

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL HEMAT
ENERGI LINTANG SAMUDRA MENGGUNAKAN
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Stara-1 Teknik Mesin



Diajukan oleh:

NAMA : BAGUS WAHYU PRASTYO

NIM : 153010013

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG
2020**



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

HALAMAN PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL ANALISIS
AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL HEMAT ENERGI LINTANG
SAMUDRA MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS***

Telah diperiksa, disetujui dan dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

Pada :
Hari : Senin
Tanggal : 10 Februari 2020

Dosen Pembimbing I

Imam Syafa'at, S.T., M.T.

NIDN: 0026077501

Dosen Pembimbing II

M. Dzulfikar, S.T., M.T.

NIDN: 0614019102



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN / REVISI

Nama : BAGUS WAHYU PRASTYO
Nim : 153010013
Judul TA : ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL HEMAT
ENERGI LINTANG SAMUDRA MENGGUNAKAN
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*.

Telah dipertahankan dan direvisi di depan Dewan Penguji Tugas Akhir
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

1. Penguji 1

Nama : Imam Syafa'at, S.T., M.T.

Tanggal Pengesahan : 3/3/2020

Tanda Tangan

2. Penguji 2

Nama : Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T.

Tanggal Pengesahan : 25-3-2020

Tanda Tangan

3. Penguji 3

Nama : Ir. Tabah Priangkoso, M.T.

Tanggal Pengesahan : 04/03/2020

Tanda Tangan

Semarang, 4 Maret 2020

Mengetahui

Ketua Jurusan


Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T.

NPP: 05.06.1.0153



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

HALAMAN PERNYATAAN

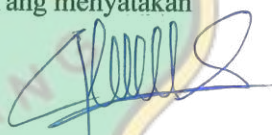
Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Bagus Wahyu Prastyo
NIM : 153010013
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa TUGAS AKHIR tidak merupakan jiplakan dan juga bukan dari karya orang lain.

Semarang, 1 Februari 2020

Yang menyatakan


Bagus Wahyu Prastyo

NIM: 153010013

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

Life is complicated, not easy, and full of injustice, but we live not for that. we live to make justice, easy, and simple. because we are humans.

PERSEMBAHAN

Laporan TUGAS AKHIR ini dipersembahkan kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang telah mendukung dan mendoakan yang terbaik. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan tanpa hambatan
2. Rekan – rekan tim ASWAJA yang selalu mendukung dan mebantu dalam penyelesaian laporan.
3. Teman – teman mahasiswa Teknik Mesin UNWAHAS yang memberi dukungan dan masukan pada penulisan laporan.

KATA PENGANTAR

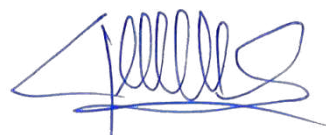
Puji syukur penulis panjatkan atas karunia dan anugerah Allah Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya sehingga dapat terselesaikannya penulisan Tugas Akhir. Judul laporan Tugas Akhir yaitu “ANALISIS AERODINAMIKA PADA BODI MOBIL HEMAT ENERGI LINTANG SAMUDRA MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*.” Laporan ini sebagai satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Selama penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. H. Helmy Purwanto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
2. Imam Syafaat, S.T., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi tambahan ilmu serta membantu dan memberikan fasilitas guna pelaksanaan simulasi Tugas Akhir ini.
3. M. Dzulfikar, S.T., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi masukan dan arahan untuk kesempurnaan dari laporan Tugas Akhir ini.
4. Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang.
5. Darmantor, S.T. , M.Eng. selaku Dosen wali.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan kita semua. Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh Karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Semarang, 1 Februari 2020

