



**ANALISIS DESAIN MOBIL PANDAWA G-PRO  
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS  
*WORKBENCH 19***

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

**Oleh**

**Feri Febriyanto**

**NIM.5202413043**

**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2019**



**UNNES**

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**ANALISIS DESAIN MOBIL PANDAWA G-PRO  
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS  
*WORKBENCH 19***

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Feri Febriyanto  
NIM : 5202413043  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Judul : Analisis Desain Mobil Pandawa G-Pro Menggunakan  
Perangkat Lunak *Ansys Workbench* 19

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian  
Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas  
Negeri Semarang.


Semarang, 27 September 2019

Pembimbing I



Dr. Abdurrahman M.Pd.  
NIP. 196709031985031002

Pembimbing II



Dr. Dwi Widjanarko S.Pd., ST., MT  
NIP. 196901061994031003

## PENGESAHAN

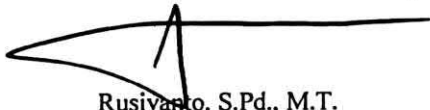
Skripsi dengan judul Analisis Desain Mobil Pandawa G-Pro Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Workbench 19 telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 6 November 2019.

Oleh

Nama : Feri Febriyanto  
NIM : 5202413043  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



Wahyudi, S.Pd., M.Eng.  
NIP. 198003192005011001

Penguji 1



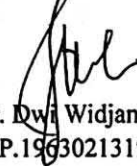
Ahmad Roziqin, S.Pd., M.Pd.  
NIP.198704192014041002

Penguji2/ Pembimbing 1



Dr. Abu Rahman M.Pd.  
NIP.196009031985031002

Penguji3/ Pembimbing 2



Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT  
NIP.196302131988031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.  
NIP.19691130199403100

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 6 Desember 2019

Yang menandatangani



Feri Febriyanto

NIM.5202413043

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. ~*QS Al Insyirah 5 – 6*
- *Learn from the past, live for today, and plan for tomorrow*
- *Do or Do not. There is no try.*

### PERSEMBAHAN

Untuk Bapak, Ibu, Kakak dan seluruh keluarga tercinta serta teman-teman yang telah membantu selesainya skripsi ini.

## RINGKASAN

Transportasi merupakan bagian penting bagi manusia. Manusia tidak bisa lepas dari transportasi. Sarana transportasi yang umum digunakan saat ini adalah kendaraan dengan bahan bakar minyak. Sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan, maka kebutuhan akan bahan bakar juga terus meningkat. Terus meningkatnya kebutuhan bahan bakar, bertolak belakang dengan ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui gaya hambat ( $C_d$ ) desain mobil pandawa Gpro FT Unnes. Hasil perhitungan *coefficient drag* ( $C_d$ ) desain mobil pandawa Gpro 4 FT Unnes menggunakan *Software Ansys* diperoleh rata-rata nilai desain mobil pandawa ori sebesar 0,179, desain pandawa exp 1 sebesar 0,060, dan desain pandawa exp 2 sebesar 0,059. Desain mobil pandawa yang paling efektif berdasarkan nilai *coefficient drag* ( $C_d$ ) terkecil adalah desain pandawa exp 2, karena mobil Pandawa Gpro FT Unnes Experiment 2 memiliki nilai *coefficient drag* ( $C_d$ ) dan *drag force* ( $f_d$ ) lebih baik di bandingkan dengan desain mobil Pandawa Gpro Ft Unnes.

**Kata kunci:** *Coefficient Drag*, Pandawa Gpro, *Ansys*



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang memberikan rahmat dan hidayah Nya. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW dan keluarganya serta kepada para sahabatnya.

Peneliti menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu peneliti ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin penulisan skripsi ini.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan, Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian skripsi ini.
3. Dr. Abdurrahman M.Pd. dan Dr. Dwi Widjanarko S.Pd., S.T., M.T., Pembimbing 1 dan 2 yang telah membimbing, memberikan motivasi dan mengarahkan dengan penuh kesabaran dan kerelaan hati sehingga skripsi ini tersusun.
4. Ahmad Roziqin, S.Pd., M.Pd., Penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran sehingga menambah bobot dan kualitas skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan pahala berlipat ganda atas bantuan dan kebaikannya. Amin.

Semarang, 6 Oktober 2019

  
Feri Febriyanto

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang Masalah .....	1
1.2.Identifikasi Masalah.....	5
1.3.Pembatasan Masalah .....	6
1.4.Rumusan Masalah.....	6
1.5.Tujuan Penelitian .....	7
1.6.Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. Kajian Teori .....	8
2.1.1. Definisi Fluida .....	8
2.1.2. Klasifikasi Aliran Fluida .....	9
2.1.3. Aerodinamik.....	12
2.1.4. Perangkat Aerodinamika pada Mobil.....	16
2.1.5. <i>Computation Fluid Dynamics (CFD)</i> .....	18
2.1.6. <i>Ansys</i> .....	20
2.1.7. Desain Mobil Pandawa GPRO .....	21
2.1.8. Kajian Penelitian yang Relevan .....	23
2.1.9. Kerangka Pikir Penelitian.....	24
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Desain Penelitian .....	25
3.2. Waktu & Tempat Penelitian.....	25
3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	25

3.4. Prosedur Penelitian.....	27
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.6. Teknik Analisis Data.....	32
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian.....	33
4.1.1. Desain Pandawa Orisinal .....	34
4.1.2. Pembuatan Desain .....	35
4.1.3. Penentuan Domain Daerah Komputasi.....	37
4.1.4. Penggenerasian mesh.....	37
4.1.5. Penentuan Kondisi Batas ( <i>boundary condition</i> ) .....	37
4.2. Data Hasil Penelitian .....	38
4.3. Pembahasan .....	43
4.3.1. <i>Coefficient Drag (Cd)</i> .....	44
4.3.2. Gaya Hambat ( <i>Force</i> ).....	49
4.3.3. Perbandingan Desain Pandawa Eksperimen 1 Dengan Desain Pandawa Orisinal.....	46
4.3.4. Perbandingan Desain Mobil Pandawa Eksperimen 2 Dengan Desain Mobil Pandawa Orisinal. ....	46
4.3.5. Perbandingan Desain Pandawa Eksperimen 2 dengan desain pandawa eksperimen 1.....	48
4.3.6. <i>Contour Pressure</i> .....	50
4.3.7. <i>Streamline</i> .....	52
<b>BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
4.4. Kesimpulan .....	51
4.5. Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Distribusi Kecepatan Aliran Laminar pada pipa tertutup .....	11
2.2 Dimensi Desain Mobil Pandwa GPRO FT Unnes .....	22
2.3 Dimensi <i>Chasis</i> Mobil Pandwa GPRO FT Unnes .....	22
3.1 Desain Mobil Pandawa GPRO 4.....	27
3.2 Diagram Alir Pelaksanaan.....	28
3.3 Ukuran Terowongan Angin.....	30
4.1 Bentuk Desain Pandawa Orisinal Tampak Depan. ....	33
4.2 Aliran Udara di Sekitaran Pandawa Orisinal. ....	34
4.3 Desain Mobil Pandawa eksperimen 1 Tampak Depan .....	35
4.4. Desain Mobil Pandawa eksperimen 1 Tampak Samping.....	35
4.5. Desain Mobil Pandawa eksperimen 1 Tampak Atas.....	35
4.6. Desain Mobil Pandawa eksperimen 2 Tampak Samping.....	36
4.7. Desain Mobil Pandawa Eksperimen 2 Tampak Depan.....	36
4.8. Perbedaan <i>coefficient drag</i> antara desain pandawa orisinal, pandawa eksperimen 1, dan pandawa eksperimen 2.....	40
4.9. Perbedaan <i>Drag force (Fd)</i> antara desain pandawa orisinal, pandawa eksperimen 1, dan pandawa eksperimen 2.....	42
4.10. <i>Streamline</i> desain mobil pandawa orisinal dan desain mobil pandawa eksperimen 1 .....	46
4.11. <i>Streamline</i> desain mobil pandawa orisinal dan desain mobil pandawa eksperimen 2.....	47
4.12. <i>Streamline</i> desain mobil pandawa eksperimen 1 dan desain mobil pandawa eksperimen 2 .....	48
4.13. <i>Ground Clearance</i> desain mobil pandawa eksperimen 1 dan desain mobil pandawa eksperimen 2.....	49
4.14. <i>Contur Pressure</i> Pandawa Orisinal Tampak Atas .....	50
4.15. <i>Contour Pressure</i> Pandawa Eksperimen 01 Tampak Atas .....	51
4.16. <i>Contour Pressure</i> Pandawa Eksperimen 2 Tampak Atas .....	51

