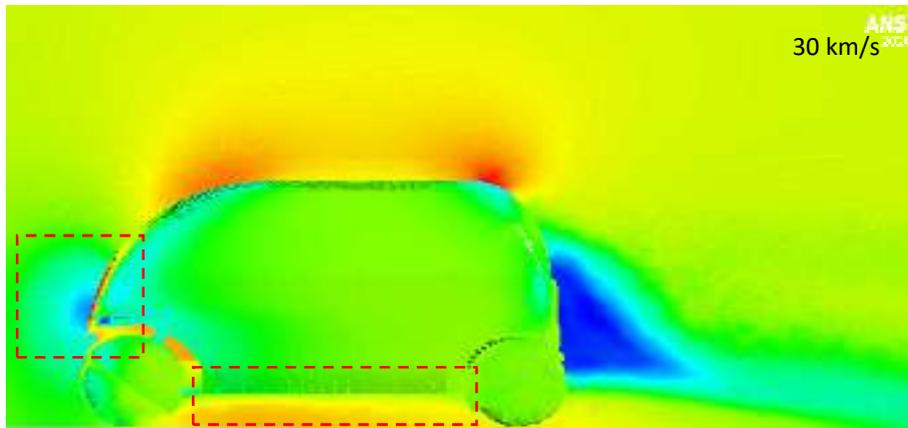
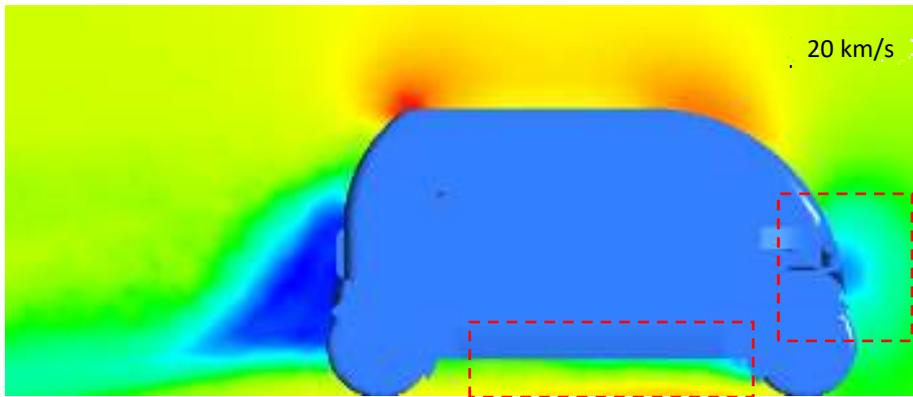
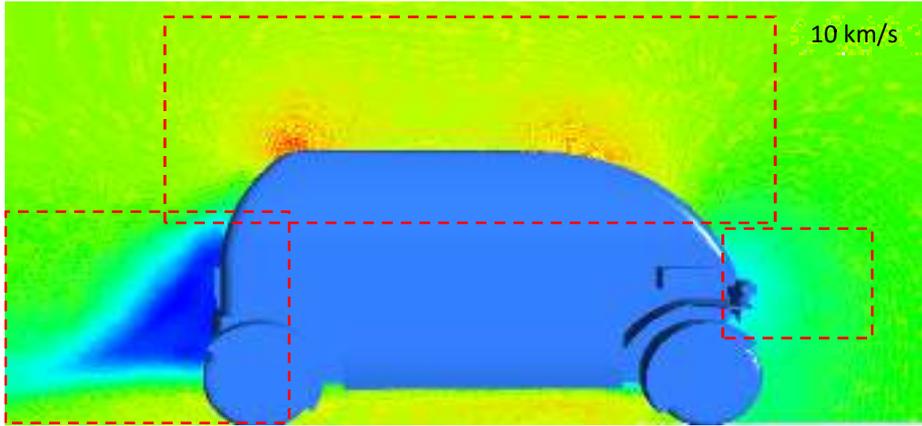
Pada dasarnya setiap aliran fluida ketika mengalir melalui sebuah penampang akan terhambat baik dari geometri itu sendiri atau dari permukaan penampang yang dilewati oleh fluida tersebut. Drag force ini terjadi dikarenakan adanya beda tekanan antara bagian depan dan bagian belakang pada objek. Pada saat distribusi tekanan melalui sebuah objek tidak sejajar maka tekanan yang depan akan lebih besar dibandingkan tekanan pada objek bagian belakang. Hal ini dikarenakan saat aliran fluida melewati sebuah objek akan terjadi tekanan tinggi pada bagian depan namun kecepatannya kecil, kemudian saat menuju bagian belakang objek maka tekanan akan menurun dan kecepatan akan meningkat sehingga menyebabkan perbedaan gradien tekanan yang dapat menyebabkan separasi aliran. Besar kecilnya drag tergantung desain yang dibuat dan kebutuhan desain yang berdasarkan kecepatan kendaraan.