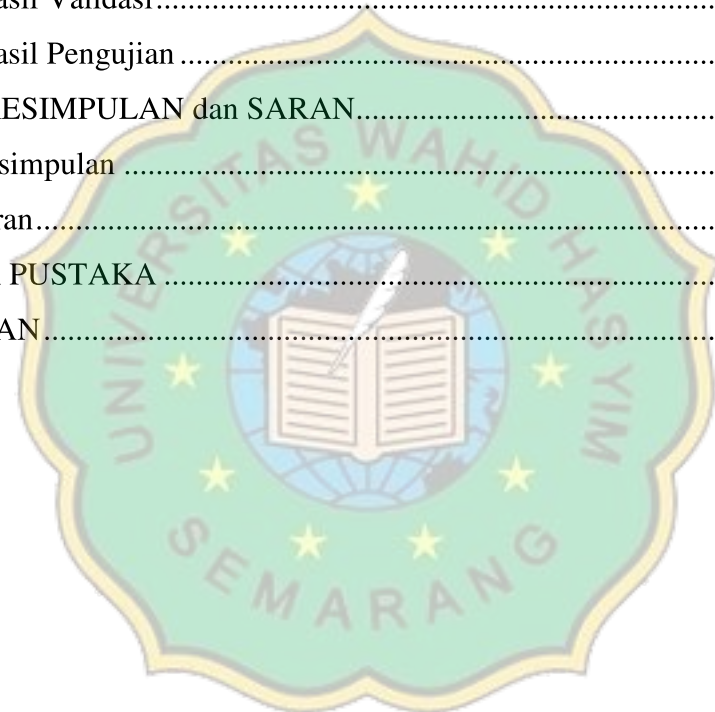


Penulis

DAFTAR ISI

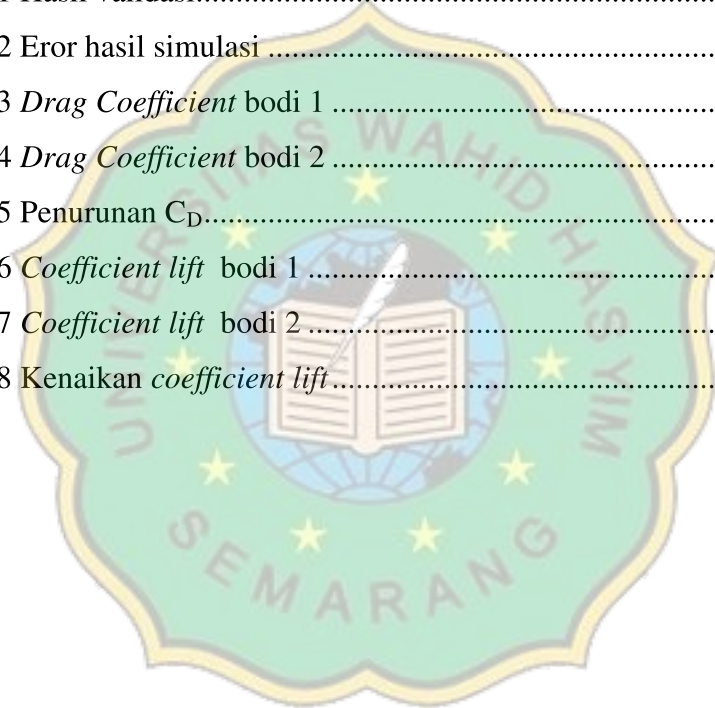
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN / REVISI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah	3
I.4. Tujuan Penelitian	3
I.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	4
II.1 Tinjauan Pustaka	4
II.2 Landasan Teori	6
II.2.1 Aliran internal.....	7
II.2.2 Aliran eksternal	8
II.2.3 Gaya gaya eksternal kendaraan	9
II.2.4 Lapisan batas	14
II.2.5 Sifat fluida udara	15
II.2.6 Model udara sebagai gas ideal.....	17
II.2.7 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	18

II.2.8 Cara kerja kode CFD	18
II.3 ANSYS	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
III.1 Bahan.....	23
III.2 Alat.....	28
III.3 Prosedur Simulasi	29
III.4 Diagram alir penelitian.....	39
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN	41
IV.1 Hasil Validasi.....	41
IV.2 Hasil Pengujian	42
BAB V KESIMPULAN dan SARAN.....	51
V.1 Kesimpulan	51
V.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	54



DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Detail mesh (Joshua dan Tony, 2017)	6
Tabel II.2 Koefisien <i>drag</i> untuk bentuk benda dasar yang berbeda	12
Tabel III.1 Material udara pada <i>software CFD ANSYS 16</i>	26
Tabel III.2 Spesifikasi laptop	28
Tabel III.3 Detail <i>setup</i>	35
Tabel IV.1 Hasil validasi.....	41
Tabel IV.2 Error hasil simulasi	41
Tabel IV.3 <i>Drag Coefficient</i> bodi 1	42
Tabel IV.4 <i>Drag Coefficient</i> bodi 2	42
Tabel IV.5 Penurunan C_D	43
Tabel IV.6 <i>Coefficient lift</i> bodi 1	44
Tabel IV.7 <i>Coefficient lift</i> bodi 2	45
Tabel IV.8 Kenaikan <i>coefficient lift</i>	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Ilustrasi perkembangan bentuk bodi dari tahun (1997-2015).....	1
Gambar II.1 Distribusi kecepatan aliran melalui pipa	7
Gambar II.2 Aliran di sekitar kendaraan.....	8
Gambar II.3 Gaya-gaya dan momen pada kendaraan	9
Gambar II.4 Luas area depan mobil.....	11
Gambar II.5 Pengembangan bodi mobil <i>drag</i> rendah hingga bodi yang di gunakan secara umum	12
Gambar II.6 <i>Negative lift wing</i> pada mobil balap Formula 1.....	13
Gambar II.7 lapisan batas aliran laminar dan turbulen pada plat tipis.....	14
Gambar II.8 Pemisahan aliran lapisan batas pada dinding	15
Gambar II.9 Distribusi kecepatan dan suhu di sekitar dinding	16
Gambar III.1 Mobil Lintang Samudra desain pertama untuk lomba	23
Gambar III.2 Perbedaan bodi 1 dan 2	23
Gambar III.3 Ilustrasi Pengukuran <i>Track Width</i>	24
Gambar III.4 Bentuk desain inventor a. bodi 1 , b. bodi 2.....	25
Gambar III.5 <i>Catia Modeling of a simple Automobile Design</i>	27
Gambar III.6 Dimensi validasi	28
Gambar III.7 Diagram alur simulasi	29
Gambar III.8 Tampilan utama simulasi aliran <i>CFX</i>	30
Gambar III.9 Import <i>geometri</i>	30
Gambar III.10 Edit <i>geometry in design modeler</i>	31
Gambar III.11 Ukuran terowongan angin	31
Gambar III.12 Bodi dengan terowongan angin pada <i>design modeler</i> (a.) bodi validasi (b.) bodi 1 (c.) bodi 2.	32
Gambar III.13 Detail <i>boolean</i>	32
Gambar III.14 Proses <i>mesh</i>	33
Gambar III.15 Detail ukuran (a.) <i>Mesh</i> (b.) <i>Face sizing</i> (c.) <i>Inflation</i>	33
Gambar III.16 Proses <i>mesh</i> simulasi (a.) validasi (b.) bodi 1 (c.) bodi 2.....	34