4.17. <i>Streamline</i> mobil pandawa orisinal tampak samping .....	52
4.18. <i>Streamline</i> mobil pandawa eksperimen 1 tampak samping .....	53
4.19. <i>Streamline</i> mobil pandawa eksperimen 2 tampak samping .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 <i>Coeffisien of drag</i> Secara Umum. ....	13
3.1 Dimensi Mobil Pandawa G-Pro FT Unnes .....	26
3.2 Regulasi teknis dimensi kendaraan kompetisi SEM asia dan KMHE .	29
3.3 Parameter masukan kondisi batas .....	31
3.4 Validasi perbandingan koefisien <i>drag</i> .....	31
3.5 Data Hasil Penelitian.....	31
4.1 Parameter Masukan Kondisi Batas .....	37
4.2. Data Hasil Pengujian <i>Coefficient drag (Cd)</i> .....	39
4.3. Data Hasil Pengujian <i>Drag force (Fd)</i> .....	41

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran	Halaman
1. Formulir usulan topik skripsi .....	60
2. Usulan topik skripsi .....	61
3. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi.....	62
4. Surat Usulan Dosen Pembimbing .....	63
5. Surat Tugas Penguji Seminar Proposal Skripsi.....	64
6. Presensi Seminar Proposal Skripsi.....	65
7. Berita Acara Seminar Skripsi.....	66
8. Lembar Pernyataan Selesai Revisi Proposal Skripsi.....	67

## Glosarium

*boundary condition* = Penentuan kondisi batas

*Cd = Coefisien Drag*

*Density* = Kerapatan

*CFD = Computation Fluid Dynamics*

*Drag* = Hambatan

*Drag Force* = Gaya Hambat

*friction drag* = Gaya Gesek

*ground clearance* = celah antara permukaan dengan kendaraan

*head loses* = kerugian tekanan akibat energi yang hilang.

*lift force* = Gaya angkat

*meshing* = proses pembagian volume model menjadi bagian bagian kecil

*Pre-Processing* = tahapan awal dalam membangun dan menganalisa sebuah model  
komputasi fluida (CFD)

*Side Force* = Gaya Samping

*Software* = Perangkat Lunak computer

*Specific volume* = Volume Spesifik

*Specific Weigh* = Berat Spesifik

*Viscositas* = Viskositas merupakan hasil dari gaya-gaya antara molekul yang timbul  
pada saat lapisan-lapisan fluida berusaha menggeser satu dengan  
lainnya.

*vortex* = Hambatan pusaran/turbulensi

*Wind Tunnel* = terowongan angin



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Transportasi merupakan bagian penting bagi manusia. Manusia tidak bisa lepas dari transportasi. Sarana transportasi yang umum digunakan saat ini adalah kendaraan dengan bahan bakar minyak. Sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan, maka kebutuhan akan bahan bakar juga terus meningkat. Berdasarkan data dari BPH Migas kebutuhan bahan bakar pada tahun 2015 sebesar 34.878.775 KL sedangkan pada tahun 2016 sebesar 34.869.378 KL dengan demikian kebutuhan bahan bakar dalam dua tahun meningkat. Data terakhir pada tahun 2017 sebesar 40.896.003,752 KL yang menunjukkan peningkatan sebesar 17,2 % ([www.bphmigas.go.id](http://www.bphmigas.go.id)). Data tersebut diperkuat oleh data dari PT. Pertamina (Persero), untuk impor minyak mentah diperkirakan menyentuh angka 140 juta barel sepanjang 2017 atau lebih tinggi 5% dari realisasi impor 2016 sebanyak 134 juta barel. Impor minyak itu didatangkan dari beberapa negara seperti Arab Saudi 39 juta barel, Afrika 18 juta barel, Asia mencakup Malaysia, Thailand dan Brunei Darussalam dengan volume 60 juta barel dan Mediterania sebesar 32 juta barel ([www.industry.bisnis.com](http://www.industry.bisnis.com)).

Terus meningkatnya kebutuhan bahan bakar, bertolak belakang dengan ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis. Kondisi tersebut mendorong industri yang bergerak di bidang transportasi untuk menciptakan sebuah kendaraan dengan tingkat efisiensi bahan bakar yang tinggi, sehingga dapat menekan konsumsi bahan bakar. Universitas Negeri Semarang sebagai salah satu

lembaga Pendidikan tinggi, dituntut untuk turut menjalankan Tridarma perguruan tinggi, yaitu pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan turut mengembangkan kendaraan dengan efisiensi bahan bakar yang tinggi.

Menurut (Nabella, *et. al*, 2016: 238) faktor yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar menurut dapat dibagi menjadi dua, sebagai berikut:

(1) Faktor internal meliputi: tipe dan ukuran mesin, daya keluaran, jenis transmisi, rasio gigi (*axle ratio*), konstruksi ban, berat kendaraan, dan bentuk aerodinamis kendaraan. (2) Faktor eksternal meliputi: pengguna (operator) yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar yaitu pola mengemudi, Panjang lintasan dan banyak nya waktu berhenti, Teknik mengemudi (akselerasi, kecepatan, perlambatan, dan jumlah ganti gigi) perawatan mesin, penggunaan fitur aksesoris, muatan alat, kondisi jalan dan faktor cuaca.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa salah satu hal yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah aerodinamis kendaraan. Prajwal, et al (2015:46) menyatakan bahwa “*Aerodynamics is a branch of fluid mechanics associated with the fluid dynamics and fluid flow in and around the bodies*” dapat diartikan bahwa aerodinamika adalah cabang mekanika fluida yang terkait dengan dinamika fluida dan aliran cairan di dalam dan di sekitar badan. Aerodinamik merupakan gaya yang disebabkan oleh aliran udara yang menerpa bodi hambatan kendaraan. Bentuk bodi yang aerodinamis mengurangi tahanan aerodinamika sehingga dapat mengoptimalkan tenaga mesin untuk menjadi gaya dorong traksi kendaraan, hemat bahan bakar serta menjaga stabilitas kendaraan.