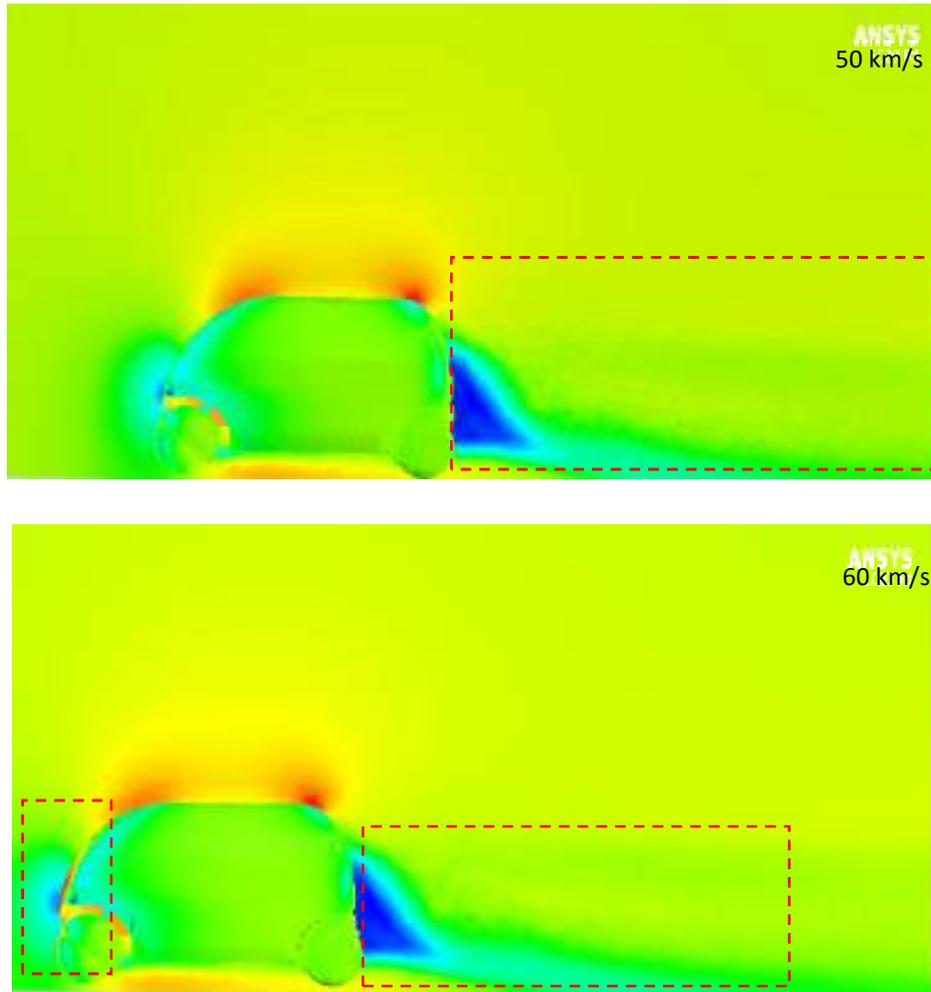




Gambar 11. Velocity Stream Line pada Variasi Kecepatan

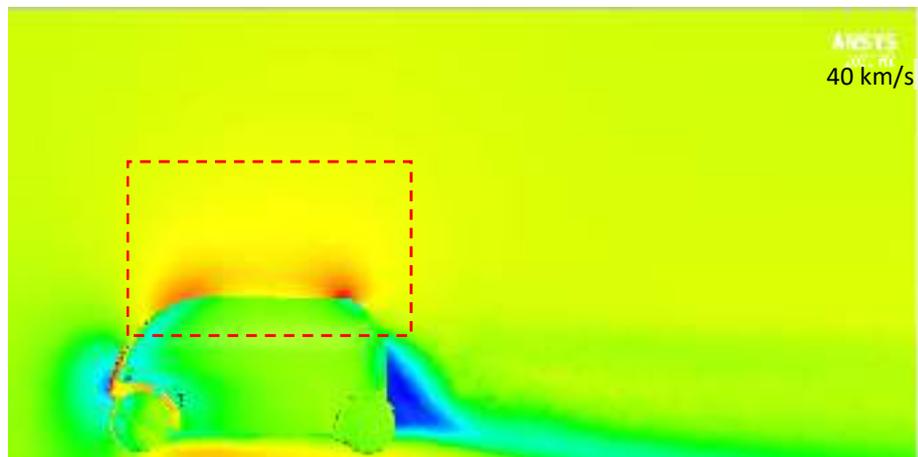
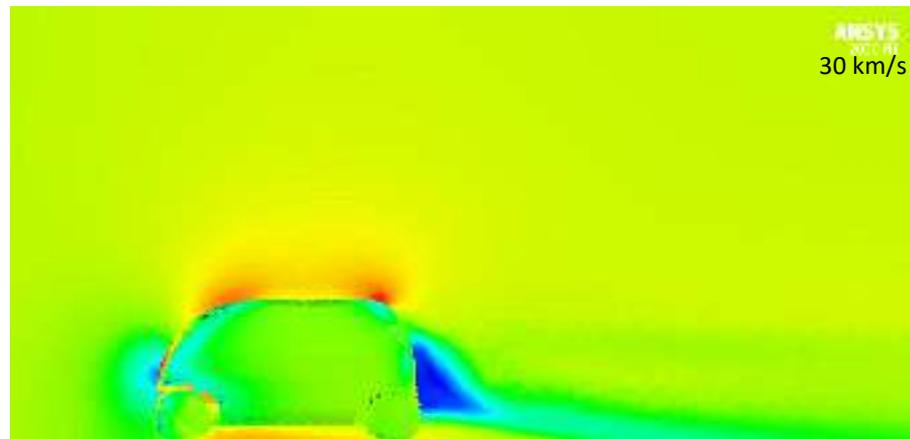
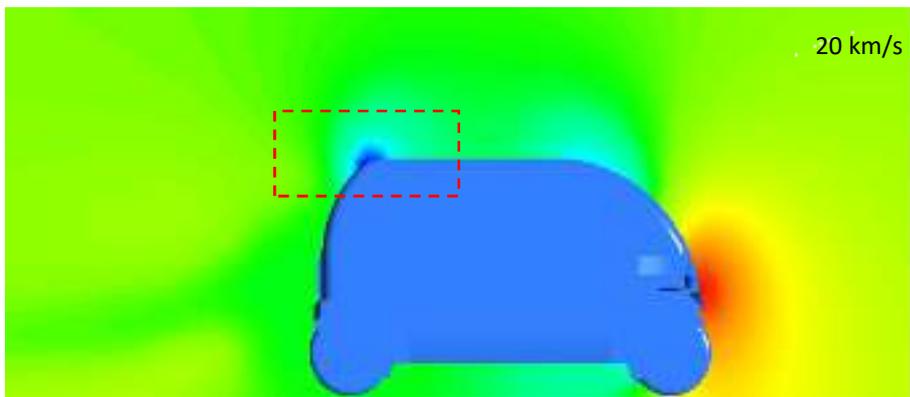
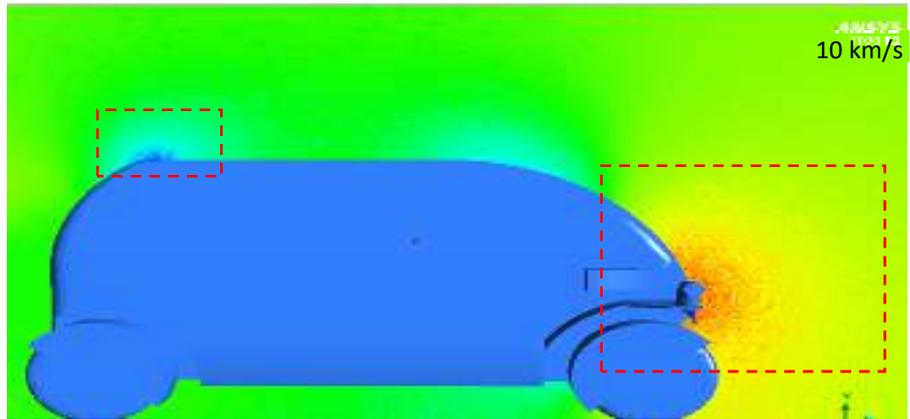
Pada gambar 11 menunjukkan velocity stream line pada setiap kecepatan. Pada kecepatan 10-60 km/s terlihat pada area belakang pada kendaraan terjadi separasi aliran. Dimana, pada separasi aliran terjadi dimulai pada kecepatan 10 km/s pada sisi belakang atas kendaraan. Kemudian dengan seiring bertambahnya kecepatan aliran fluida pada sisi atas terlihat bahwa adanya kenaikan kecepatan sehingga setelah melewati titik separasi aliran pada body belakang kemudian aliran fluida terjadi golakan, hal inilah yang dapat menyebabkan besarnya drag force pada desain kendaraan tersebut. Terjadinya separasi aliran dikarenakan saat momentum aliran fluida dari inlet tidak dapat melawan kenaikan tekanan balik (adverse pressure gradient) dan aliran fluida tidak mampu mengatasi gaya gesek pada permukaan kendaraan. Awal terjadi separasi disebut juga dengan titik separasi. Pada titik ini, terjadi pengecilan tekanan dari sisi upstream sehingga mengakibatkan besarnya tekanan fluida. Setelah terjadinya separasi pada gambar terlihat terjadi golakan aliran fluida dan fluida tersebut tidak stabil sehingga aliran fluida tidak lagi mengikuti bentuk solid body kendaraan.