Gambar III.17 <i>Edit setup</i>	35
Gambar III.18 <i>Setup boundary</i> pada validasi.....	36
Gambar III.19 <i>Edit Solutions</i>	36
Gambar III.20 Mulai <i>running</i>	37
Gambar III.21 <i>Edit results</i>	38
Gambar III.22 Hasil simulasi dengan vector kecepatan dan gaya arah x pada..... kecepatan fluida 16,67 m/s.....	38
Gambar III.23 Diagram alir penelitian	40
Gambar IV.1 Grafik perbandingan gaya <i>drag</i> bodi 1 dan 2	43
Gambar IV.2 Grafik perbandingan <i>drag coefficient</i> bodi 1 dan 2	44
Gambar IV.3 Grafik perbandingan gaya <i>lift</i> bodi 1 dan 2.....	45
Gambar IV.4 Grafik perbandingan <i>lift coefficient</i> bodi 1 dan 2	46
Gambar IV.5 Vektor kecepatan (a.) bodi 1 (b.) bodi 2 pada kecepatan 60 km/h .	47
Gambar IV.6 Bentuk aliran udara bagian belakang (a.) bodi 1 (b.) bodi 2 pada kecepatan 60 km/h.....	47
Gambar IV.7 Kontur tekanan (a.) bodi 1 (b.) bodi 2 pada kecepatan 16,67 m/s ..	48
Gambar IV.8 Grafik perbandingan <i>Drag Coefficient</i> Lintang Samudra dengan (a.) Mobil Esemka Rajawali (b.) Simple Desain Bammidi dan Murty	49
Gambar IV. 9 Grafik perbandingan gaya <i>drag</i> bodi Lintang Samudra, Antawirya dan Antawirya Turangga Veda.	50

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PROFIL LOMBA KONTES MOBIL HEMAT ENERGI (KMHE)	54
LAMPIRAN B SPESIFIKASI MESIN	59
LAMPIRAN C LUAS AREA <i>DRAG</i> DAN <i>LIFT</i>	60



DAFTAR NOTASI

A	Luas area	m^2
A_D	<i>Frontal area</i>	m^2
A_L	<i>Upper area</i>	m^2
A_M	<i>Pitching area</i>	m^2
A_N	<i>Yawing area</i>	m^2
A_R	<i>Rolling area</i>	m^2
A_Y	<i>Side area</i>	m^2
C_D	<i>Drag coefficient</i>	-
C_L	<i>Lift coefficient</i>	-
C_M	<i>Pitching moment coefficient</i>	-
C_R	<i>Rolling moment coefficient</i>	-
D	<i>Drag</i>	N
L	<i>Lift</i>	N
l	Panjang mobil	m
M	<i>Pitching moment</i>	Nm
N	<i>Yawing moment</i>	Nm
n	Jumlah molekul	mol
p	Tekanan fluida	atm
R	<i>Rolling moment</i>	Nm
R_I	Konstanta gas universal	kJ/kmol.K
Re	Bilangan reynold	-
T	Suhu fluida udara	0C
V	Volume	m^3
V_I	Kecepatan udara	m/s
V_m	Kecepatan aliran rata rata pada pipa	m/s
$V(r)$	Kecepatan aliran pada layer.	m/s
V_∞	Kecepatan mobil	m/s
ν	Viscositas kinematik	Ns/m^2
Y	<i>Side force</i>	N
P	Densitas udara	kg/m^3
τ	Tegangan geser	N/m^2
μ	Viskositas dinamis	Ns/m^2
μ_t	Viskositas turbulensi	Ns/m^2
$\dot{q}$	Fluks panas	W/m^2K
k	Energi kinetik turbulensi	m^2/s^2

k_l	Konstanta / konduktifitas termal	N/s K
ε	Epsilon/ tingkat disipasi turbulensi	m^2/s^3
t	Waktu	s
U_j	vektor kecepatan	-
σ_k	Model turbulensi konstan K (1.0)	-
P_k	Produksi gaya geser turbulensi k	kg/m s^3
P_{kb}	Produksi gaya geser turbulensi ε	kg/m s^3
X_j	Arah vector	-
C_μ	Konstanta model turbulensi K (0.09)	-