Aerodinamik sangat lekat kaitannya dengan bentuk bodi kendaraan. Devaiah dan Umesh (2013: 72) menyatakan “*...The additional downforce is essential for F1 cars as the high speed requires huge amount of traction to improve*

*its stability, especially at corners to allow high cornering speed.*” yang artinya bahwa penambahan *downforce* sangat penting untuk mobil F1 karena kecepatan tinggi membutuhkan traksi dalam jumlah besar untuk meningkatkan stabilitasnya, terutama di tikungan untuk memungkinkan kecepatan tikungan tinggi.

Salah satu yang menjadi titik poin dalam desain otomotif kendaraan adalah aerodinamika atau aliran fluida yang melewati bodi kendaraan. Menurut Hai-tao dan Cheng (2013: 20) bahwa perubahan aerodinamis pada kendaraan secara langsung dapat mempengaruhi karakteristik mengemudi, stabilitas, operasi, konsumsi minyak, dan keselamatan mobil.

Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) adalah suatu kompetisi mobil irit tingkat nasional yang diadakan setiap satu tahun sekali dan melombakan dua kategori kendaraan yaitu Prototipe dan Urban. Kontes Mobil Hemat Energi ini diperuntukkan terutama kepada mahasiswa Teknik dan memberikan tantangan untuk membuktikan kompetensi dalam keahlian tehnik, teknologi, dan kerjasama. Beberapa penilaian yang tidak kalah penting selain irit bahan bakar dan kecepatan adalah jarak yang ditempuh dan waktu.

Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang telah menjadikan kompetisi ini sebagai sarana belajar untuk mahasiswa dan memutuskan untuk berpartisipasi di Kontes Mobil Hemat Energi yang telah diadakan sejak tahun 2012. Motivasi untuk mengikuti kompetisi ini adalah sebagai ajang untuk melakukan sebuah riset dengan melakukan eksperimen tentang mobil hemat energi yang akan menjadi mobil masa depan. Rancangan *prototype* Pandawa GPRO 4 ini adalah sebagai

gambaran dan acuan untuk mengembangkan mobil hemat energi masa depan agar hasilnya dapat memenuhi standar internasional.

Pandawa GPRO 4 merupakan mobil prototipe mobil hemat energi generasi kedua penyempurnaan dari rancangan prototipe mobil hemat energi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada kontes sebelumnya, Pandawa GPRO 4 di desain agar menjadi prototipe mobil hemat energi, ramah lingkungan, irit, aman, cepat dan jarak tempuh yang relatif jauh sehingga dapat menjadi gambaran dan solusi yang efektif untuk pengembangan kendaraan masa depan yang hemat energi dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan ansys, untuk desain GPRO 4 memperoleh friksi dan hasil akhir sebesar 0.33, hasil tersebut masih dapat diperkecil. Dalam teori dinamika semakin kecil hasil akhir, maka semakin baik.

Mobil hemat energi pandawa GPRO FT Unnes saat ini memiliki dimensi tinggi 700 mm x panjang 3000 mm x lebar 1000 mm. Pengembangan pada mobil hemat energi pandawa GPRO 4 FT Unnes perlu dilakukan karena akan mempengaruhi kestabilan dan kecepatan pada saat melaju dengan kecepatan tertentu.

Darwin dan Salim (2013: 69) menyatakan *“There are 2 methods that can be used to investigate drag and lift coefficients of a car, a full-scale wind tunnel investigation or numerical modeling using Computational Fluid Dynamics (CFD)”*. Pengujian hambatan udara dan koefisien angkat dapat dianalisa dengan menggunakan dua cara yaitu dengan menggunakan terowongan angin (*wind tunnel*) dan *software CFD* atau komputasi dan simulasi numerik (*CFD*) melalui

komputer. Kelebihan *software* dibandingkan dengan pengujian-pengujian melalui (*wind tunnel*) dapat menganalisis aerodinamika baik dalam ukuran kendaraan yang sebenarnya maupun dalam ukuran skala dengan tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka untuk memperoleh sebuah aerodinamik yang tepat dalam meningkatkan performa pada kendaraan GPRO 4 maka diperlukan sebuah analisis. Pada penelitian ini, *software* yang diperlukan sebagai bahan analisis adalah ANSYS 19, sehingga diperoleh sebuah produk simulasi data valid terhadap aliran udara pada desain kendaraan GPRO 4 FT Unnes.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

- 1.2.1 Semakin bertambahnya jumlah kendaraan, mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang terus meningkat.
- 1.2.2 Peningkatan konsumsi bahan bakar, bertolak belakang dengan ketersediaan bahan bakar yang terus menipis.
- 1.2.3 Universitas Negeri Semarang sebagai lembaga Pendidikan tinggi, dituntut untuk turut mengembangkan kendaraan hemat energi.
- 1.2.4 Aerodinamik sebuah kendaraan sangat mempengaruhi kecepatan, kestabilan, dan kenyamanan pada sebuah kendaraan, tetapi untuk memperoleh aerodinamik yang baik diperlukan sebuah desain kendaraan yang baik.
- 1.2.5 *Ansys* dapat digunakan sebagai alat untuk mensimulasikan laju aliran fluida pada kendaraan dan analisis kekuatan *chasis*, tetapi penggunaan alat ini di dunia otomotif belum banyak digunakan.

- 1.2.6 KMHE merupakan kontes mobil hemat energi yang di selenggarakan oleh Dikti dan Unnes turut serta dalam lomba tersebut.
- 1.2.7 GPRO 4 merupakan prototipe kendaraan hemat energi memperoleh hasil rata rata  $Cd$  0.33 yang masih dapat di tingkatkan sehingga diperlukan perbaikan dan pengembangan.

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Supaya penelitian ini lebih jelas arah dan tujuannya maka dibatasi permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.3.1 Prototipe kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mobil Pandawa GPRO 4 FT Unnes.
- 1.3.2 Analisa yang digunakan dalam *software Ansys* yaitu *CFD*.
- 1.3.3 Penelitian ini terbatas pada rancangan desain bodi mobil pandawa GPRO 4 FT Unnes tanpa merubah *chasis* kendaraan.
- 1.3.4 Pengujian ini menggunakan variasi kecepatan 40, 60, 80, 100, dan 120 km/jam.

### **1.4. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.4.1 Bagaimana hasil perhitungan mengenai gaya hambat ( $Cd$ ) desain mobil Pandwa GPRO 4 FT Unnes menggunakan *software Ansys 19*?
- 1.4.2 Bagaimana desain mobil Pandwa GPRO 4 FT Unnes yang paling efektif berdasarkan nilai  $Cd$  terkecil?