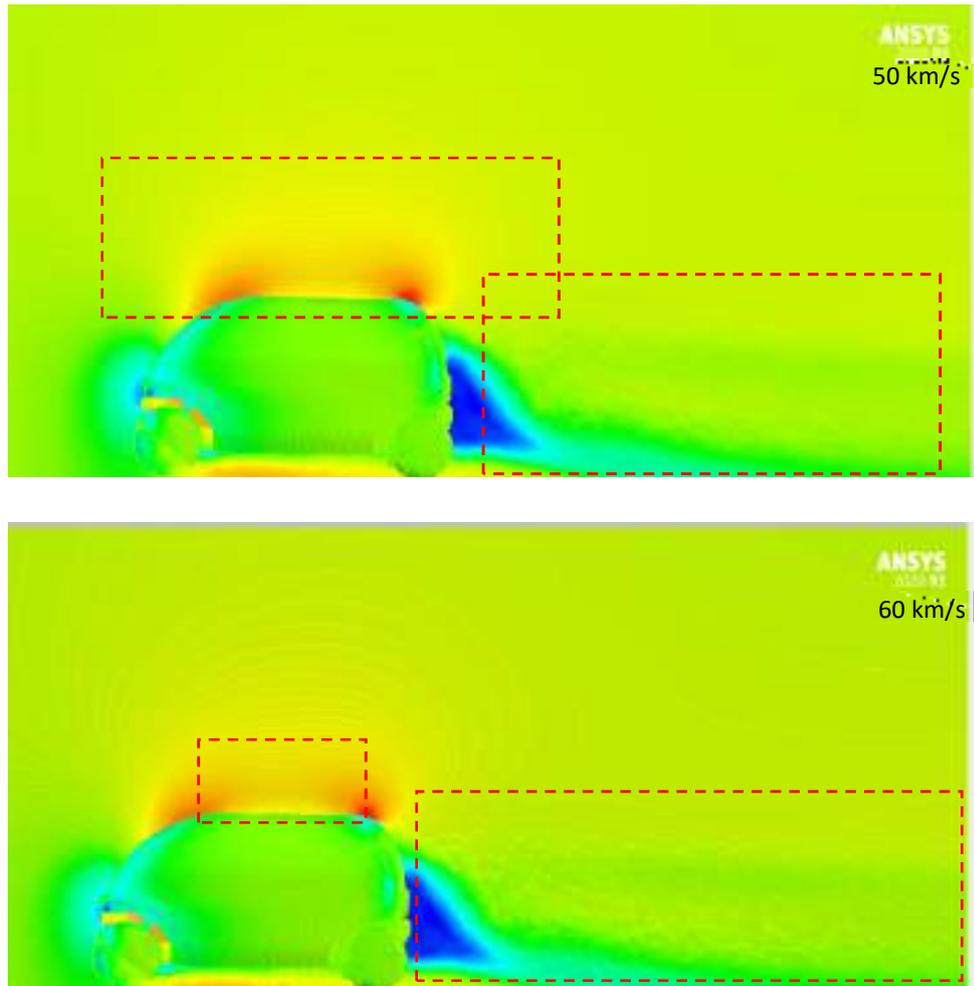




Gambar 12. Velocity Contour pada Variasi Kecepatan

Pada gambar 12 menunjukkan velocity contour pada setiap kecepatan. Jika dilihat dari gambar menjelaskan bahwa kontur kecepatan pada body kendaraan terbesar adalah pada bagian atas body kendaraan baik bagian depan, bagian atas depan dan bagian atas belakang yg menunjukkan warna merah dibandingkan dengan sekitar body lainnya yang mana artinya adalah adanya peningkatan kecepatan pada area atas kendaraan. Kemudian dijelaskan bahwa pada bagian depan terjadi stagnasi aliran fluida (stagnation point) mulai dari kecepatan rendah hingga kecepatan tinggi. kemudian pada bagian atas ujung depan dan belakang kontur kecepatan tinggi, kemudian fluida ke belakang body kecepatan menurun dan terjadi pemisahan aliran. Jika diperhatikan efek yang paling jelas adalah pada kecepatan kendaraan 50 dan 60 km/h. pada gambar bisa dijelaskan bahwa dengan adanya penurunan kecepatan dan terjadinya separasi aliran yang menyebabkan adanya golongan aliran fluida setelah melewati body kendaraan serta adanya wake yang besar sehingga menyebabkan naiknya drag force.