ABSTRAK

Aerodinamika kendaraan merupakan bentuk pergerakan aliran udara yang memberi pengaruh atau menyebabkan gaya kepada benda saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Ada beberapa cara untuk mengetahui bentuk aerodinamika kendaraan. Pertama yaitu melakukan eksperimen dengan memasukkan kendaraan pada terowongan angin. Cara kedua yaitu menggunakan software CFD (Computational fluid dynamic). Dengan metode CFD peneliti dapat membuat berbagai bentuk desain tanpa mengeluarkan biaya tambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aerodinamika serta nilai Drag coefficient (C_D) dan Lift coefficient (C_L) pada bodi mobil Lintang Samudra. Simulasi dilakukan pada 4 kecepatan aliran udara yaitu 40, 50, 60 dan 70 km/h. Simulasi menggunakan model turbulensi k- ϵ dengan intensitas 5%, model tersebut dipilih karena memiliki tingkat error terkecil terhadap validasi dari jurnal simulasi Bammidi dan Murty (2014) sebesar 0,13 %. Didapatkan hasil bodi Lintang Samudra 1 memiliki nilai $C_D = 0,07598 - 0,07025$ dan $C_L = (-0,00800) - (-0,00837)$ Pada bodi Lintang Samudra 2 memiliki nilai $C_D = 0,072451 - 0,067020$ dan $C_L = 0,001395 - 0,000949$. Terdapat perbedaan bentuk aliran fluida pada bodi Lintang Samudra 1 dan bodi Lintang Samudra 2. Jadi bodi kedua lebih aerodinamis dari bodi pertama.

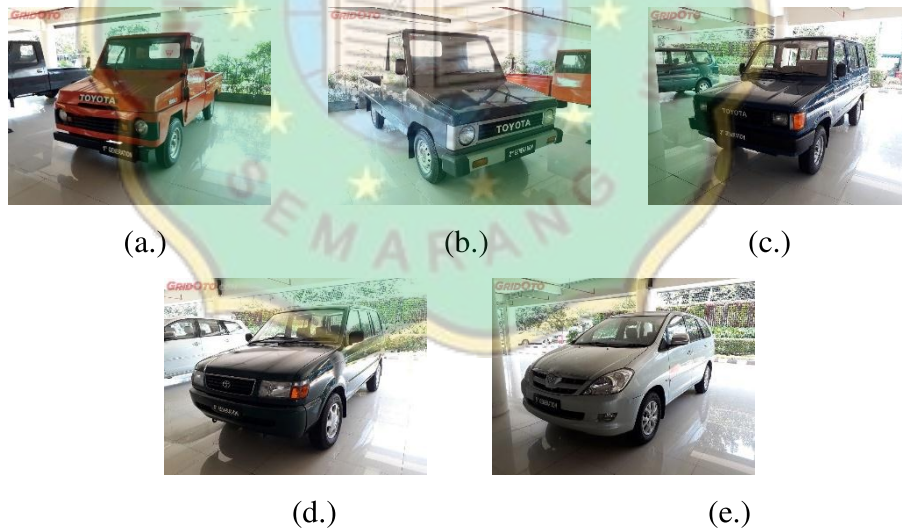
Kata kunci : aerodinamika, bodi, CFD, drag, lift.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Mobil merupakan kendaraan yang sering di gunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Awal mula mobil di ciptakan untuk kebutuhan mengangkut manusia dan barang, sebagai pengganti angkutan yang menggunakan hewan sebagai tenaga utama. Maka agar lebih cepat sampai ketujuan manusia menciptakan mobil. Kemudian mobil mulai digunakan sebagai ajang untuk lomba adu kecepatan. Lalu setelah cadangan energi mulai habis, dibuatlah lomba untuk efisiensi penggunaan energi. Dari situlah mobil semakin mengalami perubahan-perubahan hingga sekarang ini di temukan begitu banyak betuk mobil yang ada di pasaran.



Gambar I.1 Ilustrasi perkembangan bentuk bodi dari tahun 1997-2015 (a.) Generasi I (1977-1981) (b.) Generasi II (1981-1986) (c.) Generasi III (1986-1996) (d.) Generasi IV (1997-2004) (e.) Generasi V (2004-2015) (<https://www.gridoto.com>)

Dengan semakin berkurangnya cadangan energi minyak yang ada di bumi maka dikembangkan mesin-mesin yang dapat menghemat energi agar ketersediaan energi tidak cepat habis. Salah satunya dengan membuat kendaraan yang efisien dan hemat bahan bakar. Oleh karena itu Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi di Indonesia mengenalkan kepada mahasiswa dengan diselenggarakannya kontes mobil hemat energi. Profil lomba kontes mobil hemat energi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Bodi mobil merupakan salah satu dari sekian banyak komponen pada mobil yang mengalami perkembangan. Perkembangan bodi mobil tidak hanya pada estetikanya saja, tetapi juga pada aerodinamisnya. Saat mobil melaju dengan kecepatan tertentu, maka bodi mobil akan berbenturan dengan fluida udara sehingga menyebabkan gaya *drag* dan gaya *lift*. Gaya *drag* adalah gaya yang arahnya berlawanan dengan laju kendaraan sehingga bersifat menghambat dan membuat kerugian. Sedangkan gaya *lift* adalah gaya yang arahnya ke atas dan bersifat mengangkat kendaraan, gaya ini dapat bersifat positif jika besar gaya *lift* dibawah berat kendaraan dan penumpangnya. Karena gaya *lift* membantu mengurangi berat kendaraan sehingga beban actual akan berkurang.