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.5.1 Mengetahui hasil perhitungan mengenai gaya hambat ( $Cd$ ) desain mobil Pandwa GPRO 4 FT Unnes menggunakan *software Ansys 19*.
- 1.5.2 Mengetahui desain mobil Pandwa GPRO 4 FT Unnes yang paling efektif berdasarkan nilai  $Cd$  terkecil.

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan atas permasalahan yang telah dikemukakan, maka penelitian ini diharapkan memiliki beberapa manfaat yaitu:

#### 1.6.1 Bagi Mahasiswa

Mahasiswa dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai pembelajaran dalam pembuatan desain kendaraan.

#### 1.6.2 Bagi Perguruan Tinggi

Hasil penelitian ini dapat membantu dalam meningkatkan kualitas desain mobil pandawa serta dapat digunakan untuk lomba KMHE pada tahun depan.

#### 1.6.3 Bagi Peneliti

Penelitian ini sebagai tambahan wawasan mengenai aerodinamika pada kendaraan. Juga sebagai pengalaman dalam merancang sebuah desain kendaraan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Teori

##### 2.1.1 Definisi Fluida

Ridwan (1999: 1) menyatakan bahwa “Fluida adalah suatu zat yang tidak mampu menahan tekanan geser tanpa berubah bentuk”. Fluida merupakan zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Fluida gas, merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu.
- b. Fluida cair, merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya.

Untuk memahami segala hal tentang aliran fluida, maka terlebih dahulu harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu: tekanan ( $p$ ), temperature ( $T$ ), berat jenis ( $\gamma$ ), viskositas ( $\eta$ ), kepadatan ( $\rho$ ), dan kompresibilitas (Waluyo, 1996:1) sedangkan menurut (Orianto dan Pratikto, 1984:3-6) Sifat-sifat fluida adalah Tekanan ( $P$ ), *Density*, *Specific Weigh*, *Specific volume*, *Specific grafiti*, *viscositas*, dan sifat-sifat lain.



Setiap aliran fluida yang mengalir terjadi viskositas. Menurut Orianto dan Pratikto (1984:4) “Viskositas merupakan hasil dari gaya-gaya antara molekul yang timbul pada saat lapisan-lapisan fluida berusaha menggeser satu dengan lainnya”. Viskositas fluida merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekulnya. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperature, hal ini disebabkan gaya - gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat cair tersebut, sehingga gaya gesernya akan bersifat menghambat. Untuk melawan gaya geser tersebut diperlukan energi sehingga mengakibatkan adanya energi yang hilang pada aliran fluida. Energi yang hilang ini mengakibatkan penurunan tekanan aliran fluida atau disebut juga kerugian tekanan (*head loses*).

### **2.1.2 Klasifikasi Aliran Fluida**

Aliran dari suatu fluida bisa dibedakan untuk *incompressible* fluid dan *compressible fluid*. Aliran fluida *incompressible* meliputi, laminar dan turbulen, *steady flow* dan *uniform flow*, *path lines*, *stream lines* dan *streak lines*, dan lain-lain.

#### **2.1.2.1 Aliran Fluida Berdasarkan Pergerakannya, menurut Irianto (2014):**

##### **a. *Steady Flow***

Suatu aliran fluida disebut *steady* jika aliran yang mana kondisi alirannya (kecepatan, tekanan, densitas, dll) tidak berubah dengan seiring perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

b. *Non Steady Flow*

*Non Steady Flow* terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan pada aliran tersebut terhadap perubahan waktu.

c. *Uniform Flow*

*Uniform flow* merupakan aliran fluida yang terjadi besar dan arah dari vektor-vektor kecepatan tidak berubah dari suatu titik ke titik berikutnya dalam aliran fluida tersebut.

d. *Non Uniform Flow*

Aliran ini terjadi jika besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

2.1.2.2 Aliran fluida berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida tersebut:

a) Aliran Laminar

Sudarja (2016:58) menyatakan bahwa “pada aliran laminar partikel fluida bergerak pada lintasan yang halus (*smooth*) berbentuk lamina-lamina atau lapisan-lapisan dimana satu lapis fluida bergerak secara (*smooth*) diatas lapisan yang lain”, dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan-kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi hukum pasti viskositas Newton, yaitu:

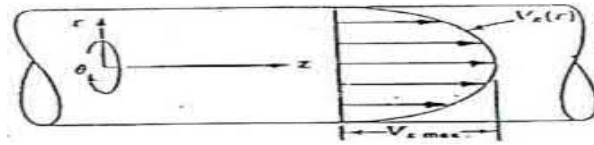
$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

$\tau$  = tegangan geser pada fluida (N/m<sup>2</sup>)

$\mu$  = viskositas dinamik fluida (kg/m.det)

$$\frac{du}{dy} = \text{gradient kecepatan (m/det/m)}$$



Gambar 2.1 Distribusi kecepatan aliran laminar pada pipa tertutup (Irianto, 2014).

#### b) Aliran Turbulen

Menurut Ridwan (1999:59) “Turbulensi adalah gerak partikel fluida yang sembarang dan tidak teratur, baik menurut waktu maupun ruang. “Tidak Teratur” berarti bahwa gerak tersebut tidak dapat ditentukan secara jelas sedangkan “sembarang” (random) berarti tidak teratur, harga statistik dari berbagai besaran dapat ditentukan”. Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.

#### c) Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Menurut Ridwan (1999: 51) “Transisi terjadi karena di atas bilangan *reynolds* tertentu, aliran laminar menjadi tidak stabil bila suatu gangguan kecil diberikan pada aliran. Pengaruh gangguan ini makin membesar dengan bertambahnya waktu”.

### 2.1.3 Aerodinamik

Aerodinamika diambil dari kata *Aero* dan *Dinamika* yang bisa diartikan udara dan perubahan gerak dan bisa juga ditarik sebuah pengertian yaitu suatu perubahan gerak dari suatu benda akibat dari hambatan udara ketika benda tersebut melaju dengan kencang. Benda yang dimaksud dapat berupa kendaraan bermotor (mobil, truk, bis maupun sepeda motor) yang sangat terkait hubungannya dengan perkembangan aerodinamika sekarang ini. Sedangkan menurut (Vilnius, 2017:17):

*Aerodynamics as the science describing body's movement in an air. Thus it is a branch of dynamics which deals with the motion of air and other gases, with the forces acting upon an object in motion through the air, or with an object which is stationary in a current of air. In effect, in aviation aerodynamics is concerned with three distinct parts. These parts may be defined as the aircraft, the relative wind, and the atmosphere.*

Dapat di artikan kurang lebih sebagai berikut, aerodinamika sebagai ilmu menggambarkan tubuh gerakan dalam udara demikianlah cabang dinamika yang berkaitan dengan gerakan udara dan gas lainnya, dengan gaya yang bekerja pada objek dalam gerak melalui udara, atau dengan sebuah benda yang merupakan stasioner dalam arus udara berlaku, dalam penerbangan aerodinamika prihatin tiga bagian yang berbeda. Bagian ini dapat didefinisikan sebagai pesawat, angin relatif, dan angkasa. Dalam Aerodinamika dikenal beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda dan lebih spesifik lagi pada mobil, antara lain:

#### 2.1.3.1 Gaya Hambat (*Drag Force*)

Menurut (Houghton dan Carpenter, 2003:27) “*This is the component of force acting in the opposite direction to the line of flight, or in the same direction as the motion of the undisturbed stream. It is the force that resists the motion of the aircraft*”, yang dapat diartikan gaya hambat adalah komponen gaya yang bekerja

dalam arah yang berlawanan dengan garis penerbangan, atau dalam arah yang sama dengan gerakan aliran yang tidak terganggu. Ini adalah gaya yang menahan gerakan pesawat. Sedangkan menurut Sutantra (2001: 124) Gaya hambat adalah gaya yang berlawanan dengan arah laju kendaraan yang bekerja dalam arah horizontal terhadap aliran sehingga gaya ini menghambat kendaraan saat melaju. Secara umum gaya hambat dikenal melalui angka ( $Cd$ ), Nilai  $Cd$  semakin kecil maka aerodinamika bodi mobil semakin baik, karena gaya hambat yang timbul semakin rendah.

Tabel 2.1 *Coeffisien of drag (Cd)* Secara umum untuk beberapa jenis mobil.

No	Jenis Mobil	Koefisien Hambat ( $Cd$ )
1	Mobil penumpang	0,3 – 0,6
2	Mobil Convertible	0,4 – 0,65
3	Mobil Balap	0,25 – 0,3
4	Bus	0,6 – 0,7
5	Truck	0,8 – 1,4
6	Tractor – Tailer	0,8 – 1,3
7	Sepeda motor & Pengendara	1,8

Menurut Scybor Rylski (1975) dalam Sutantra (2001:124) gaya hambat total terdiri dari beberapa jenis gaya hambat yaitu:

#### 2.1.3.1.1 Hambatan Bentuk

Menurut Sutantra (2001:124) “Gaya hambat yang disebabkan adanya gradien tekanan (*pressure drag*) dan adanya gesekan (*friction drag*)”. Bentuk mobil yang kompleks menyebabkan terjadinya distribusi tekanan sepanjang permukaan bodi mobil. Saat mobil berjalan terjadi perbedaan tekanan antara bagian depan mobil dan belakang mobil, tekanan positif bekerja pada bagian depan mobil dan tekanan negatif di bagian belakang mobil, sehingga gaya udara yang bekerja pada bagian depan mobil lebih tinggi daripada gaya pada belakang mobil, akibatnya

timbul gaya *drag* yang bekerja berlawanan dengan arah gerak mobil dan menghambat gerak mobil.

#### 2.1.3.1.2 Hambatan Pusaran/Turbulensi (*Vortex*)

Pada belakang mobil terjadi perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah mobil, menyebabkan terjadinya gerakan aliran udara dari permukaan bawah menuju ke permukaan atas mobil yang berupa pusaran atau turbulensi. Sutantra (2001:125) menyatakan “Timbulnya turbulensi pada mobil juga akan menghambat gerak laju mobil yang disebabkan adanya pengaruh gaya angkat vertikal pada mobil yang sedang bergerak secara horizontal”. Turbulensi yang terjadi akan mengubah arah *lift* yang semula tegak lurus terhadap jalan menjadi miring ke belakang.

#### 2.1.3.1.3 Hambatan Tonjolan

Hambatan tonjolan timbul karena “Adanya tonjolan profil tertentu pada bagian permukaan bodi mobil seperti kaca spion, pegangan pintu, antena, dan aksesoris lainnya” (Sutantra, 2001:125). Hambatan tonjolan juga mengakibatkan gaya hambat. Oleh karena itu maka komponen tersebut biasanya bentuknya dibuat mendekati bulat dan halus supaya udara yang lewat semakin lancar dan berarti mengurangi hambatan.

#### 2.1.3.1.4 Hambatan aliran dalam.

Hambatan aliran dalam pada kendaraan berupa hambatan oleh aliran udara yang mengalir melalui sistem pendingin mesin yaitu radiator (Sutantra, 2001:125).

### 2.1.3.2 Gaya angkat (*lift force*)

Sutantra (2001:126) menyatakan bahwa “Perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah mobil menyebabkan aliran udara pada permukaan atas lebih cepat dari pada aliran udara pada permukaan bawah, sehingga tekanan pada permukaan atas lebih rendah daripada tekanan permukaan bawah”. Faktor lain adalah kekasaran permukaan bawah mobil yang disebabkan oleh profil mesin dan komponen lain yang memperlambat aliran bawah sehingga memperbesar tekanan aliran permukaan bawah. Karena itu tekanan yang bekerja pada bagian bawah mobil secara umum lebih besar daripada tekanan yang bekerja pada bagian atas mobil sehingga menimbulkan terbentuknya gaya angkat (*lift force*) karena adanya desakan aliran udara dari permukaan bawah ke permukaan atas mobil. Gaya ini bekerja dalam arah vertikal biasanya arah ke atas ditandai arah positif dan kebawah negatif. Gaya angkat keatas pada mobil sebagai akibat pengaruh dari *speed*, bentuk sirip, *stream line*, aerodinamika desain.

### 2.1.3.3 Gaya Samping (*Side Force*).

Jika gerakan angin tidak sejajar dengan arah gerak mobil maka akan membentuk sudut tertentu terhadap lintasan mobil, sehingga akan mengakibatkan terjadinya gaya samping. “Gaya samping bekerja dalam arah horizontal dan transversal sehingga bersifat mendorong mobil ke samping. Gaya samping juga terjadi pada kondisi mobil berbelok” (Sutantra, 2001:127). Bodi mobil yang semakin aerodinamis akan mengeleminir terjadinya gaya samping sehingga stabilitas mobil lebih terkendali dengan baik.

## 2.1.4 Perangkat Aerodinamika pada Mobil

Pemasangan alat pendukung seperti *air dam*, *spoiler* (lip), sayap (*wing*), *side skirts*, *splitter*, aliran udara pada bagian bawah (Rahman, et al, 2014:4). Ini merupakan bagian dari perangkat aerodinamika pada sebuah kendaraan, yang fungsinya membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam kolong mobil dibuat lebih minim, dibuat pada kendaraan balap terutama pada medan *rally*, namun berbeda untuk mobil balap pada lintasan tim *riset* tinggal membuat bagian kolong mobil rata, berikut penjelasannya:

### 2.1.4.1 *Air dam*

Menurut Tjitro dan Wibawa (1999:111) menyatakan bahwa “*air dam* merupakan asesoris yang diletakkan di bagian depan bawah kendaraan. Konstruksinya bisa menyatu dengan bodi atau desain terakhir menyatu dengan *bumper*”. Bertujuan untuk mempercepat aliran udara di bagian kolong mobil, sehingga aliran udara tersebut bertambah cepat. Berdasarkan prinsip *Bernouli* maka tekanan ban pada jalan akan semakin besar sehingga kedudukan mobil semakin kokoh.