Gambar 13. Pressure Contour pada Variasi Kecepatan

Pada gambar 13 menunjukkan Pressure Contour pada setiap kecepatan. Terlihat pada kecepatan 10 km/h dan 20 km/h terjadi peningkatan tekanan pada body kendaraan depan. Kemudian pada kecepatan 30 km/h hingga 60 km/h menunjukkan peningkatan tekanan pada sekitar atap kendaraan. Tekanan terbesar berada pada tepi atas depan dan tepi atas belakang. Pada bagian atas pada kecepatan 50 dan 60 km/s terlihat jelas jika separasi aliran terjadi mengembang di sepanjang permukaan atap kendaraan dari depan hingga belakang hal ini dikarenakan ketika momentum aliran sudah tidak mampu lagi mengatasi adverse gradien. Kemudian diikuti separasi aliran bagian belakang sehingga aliran fluida tidak stabil dan terjadi pergolakan aliran yang menimbulkan wake pada aliran fluida yang sudah melewati permukaan body kendaraan belakang yang dapat menaikkan drag force. Semakin cepat laju aliran fluida saat terjadi separasi aliran maka pembentukan wake dan vortex pada belakang kendaraan akan semakin besar seperti pada kecepatan 50 km/h dan 60 km/h hal ini dikarenakan adanya perbedaan tekanan sisi depan dan sisi belakang

## **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data hasil dari simulasi dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari sebuah desain kendaraan jika dikaji dari sudut pandang aerodinamika bahwa desain kendaraan tidak lepas dari fenomena aliran yang melintasi kendaraan saat kendaraan melaju pada setiap variasi kecepatan. Pada desain kendaraan yang awal ini, bahwa kendaraan masih mempunyai nilai koefisien hambat yang tinggi seiring dengan naiknya kecepatan kendaraan. Pada kecepatan rendah yaitu pada kecepatan 10 km/s kendaraan ini mempunyai nilai  $C_d$  0.0045, sedangkan pada kecepatan tinggi 60 km/h mempunyai nilai  $C_d$  3.338.

Pada fenomena aliran yang terjadi, jika banyaknya separasi aliran fluida bisa berakibat timbulnya golakan-golakan aliran fluida sehingga membentuk wake dan ini berakibat tingginya gaya drag pada aliran fluida yang mengalir di sekitar permukaan body kendaraan. Jadi dalam pendesaian kendaraan disesuaikan dengan kebutuhan. Jika kendaraan digunakan untuk kecepatan yang tinggi maka bentuk kendaraan harus aerodinamis yang tepat dan baik. Kondisi besar kecilnya drag force dipengaruhi oleh geometri atau desain kendaraan, bentuk kaca depan, atap dan bagian belakang kendaraan.

### **5.2. Saran**

Sebagai lanjutan studi, maka desain kendaraan ini harus lebih dikembangkan dan dibuat seaerodinamis mungkin guna untuk memperkecil gaya hambat kendaraan.