Ada dua cara yang umum di gunakan untuk mengetahui bentuk aliran fluida pada bodi mobil. Cara pertama yaitu eksperimen langsung pada mobil dengan memasukkan mobil pada terowongan angin lalu mendapatkan data data yang akan di selesaikan dengan metode numerik. Cara kedua yaitu menggunakan *software CFD (Computational fluid dynamicS)*. Cara kedua inilah yang sekarang banyak di gunakan , karena menghasilkan solusi yang lebih cepat dengan hasil yang bagus.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana bentuk aliran udara pada model bodi mobil Lintang Samudra?
2. Berapa besar nilai *Drag coefficient* (C_D) dan *lift coefficient* (C_L) pada bodi mobil Lintang Samudra ?

I.3. Batasan Masalah

Agar tujuan penelitian simulasi ini terpenuhi dan tidak terjadi melebarunya permasalahan, maka batasan masalah adalah :

1. Aerodinamika yang dicari pada penelitian ini adalah bentuk aliran pada bodi serta *Drag coefficient* dan *Lift coefficient* yang terjadi.
2. Obyek yang disimulasikan adalah bodi mobil Lintang Samudra generasi pertama untuk lomba tahun 2019 dan usulan bodi generasi dua.
3. Software yang digunakan adalah ansys workbench 16.
4. Simulasi dibuat pada keadaan aliran *steady* (tunak atau tidak berubah sepanjang waktu) dan sudut serang 0° .
5. Menggunakan kecepatan aliran udara 40 , 50 , 60 , 70 km/h.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui aerodinamika pada bodi mobil Lintang Samudra.
2. Mengetahui nilai *Drag coefficient* (C_D) dan *Lift coefficient* (C_L) pada bodi mobil Lintang Samudra.

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari simulasi aliran udara pada bodi mobil Lintang Samudra adalah

1. Mengetahui bentuk aliran fluida udara pada bodi.
2. Mengetahui besar nilai *Drag coefficient* (C_D) dan *Lift coefficient* (C_L) pada bodi mobil Lintang Samudra.
3. Mengetahui model bodi mobil yang lebih aerodinamis.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Pustaka

Jatmiko (2015) “Analisa Pola Aliran Pada Bodi Mobil Esemka Rajawali Standar Dengan Esemka Rajawali Modifikasi Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) Pada Software ANSYS 15.0”. Pembuatan desain bodi mobil esemka rajawali ini menggunakan aplikasi Solidworks 2014 kemudian format file diubah ke IGES. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan perhitungan analitis pada tekanan yang terjadi dengan persamaan Bernoulli dengan selisih tekanan atau *error* 1,16%. Penelitian ini menggunakan ukuran *grid mesh* yang berbeda antara *boundary condition* dan bodi mobil. Untuk ukuran *grid mesh* boundary sebesar 90 mm dan bodi sebesar 45 mm. Penelitian dilakukan pada kondisi *steady* dengan mengatur kecepatan aliran udara masuk sebesar 11 , 19 , dan 27 m/s. hasil simulasi di perlihatkan dengan bentuk pola aliran dan kontur tekanan pada pandang samping untuk tiap kecepatan aliran udara. Kemudian perhitungan nilai *Drag coefficient* dan *lift coefficient* . Pada kecepatan 11m/s untuk model A $C_D = 0.458$, $C_L = 0.211$ dan model B $C_D = 0.389$, $C_L = 0.195$. Pada kecepatan 19m/s untuk model A $C_D = 0.461$, $C_L = 0.213$ dan model B $C_D = 0.398$, $C_L = , 0.196$. Pada kecepatan 19m/s untuk model A $C_D = 0.469$, $C_L = 0.215$ dan model B $C_D = 0.405$, $C_L = 0.199$.