### 2.1.4.2 *Splitter*

*Splitter* menurut Kshirsagar dan Chopade (2018: 2185) adalah:

*Splitters reduces the gap between the ground and bottom of the vehicle blocking most of the air that would go under the vehicle. A leading edge on the front of the racing car, relatively parallel to the ground, which attempts to keep high pressure air on top of the car, rather than flowing underneath it. The high pressure pushes down on the splitter, also helping to create downforce or negative lift”*

yang dapat diartikan *Splitter* mengurangi celah antara tanah dan bagian bawah kendaraan yang menghalangi sebagian besar udara yang masuk ke dalam



kendaraan. Tepi terdepan di bagian depan mobil balap relatif sejajar dengan tanah, untuk menjaga udara bertekanan tinggi di atas mobil, supaya tidak mengalir di bawahnya. Tekanan tinggi mendorong *splitter*, juga membantu menciptakan *downforce* atau *lift* negatif. *Splitter* ini dapat meningkatkan *downforce* kendaraan, sehingga daya cengkram roda kendaran lebih baik dan mudah dikendalikan, namun memiliki kekurangan diantaranya komponen yang cukup besar dan rentan terhadap kerusakan karena terletak pada bagian bawah kendaraan.

#### 2.1.4.3 *Spoiler*

Kshirsagar dan Chopade (2018: 2184) menyatakan “*A spoiler is a simple kind of plate placed at the end of the car body so that it can interfere or spoil the flow around the vehicle, creating a controlled segregation of the flow in a desired place*”. Artinya *Spoiler* adalah jenis pelat sederhana yang diletakkan di ujung badan mobil sehingga dapat menghalangi aliran di sekitar kendaraan dan menciptakan pemisahan aliran yang terkendali di tempat yang diinginkan. Ini dilakukan karena aliran udara yang cepat dan halus dapat meningkatkan daya angkat positif, dengan menghalangi aliran ini daya angkat berkurang atau mungkin benar-benar hilang. sehingga “...menambah *downforce* atau tekanan ke bawah pada mobil untuk mengurangi gaya angkat yang timbul akibat kecepatan tinggi” ([www.nissan.co.id](http://www.nissan.co.id)). *Spoiler* ini menampung tekanan gerak udara yang mengalir dari arah depan melalui atas mobil sehingga tekanan udara akan semakin kuat dan menambah daya cengkram ban dan pengendalian akan lebih enak dan mantap.

#### 2.1.4.4 Side Skirt

*Side skirt* merupakan bagian dari *body kit* yaitu terdiri dari *spoiler* depan atau *bumper* depan, *spoiler* belakang dan *side skirt* itu sendiri, *body kit* ini berfungsi memberikan *ground clearance* mobil tersebut menjadi rendah supaya memperkecil masuknya angin pada bawah mobil. Seandainya mobil melaju dengan kecepatan tinggi dapat mengurangi efek limbung atau melayang.

#### 2.1.4.5 Deflector

Salah satu cara mengurangi hambatan aerodinamis dengan mengendalikan aliran udara dari roda dengan pemasangan *deflector*. Yuan dan Wang (2017: 200) menyatakan “*The wheel deflector could effectively steer the airflow around the wheels and gap, and prevented the high-speed airflow in front of the automobile impacting the wheels directly*”. *Deflector* roda dapat secara efektif mengarahkan aliran udara di sekitar celah roda dan mencegah aliran udara kecepatan tinggi di depan mobil yang berdampak langsung pada roda. *Deflector* ini berfungsi untuk menyalurkan udara yang menerpa bagian depan kendaraan pertama kali dan membuat aliran angin tersebut menjadi terarah keluar dan membuat kendaraan kita menjadi stabil pada saat kecepatan tinggi.

#### 2.1.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Abo-Serie, et.al (2017:1528) “*The drag force can either eksperimentally measured such as in case of wind tunnel measurements or calculated such as in case of using CFD*”. Gaya hambat dapat diukur secara eksperimental seperti dalam kasus pengukuran terowongan angin atau dihitung seperti dalam kasus menggunakan *CFD*. Selain itu Darwin dan Salim (2013:69)

juga menyatakan “*There are 2 methods that can be used to investigate drag and lift coefficients of a car, a full-scale wind tunnel investigation or numerical modeling using Computational Fluid Dynamics" (CFD)*”. Pengujian hambatan udara dan koefisien angkat dapat dianalisa dengan menggunakan dua cara yaitu dengan menggunakan *wind tunnel* dan *software CFD* melalui komputer. Kelebihan *software* dibandingkan dengan pengujian melalui *Wind Tunnel* yaitu dapat menganalisis aerodinamika baik dalam ukuran kendaraan yang sebenarnya maupun dalam ukuran skala dengan tepat.

Parab, et.al (2014:7) menyatakan bahwa:

*CFD or Computational fluid dynamics is a branch of fluid mechanics that, with the help of computers, uses numerical methods to solve and analyze problems involving fluid flows. Computers are used to carry out calculations using an iterative procedure wherein the solution accuracy improves with every iteration.*

Kalimat diatas dapat di terjemahkan menjadi *CFD* atau dinamika fluida komputasi adalah cabang mekanika fluida dengan bantuan komputer menggunakan metode numerik untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan aliran fluida. Komputer digunakan untuk melakukan perhitungan menggunakan prosedur berulang di mana akurasi solusi meningkat dengan setiap iterasi.

Yogatama dan Trisno (2018:12) menyatakan bahwa “*CFD* adalah suatu cara untuk menganalisa suatu sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena fisik lainnya yang berdasarkan pada simulasi berbasis komputer”. *CFD* menggabungkan berbagai ilmu dasar teknologi diantaranya matematika, ilmu komputer, teknik dan fisika. Semua ilmu disiplin tersebut digunakan untuk pemodelan atau simulasi aliran fluida. Prinsip *CFD* adalah metode

penghitungan yang mengkhususkan pada fluida, dimana sebuah kontrol dimensi, luas serta volume dengan memanfaatkan komputasi komputer maka dapat dilakukan perhitungan pada tiap-tiap elemennya. Hal yang paling mendasar mengapa konsep *CFD* banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan *CFD* dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya dan waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen atau proses *design engineering* yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal lain yang mendasari pemakaian konsep *CFD* adalah pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur bahkan animasi. Menurut Yogatama dan Trisno, (2018:12) proses pada *CFD* ada tiga tahap yaitu tahap *pre-processing*, tahap *CFD solver*, tahap *post processing*.

#### **2.1.6 ANSYS**

Prihadyana, et.al, (2017: 227) menyatakan bahwa “Ansys merupakan software berbasis Finite Element Analysis (FEA). Penggunaan *ansys* mencakup simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnetik”. *Ansys* adalah suatu perangkat lunak komputer umum yang mampu menyelesaikan persoalan-persoalan elemen hingga dari pemodelan hingga analisis. *Ansys* ini digunakan untuk menyimulasikan semua disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis struktural (linier dan nonlinier), perpindahan panas, dinamika fluida, dan elektromagnetik untuk para *engineer*. *Ansys* dapat mengimpor data CAD dan juga memungkinkan untuk membangun geometri dengan kemampuan yang "*preprocessing*". Demikian pula dalam *preprocessor* yang sama, elemen hingga model (jaring alias) yang diperlukan untuk perhitungan dihasilkan. Setelah

mendefinisikan beban dan melakukan analisis, hasil dapat dilihat sebagai numerik dan grafis. *Ansys* bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan pendeskritisasian dimana membagi atau memecah objek analitis satu rangkaian kesatuan ke dalam jumlah terbatas elemen hingga yaitu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan *node*.