## REFERENSI

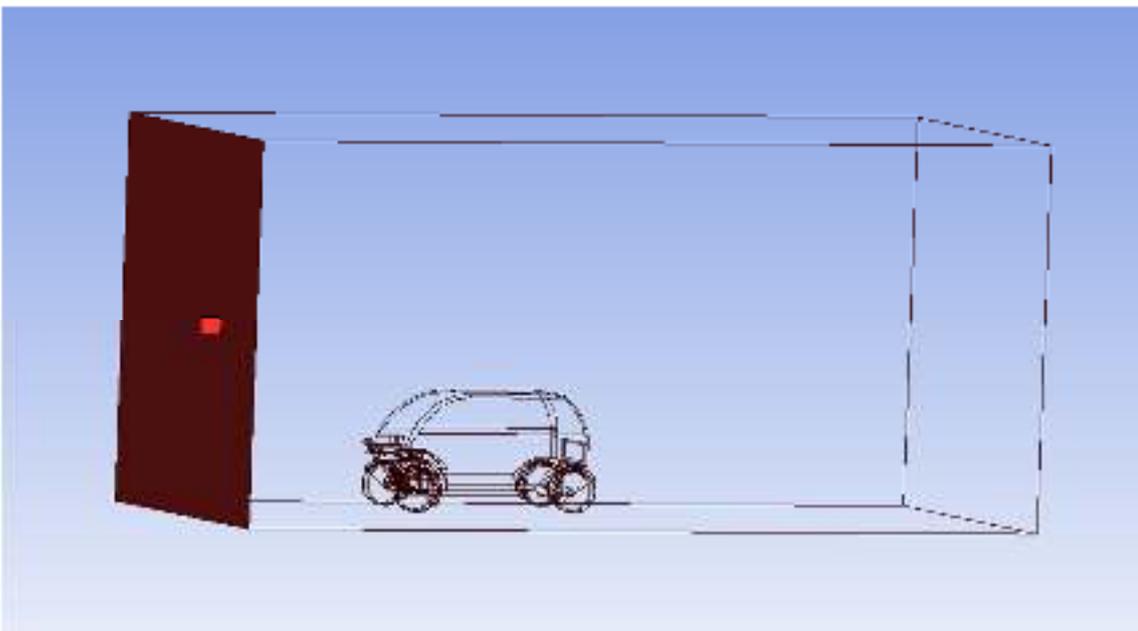
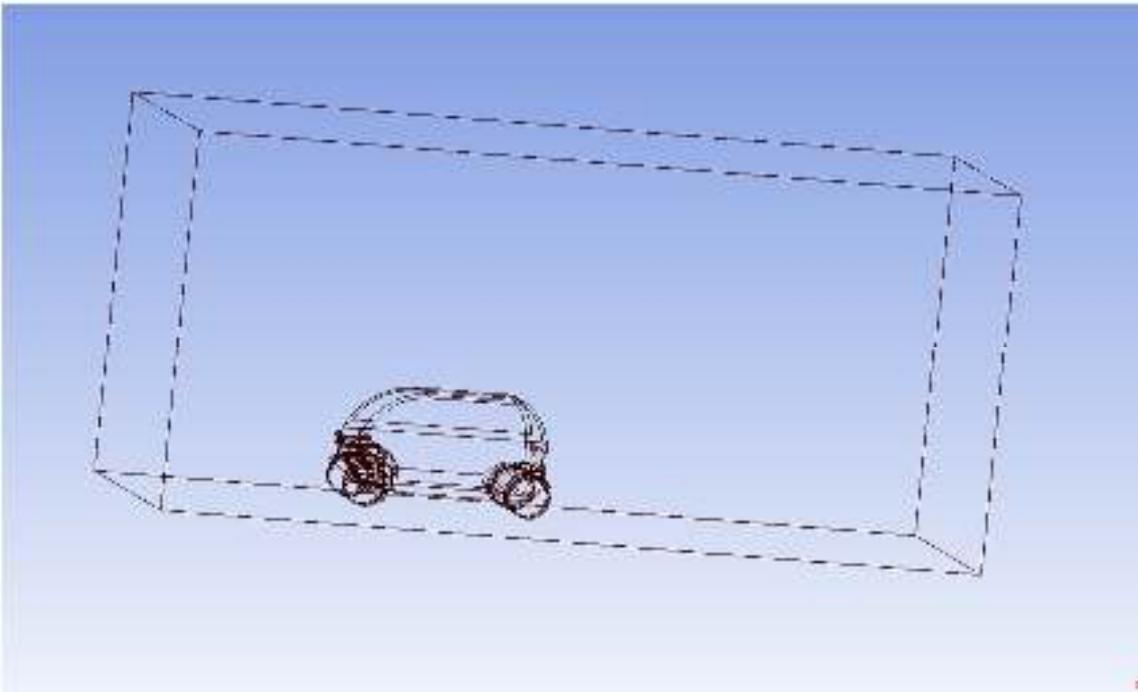
- Abdul H, Dkk. 2015. *Simulasi Aerodinamika Desain Mobil Hemat Bahan Bakar 'Antawirya' Dengan Metode Computational Fluid Dynamics*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 3, No. 2.
- Ari E., 2016. *Analisis Aerodinamik Pada Bodi Kendaraan Listrik Type Citycar Untuk Lingkungan Kampus*. Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ, Edisi Terbit Iii.
- Bagus W, Dkk. 2020. *Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi Lintang Samudra Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics*. Momentum, Vol. 16, No. 1.
- Cengel Y And Cimbala J. 2006. *Fluid Mechanics Fundamentals And Applications*. Mcgraw-Hill.
- Claudius B Dan Jamal M., 2018. *Modifikasi Dan Analisa Aerodinamika Body Mobil Gladiator 2 Pnj Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd)*. Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4, 2540 – 7589.
- Didi K. 2020. *Karakteristik Aerodinamika Terhadap Desain Mobil Hemat Energi Pada Kecepatan 15 Km/Jam Menggunakan Computational Fluid Dynamics*. Eengineering. Vol.11 No.1.
- Gunawan R, Dkk. 2019. *Analisis Nilai Koefisien Drag Pada Model Mobil Listrik Wasaka*. Jurnal Teknik Mesin Vol.6 No.2. Pp. 59 – 68.
- Hakimatul, Mukaromah.,2020. *Strategi Menuju Kampus Berkelanjutan (Studi Kasus: Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret)*. Jurnal Penataan Ruang Vol. 15, No. 1.
- Heni H, Dkk. 2020. *Analisis Koefisien Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Srikandi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang*. Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (Sentra) . 2527-6042.
- Joshua S Dan Tony S. 2017. *Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 5, No. 1.
- Khatri R Et.Al. 2012. *Laminar Flow Analysis Over A Flat Plate By Computational Fluid Dynamics*. International Journal Of Advances In Engineering & Technology. Vol. 3, Issue 2, Pp. 756-764.
- Munson, et al. 2006. *Fundamentals of Fluid Mechanics* . John Wiley & sons. Inc.
- Peraturan Presiden Perpres No. 55 Tahun 2019 *tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan*.