Yusuf dan Utomo (2015) “Simulasi Aerodinamika Mobil Hemat Bahan Bakar ‘Antawirya’ Konsep 2 Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*”. Valisai menggunakan aliran fluida yang disimulasi dan di bandingkan dengan jurnal penelitian aliran fluida *backward-facing step*, menggunakan model turbulensi *k-epsilon* dengan hasil hasil yang eror terkecil pada model aliran *realizable* sebesar 3,96%. Baru kemudian pembuatan bentuk bodi mobil antawirya menggunakan aplikasi Solidworks 2014. Lalu memasukkan desain ke ANSYS desain modeler untuk pembuatan *wind tunel*. Untuk proses *meshing* dilakukan dengan memotong sebagian desain untuk mempercepat proses

mesh. Kemudian agar *mesh* di sekitar bodi lebih rapat merata, menggunakan *inflation* untuk membuat layer di sekitar bodi. Dibuat juga geometri *box* kecil di sekitar bodi untuk merapatkan ukuran *mesh* di sekitarnya. Hasil simulasi yang menggunakan software CFD ANSYS 14.0 ini ditampilkan vektor kecepatan pada bidang horizontal, bidang vertikal, dan bidang simetris. Kemudian untuk kontur tekanan tampak isometric dan tampak belakang. Simulasi dilakukan pada 6 kecepatan: 10 km/j hingga 60 km/j dengan perbedaan 10 km/jm. Setelah dilakukan simulasi, Konsep 2 (hasil mobil yang dikembangkan) C_D dan Re yang lebih rendah di setiap kecepatannya dibandingkan Antawirya dengan penurunan C_D terbesar bernilai 0.196 berada di kecepatan 60 km/j.

Prihadnyana dkk (2017) “Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak ANSYS 14.5” . Pembuatan desain bodi mobil listrik ganesha sakti ini menggunakan aplikasi Solidworks 2013 dengan perbandingan skala 1:100 mm, kemudian di import ke software ANSYS 14.5 untuk dilakukan analisis. Hasil simulasi disajikan dengan pola aliran fluida (*streamline*) , *contur* kecepatan dan *contur pressure* di bodi. Didapatkan hasil *velocity* udara maksimum desain standar sebesar 17,4324 m/s sedangkan desain modifikasi sebesar 17,7321 m/s dan *pressure* maksimum yang terjadi pada mobil listrik Gaski desain standar sebesar 83,2143 Pa, dan minimum sebesar 189,879 Pa. sedangkan *pressure* maksimum yang terjadi pada mobil listrik Gaski desain modifikasi sebesar 83,2143 Pa. dan minimum *pressure* diperoleh -182,128 Pa. nilai *Drag coefficient* dari mobil listrik Gaski desain standar sebesar 0,00474 sedangkan pada desain modifikasi sebesar 0,00407. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa setelah dilakukan 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 *Drag coefficient* pada mobil listrik Gaski dapat diturunkan 14,14 % setelah dimodifikasi.

Jhon dan Utomo (2017) “Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode *Computational*

Fluid Dynamics”. Validasi menggunakan metode perbandingan *Drag coefficient* dari simulasi *Ahmed body* yang telah di lakukan sebelumnya. Di katakana juga bahwa apabila eror kurang dari 5%, maka hasil validasi dapat di terima. Untuk pengaturan detail mesh seperti tabel II.1.

Tabel II.1 Detail mesh (Joshua dan Tony, 2017)

No	Detail mesh	Pilihan	Size
1	<i>Relevance center</i>	<i>Fine</i>	-
2	<i>smoothing</i>	<i>Hight</i>	-
3	<i>Transition</i>	<i>Slow</i>	-
4	<i>Initial size seed</i>	<i>Active Assembly</i>	Min size : Default (1,431 mm)
			Max size : Default (286,21 mm)
5	<i>Advance size function</i>	<i>Proxymity and Curvature</i>	-
6	<i>Face sizing</i>	<i>Car Box</i>	<i>Elemen Size : 30</i>
		<i>Wake Box</i>	<i>Elemen Size : 15</i>

Menggunakan model turbulensi *k-e* , *realizable* dengan 4 sudut serang fluida dengan hasil eror 0%-4%, dikatakan bahwa eror dapat di terima apabila kurang dari 5% menurut jurnal validasinya. Simulasi pada desain Antawirya Turangga Veda I dan II menggunakan 4 kecepatan aliran udara yaitu 40 , 50 , 60 dan 70 km/j. Hasil simulasi di tampilkan dengan vector kecepatan tampak samping dan tampak atas dengan variasi ketinggian tertentu. Hasil dari simulasi menunjukkan penurunan pada nilai *Drag coefficient* Antawirya Turangga Veda 2 sebesar 19 % dari desain Turangga Veda 1.

II.2 Landasan Teori

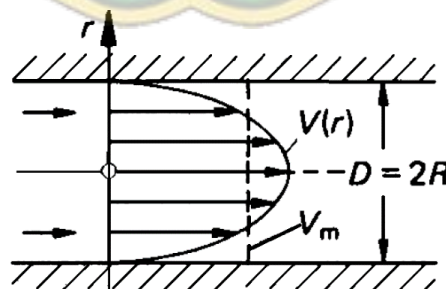
Aerodinamika berasal dari dua suku kata yaitu aero dan dinamika. Aero memiliki arti sebagai udara dan dinamika sebagai pergerakan, jadi aerodinamika bisa di artikan sebagai pergerakan aliran udara yang memberi pengaruh atau menyebabkan gerak kepada benda saat bergerak dengan kecepatan tertentu.

Ada beberapa aliran udara pada kendaraan yaitu aliran udara eksternal dan internal.