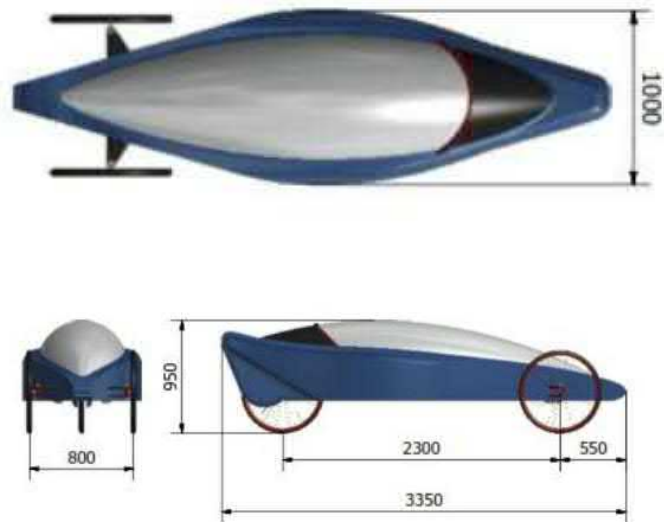
### **2.1.7 Desain Mobil Pandawa GPRO**

Pandawa G-pro merupakan kendaraan prototipe berbahan bakar bensin yang dikembangkan oleh tim Pandawa 2 Universitas Negeri Semarang. Kendaraan prototipe yang dikonsept berdasarkan anatomi bagian tubuh manusia menyerupai jari telunjuk (*index finger*) didesain untuk pengembangan karakteristik aerodinamis. Struktur bentuk bodi dimanipulasi ke dalam bentuk futuristik serta geometri bodi didesain dengan bangun ruang yang terbentuk dari bidang terstruktur sudut (*convex polyhedron geometric*).

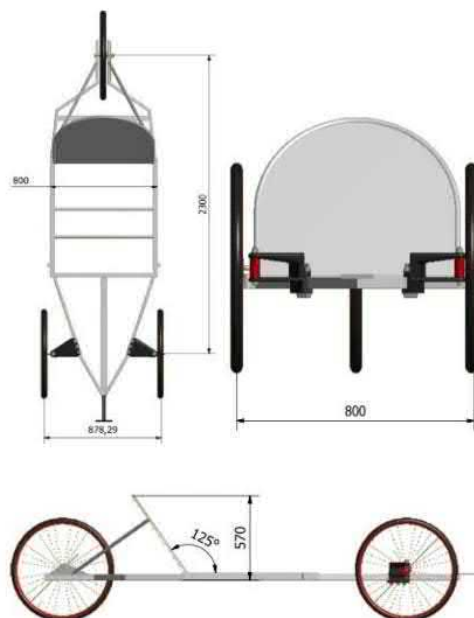
Keunggulan konsep desain dipilih dengan tujuan untuk memperbaiki karakteristik aliran fluida yang bekerja pada objek. Bangun ruang *polyhedron* bermanfaat untuk memecah aliran fluida sehingga gaya hambat aerodinamika yang bekerja akan lebih stabil. Bentuk *polyhedron* terstruktur dari bagian muka bodi prototipe memanjang ke bagian tengah bodi, kemudian lekukan diteruskan mengerucut ke bagian ekor bodi prototipe. Lekukan ini bertujuan untuk mendistribusikan aliran fluida agar terbuang dengan baik berdasarkan teori aliran

udara pada bentuk objek *streamlined*.

Dimensi kendaraan:



Gambar.2.2. Dimensi bodi mobil pandawa GPRO FT Unnes



Gambar.2.3. Dimensi chasis mobil pandawa GPRO FT Unnes

## 2.2 Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Siregar dan Abarita (2012:156) yang menganalisis koefisien drag pada mobil hemat energi "Mesin USU" dengan menggunakan perangkat lunak *CFD*, menyimpulkan bahwa Koefisien drag pada Mesin USU I dan Mesin USU II, masing-masing 0.295975 dan 0.3265162. Nilai ini cukup besar dibandingkan dengan nilai koefisien drag pada *citycar Ford Fiesta* (0.2432045), dengan perbaikan yang dilakukan pada model Mesin USU II, koefisien drag dapat dikurangi sebesar 32,6% dan mengurangi penggunaan bahan bakar sebesar 28,8%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Aklis, et. al, 2015:53) tentang Pengaruh modifikasi bentuk bodi mobil terhadap pola aliran dengan menggunakan (*CFD*), menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan pola aliran dan nilai-nilai tekanan pada bodi masing-masing bodi mobil. Berdasarkan hasil simulasi perhitungan *coefficient drag (Cd)* dan *Coefficient Lift (Cf)* pada mobil ESEMKA RAJAWALI modifikasi lebih kecil dari bodi mobil ESEMKA RAJAWALI standar.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman. *et. al*, (2014:7) tentang pengaruh penggunaan spoiler pada model kendaraan sedan terhadap tekanan hisap dalam terowongan angin, menyimpulkan bahwa pada pengujian *spoiler 3* dengan luas penampang sebesar  $0.7 \text{ m}^2$  memiliki gaya drag yang paling besar pula yakni  $14.216 \text{ kg.m/s}^2$ . Gaya drag kendaraan ( $F_d$ ) semakin besar, maka menambah daya cengkram pada mobil sedan dan pengendalian unit akan lebih baik. Jika daya cengkram pada ban mobil semakin tinggi, maka hal ini merupakan salah satu cara yang efektif dalam penghematan bahan bakar.

Penelitian yang dilakukan oleh Prihadyana, *et al.* (2017:223) tentang analisis aerodinamika pada permukaan bodi kendaraan mobil listrik gaski (ganesha sakti) dengan perangkat lunak ansys 14.5, hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa “setelah melakukan modifikasi pada bodi mobil listrik gaski terdapat beberapa perubahan diantaranya terjadi peningkatan kecepatan laju aliran udara atau *velocity* udara meningkat 1,72% sedangkan tekanan yang diterima oleh bodi setelah dimodifikasi menurun 1,39% dan nilai koefisiensi *drag* pada mobil listrik gaski dapat diturunkan 14,14% setelah dimodifikasi”.