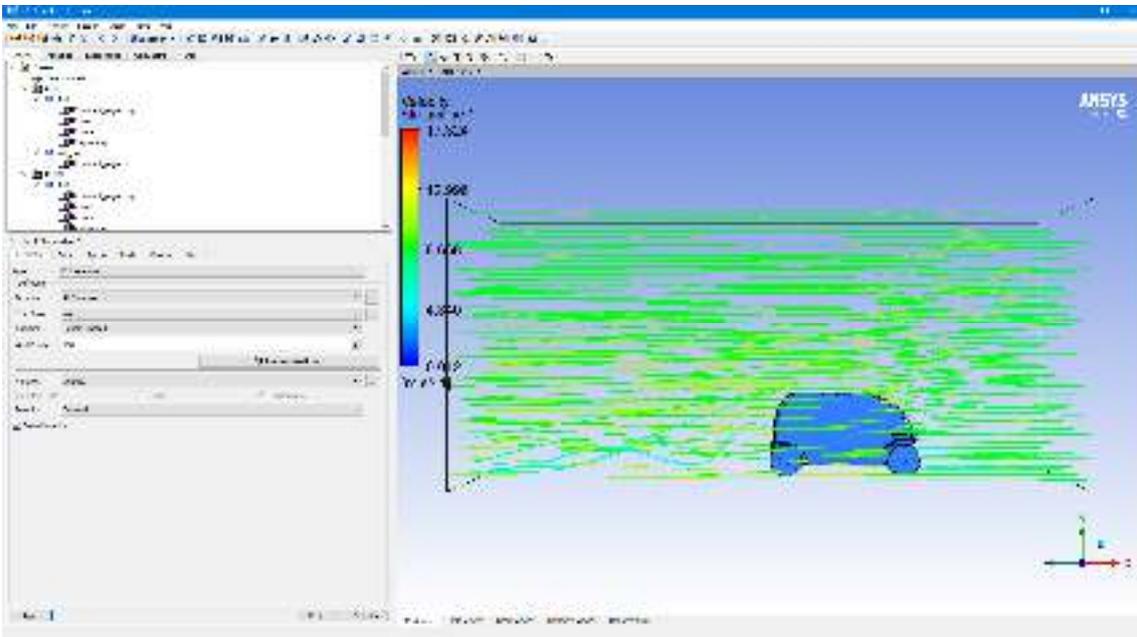
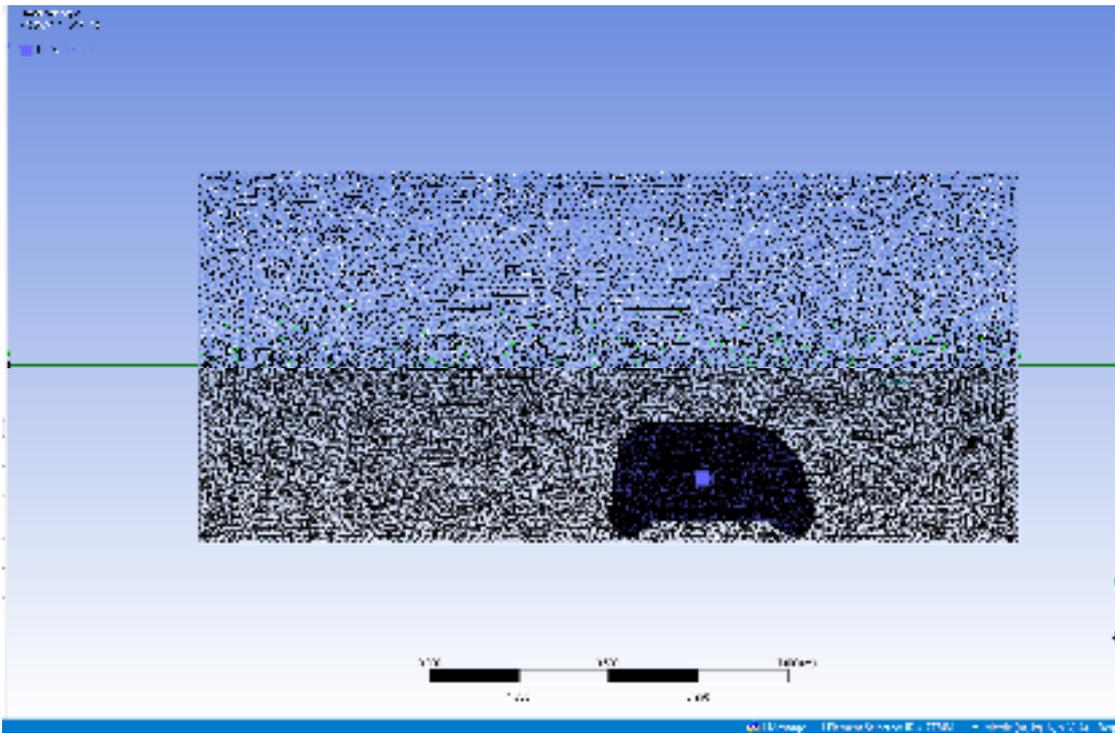
Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional (DEN)., 2019. *Outlook Eneergi Indonesia 2019*. ISSN 2527-3000.