Aliran udara internal adalah aliran udara yang ada di dalam kendaraan, jadi aliran udara pada pendinginan mesin dan aliran pada pengemudi termasuk ke dalam aliran ini. Aliran udara eksternal adalah aliran udara pada luar kendaraan, aliran ini terbagi menjadi dua yaitu aliran udara di sekitar kendaraan dan aliran udara yang melalui kendaraan. Aliran udara di sekitar kendaraan ialah bentuk aliran yang mengelilingi kendaraan saat kendaraan bergerak dengan kecepatan tertentu, sedangkan aliran udara yang melalui kendaraan dapat di artikan dengan bentuk fluida yang menabrak kendaraan, sehingga fluida tersebut dipaksa untuk mengalir melewati permukaan sampai melewatinya. Kedua bentuk aliran fluida ini sangat erat kaitanya dengan aerodinamika fluida pada kendaraan dan memiliki efek yang besar terhadap kinerja dan juga stabilitas kendaraan.

II.2.1 Aliran internal

Aliran internal adalah fluida udara yang bergerak dengan dikelilingi oleh dinding-dinding. Untuk bentuk fluida sederhana dalam pipa seperti pada Gambar II.1 awal fluida masuk semua sejajar sumbu pipa sebelum melewati garis r . Kemudian setelah melewati garis r digambarkan efek *boundary layer* atau lapisan batas dekat dinding.



Gambar II.1 Distribusi kecepatan aliran melalui pipa (Hucho, 1998)

Dimana :

$V(r)$ = kecepatan aliran pada *layer*.

V_m = kecepatan aliran rata rata pada pipa.

D = diameter pipa ($2R = 2 \times \text{Jari - jari pipa}$).

Efek viskositas terjadi di seluruh bidang aliran yang ada. Sehingga walaupun kecepatan aliran dekat dinding berbeda dengan kecepatan aliran jauh dari dinding. Kecepatan aliran dapat di asumsikan dengan V_m , jadi bilangan Re dapat di tulis dengan rumus seperti pada persamaan II.1.

$$Re = \frac{V_m \cdot D}{\nu} \quad (\text{II.1})$$

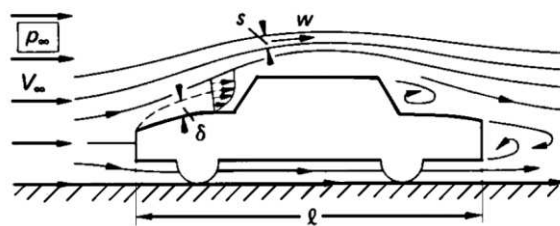
Dimana: Re = bilangan renold

ν = viscositas kinetmatik

Dalam kendaraan juga terdapat aliran intenal, aliran internal pada mesin digunakan sebagai bagian dalam pendinginan mesin. Pemanfaatan aliran internal untuk pendinginan dapat ditemukan pada radiator mobil dan *air condisioner* atau ac yang berfungsi mengatur suhu dan aliran udara pada kabin mobil untuk kenyamanan pengendara.

II.2.2 Aliran eksternal

Aliran eksternal adalah aliran fluida yang bergerak di permukaan dan sekitar dinding atau bodi kendaraan. Aliran eksternal ini memiliki peran yang sangat besar terhadap gaya-gaya tahanan pada kendaraan dan karakteristik tahanan tersebut. Karakteristik aliran suatu kendaraan berbeda – beda sesuai dengan bentuk bodi dari kendaraan itu sendiri. Seperti pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Aliran di sekitar kendaraan (Hucho, 1998)

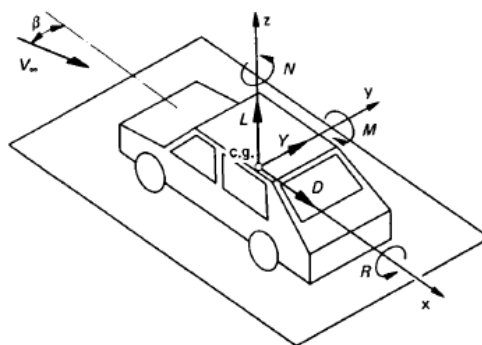
Aliran udara eksternal di kendaraan pada Gambar. II.2. terlihat saat awal udara yang memiliki kecepatan sama rata , kemudian setelah mendekati mobil udara mulai berubah mengikuti bentuk mobil tersebut. Efek viskositas dalam fluida udara membentuk garis tipis dengan ketebalan beberapa millimeter di permukaan bodi, disebut lapisan batas. Diluar garis lapisan batas ini aliran terlihat acak dan menyebabkan perbedaan tekanan karena memiliki kecepatan yang berbeda , tekanan ini akan terpusat pada garis lapisan batas sepanjang bodi kendaraan. Semakin dekat dengan dinding maka kecepatan fluida mendekati nilai 0 dan jadi fluida memiliki karakteristik tanpa slip. Setelah aliran melewati bodi kendaraan maka perlahan lahan akan kembali ke seperti semula sebelum dilewati mobil. Sehingga setelah jarak tertentu kecepatan aliran fluida pada permukaan tanah dan aliran bebas akan sama apabila tidak ada aliran angin. Kondisi batas ini berlaku untuk Re dengan persamaan II.2.