### **2.3 Kerangka Pikir Penelitian**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh beberapa permasalahan yang sering dijumpai pada lapangan dan perusahaan yaitu dalam rangka mengetahui secara teknis faktor apa yang mempengaruhi gaya hambat pada kendaraan dengan bantuan aplikasi *Ansys*. Salah satu penyebab terjadinya gaya hambat adalah bentuk bodi kendaraan yang tidak aerodinamis. Penggunaan konsep *Ansys* dalam penelitian ini dapat mengurangi biaya eksperimen dan waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut atau dalam proses *design engineering* tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Permasalahan tersebut munculkan beberapa masalah sehingga tujuan penelitian ini dapat ditentukan yaitu untuk menganalisis aliran fluida pada kendaraan dengan menggunakan metode *Ansys*.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data hasil simulasi dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perhitungan *coefficient drag* ( $C_d$ ) desain mobil pandawa G-pro 4 FT Unnes menggunakan *Software Ansys workbench 19* diperoleh rata-rata nilai desain mobil pandawa orisinal sebesar 0,179, desain pandawa eksperimen 1 sebesar 0,060, dan desain pandawa eksperimen 2 sebesar 0,059.
2. Desain mobil pandawa yang paling efektif berdasarkan nilai *coefficient drag* ( $C_d$ ) terkecil adalah desain pandawa eksperimen 2, karena mobil Pandawa Gpro FT Unnes Eksperimeneriment 2 memiliki nilai *coefficient drag* ( $C_d$ ) dan *drag force* ( $f_d$ ) lebih baik di bandingkan dengan desain mobil Pandawa G-pro FT Unnes.

#### 5.2. Saran

Sebaiknya untuk pembuatan mobil pandawa kedepannya menggunakan desain mobil pandawa eksperimen 2 ini karena desain ini memiliki nilai *Coefficient Drag* ( $C_d$ ) yang lebih rendah dibandingkan dengan desain pandawa sebelumnya sehingga gaya hambat ( $F_d$ ) yang dihasilkan lebih rendah dan konsumsi bahan bakar lebih hemat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Serie, E., E. Oran, dan O. Utcu. 2017. Aerodynamics Assessment Using CFD For A Low Drag Shell Eco-Marathon Car. *Journal of Thermal Engineering*. Vol. 3(6): 1527-1536.
- Aklis, N., J. Sedyono., dan A.W. Jatmiko. 2015. Pengaruh Modifikasi Bentuk Bodi Mobil Terhadap Pola Aliran Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamic. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 16(2): 47-53.
- Banga, S., Md. Zunaid, N. A. Ansari, S. Sharma., dan R.S. Dungriyal. 2015. CFD Simulation of Flow around External Vehicle: Ahmed Body. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. Vol. 12(4):87-94.
- Barus, C.B dan J.M. Affif. 2018. *Modifikasi Dan Analisa Aerodinamika Body Mobil Gladiator 2 PNJ Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd)*. Seminar Nasional Cendekiawan ke 4 Tahun 2018.
- BPH Migas. 2019. *Konsumsi Bahan Bakar Nasional Per Tahun*. [http://:www.bphmigas.go.id](http://www.bphmigas.go.id). 8 Februari 2019.
- Darwin M dan S.M. Salim. 2013. Aerodynamic Investigation of a Solar Car Body. *EURECA*. School of Engineering, Taylor's University, Selangor, Malaysia
- Devaiah, B. N dan Umesh, S. 2013. Enhancement of Aerodynamic Performance of a Formula-1 Race Car Using Add-On Devices. *SASTECH Journal*. Vol. 12 (1): 72-79.
- Hai-tao, B dan W. Cheng. 2013. Analysis of Aerodynamic Characteristics in the bottom of a Car. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 373-375: 20-33.
- Houghton E.L. dan P.W. Carpenter. 2003. *Aerodynamics for Engineering Students Fifth Edition*. Butterworth-Heinemann: Burlington MA 01803.
- Irianto, D. 2014. Pengepingan Sistem Perpipaan Model Fisik Dengan Akurasi Ragam Bukaannya Katub Pada Pola Aliran Unsteady Sebagai Keselarasan Media Praktikum Di Laboratorium Plumbing UNESA. *Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 1(1).
- Kshirsagar, V dan J.V. Chopade. 2018. Aerodynamics of High Performance Vehicles. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* Vol. 5(3): 2182-2186.
- Nabella, M., Zaenal., dan Yuliadi. 2016. Analisis Pengaruh Kemiringan Jalan dan Jarak Angkut terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan *Fuel Ratio* pada Kegiatan Penambangan Batuan Andesit di PT Gunung Sempurna Makmur, Desa Rengasjajar Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*. Vol. 2(1):237-244.
- Nahartyo. E. 2013. *Desain dan Implementasi Riset Eksperimen*. UPP STIM YKPN: Yogyakarta.

- Nissan. 2019. *Apa Fungsi Sebenarnya Spoiler Mobil.* [www.nissan.co.id](http://www.nissan.co.id). nissancare@nissan.co.id. 27 Januari 2019.
- Orianto, M dan W.A. Pratikto. 1989. *Mekanika Fluida*. BPFE-Yogyakarta: Yogyakarta.
- Parab, A., A. Sakarwala, B. Paste, V. Patil, dan A. Mangrulkar. 2014. Aerodynamic Analysis of a Car Model using Fluent- Ansys 14.5. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*. Vol. 1(4):7-13.
- Prajwal, B., D. Unue., A. Aherwar, dan Jaikishan. 2015. Modelling, simulation and validation of result with different cars models using wind tunnel and Star CCM+. *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*. Vol. 9(1):46-56.
- Prihadyana, Y., G. Widayana, dan K.R. Dantes. 2017. Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5. *Seminar Nasional Vokasi dan Teknologi (SEMNASVOKTEK)*: Denpasar Bali.
- Rahayu. S., M.A. Sahbana, dan A. Farid. 2014. Study Exsperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Model Kendaraan Sedan Terhadap Tekanan Hisap Dalam Wind Tunel. *PROTON*, Vol. 6(1): 54-60
- Rahman A., A. Farid, dan Suriyansayah. 2014. Pengaruh Penggunaan Spoiler Pada Model Kendaraan Sedan Terhadap Tekanan Hisap Dalam Terowongan Angin. *PROTON*, Vol. 6(1):1-7
- Ridwan. 1999. *Diktat Kuliah Mekanika Fluida dasar*. Gunadarma. Jakarta.
- Siregar, M.R dan H. Ambarita. 2012. Analisis Keofisien Drag Pada Mobil Hemat Energi “Mesin USU” dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD. *Jurnal e-Dinamis* Vol. 3(3):152-156.
- Sudarja. 2016. Mekanika Fluida (MEC 3403 P). *Bahan Kuliah*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sutantra, N. 2001. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Guna Widya: Surabaya.
- Tjitro, S. dan A.A. Wibawa. 1999. Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 1(2):108-115.
- Vilnius. 2017. *Module 8 Basic Aerodynamics*. Kazimierz Simonavilcus University: Polandia.
- Waluyo, M.S. 1996. *Seri Teknik Penerbangan Aerodinamika*. Andi: Jogjakarta.
- Yogatama, M dan R. Trisno. 2018. Studi Koefisien Drag Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*: Vol. 07(1):10-14.

Yuan, Z dan Y. Wang. 2017. Effect of underbody structure on aerodynamic drag and optimization. *Journal of Measurements in Engineering*. Vol. 5(3): 194-204.