Sutantra, I Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif : Teori dan Aplikasinya*. Guna Widya.

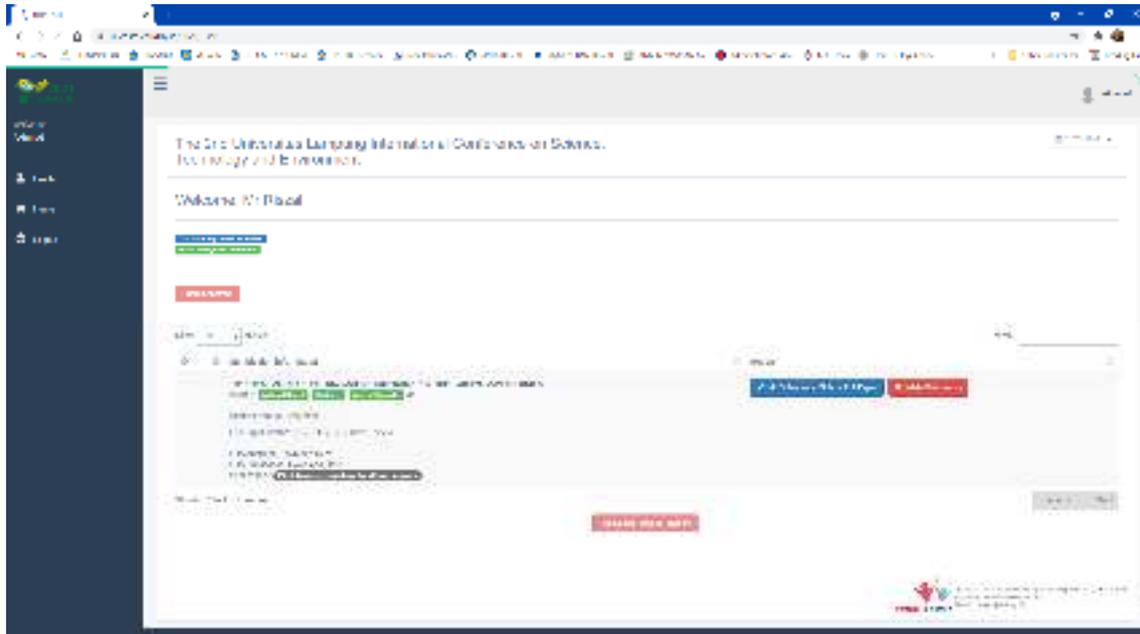
Yudi P, Dkk. 2017. *Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5*. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (Jjptm) Volume 8 No 2.

## LAMPIRAN





## LUARAN



Target ada 1 luaran lagi untuk submit ke Jurnal.



The 2nd Universitas Lampung International Conference on Science,  
Technology and Environment  
Secretariat: Institute of Research and Community Service,  
Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumarni Brojonegoro, RW.No. 1, Galang Moneg, Kec. Rajabasa, Kota  
Bandar Lampung, Lampung 35144  
Email: [ulicoste.unila@gmail.com](mailto:ulicoste.unila@gmail.com) Web: <https://ulicoste.unila.ac.id/>

### LETTER OF ACCEPTANCE

Dear Mr. Akhmad Rizal, et al

Congratulations! your abstract titled:

#### "AERODYNAMIC ANALYSIS OF ECO CAMPUS UNILA ELECTRIC CAR DESIGN"

has been accepted to be continue to the next step (full paper submission) at 1 The 2nd Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (ULICoSTE) 2021 which is being held on August, 27 - 28 2021 at Bandar Lampung.

For educational fields, please add some analysis about the concept which are related to your fields.  
Thank you and looking forward to your participation in this event.

Kind regards,  
ULICoSTE 2021 Committee  
Website : <https://ulicoste.unila.ac.id/>  
Email : [ulicoste.unila@gmail.com](mailto:ulicoste.unila@gmail.com)