$$Re = \frac{V_{\infty} \cdot l}{\nu} > 10^4 \quad (II.2)$$

Dimana: V_{∞} = kecepatan mobil
 l = panjang mobil

II.2.3 Gaya-gaya eksternal kendaraan

Pada saat kendaraan melaju dengan kecepatan tertentu, maka kendaraan akan mengalami gaya gaya dan juga momen yang di sebabkan oleh aliran udara yang menerpa, bentuk kondisi permukaan jalan dan lain lain. Gaya dan momen pada kendaraan dapat di lihat pada gamba II.3.



Gambar II.3 Gaya-gaya dan momen pada kendaraan (Hucho, 1998)

Dengan kecepatan fluida V_∞ dan sudut β menghasilkan gaya dengan arah ke 3 sumbu. Beda arah sumbunya maka beda pula gayanya, untuk gaya *lift* memiliki arah atas, gaya *drag* ke belakang dan gaya *side* ke arah samping kendaraan dengan titik pusat di tengah kendaraan. Ke 3 arah gaya tersebut juga memiliki momen – momen tersendiri yang memiliki sumbu putar berlawanan jarum jam, untuk arah gaya *drag* yang memiliki momen dengan nama *rolling moment*, arah gaya *lift* memiliki momen dengan nama *yawing moment* dan arah gaya *side* dengan nama *pitching moment*. Gaya – gaya dan momen yang ada pada mobil, dapat diketahui dengan beberapa cara yaitu secara analitik, eksperimen terowongan angin dan metode elemen hingga. Rumus gaya dan momen pada kendaraan ditunjukkan pada persamaan II.3 – II.8.

$$C_L = \frac{L}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_L} \quad (\text{II.3})$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_D} \quad (\text{II.4})$$

$$C_Y = \frac{Y}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_Y} \quad (\text{II.5})$$

$$C_M = \frac{M}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_M l} \quad (\text{II.6})$$

$$C_R = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_R l} \quad (\text{II.7})$$

$$C_N = \frac{N}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2 A_N l} \quad (\text{II.8})$$

Dimana :

L = *lift*

D = *drag*

Y = *side force*

C_L = *lift coefficient*

C_D = *drag coefficient*

C_Y = *side force coefficient*

M = *pitching moment*

R = *rolling moment*

N = *yawing moment*

C_M = *pitching moment coefficient*

C_R = *rolling moment coefficient*

C_N = *yawing moment coefficient*

II.2.3.1 Gaya *drag* (hambat)

ialah gaya yang terjadi akibat laju kendaraan yang memiliki arah berlawanan dengan arah laju kendaraan dan bersifat menghambat gerak dari kendaraan itu sendiri. Gaya hambat memiliki rumus sesuai dengan persamaan II.9. dan di tunjukkan pada Gambar II.4.

$$D = C_D A_D \frac{\rho}{2} V_I^2 \quad (\text{II.9})$$

Dimana:

D = Gaya *Drag* (N)

C_D = *Coefficient drag*

V_I = kecepatan udara (m/s)

ρ = Densitas Udara (kg/m³)

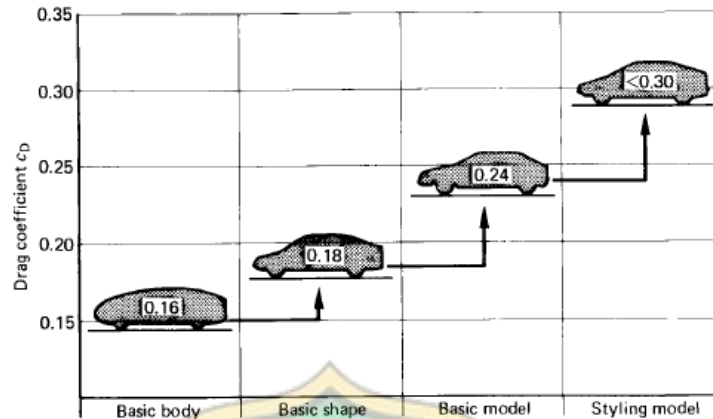
A_D = *Frontal Area* (m²)



Gambar II.4 Luas area depan mobil (Hucho, 1998)

Pada Gambar II.4 terlihat frontal area pada gaya *drag* yang di gunakan untuk menghitung gaya *drag*. Frontal area sama dengan luas mobil pada pandangan depan sesuai dengan garis sumbu gaya *drag* itu sendiri. Luas area yang digunakan

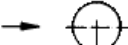
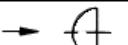
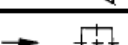
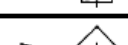
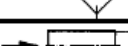
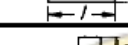
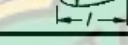
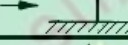
pada rumus gaya *drag* pada persamaan II.9 adalah luas area tampak depan dari kendaraan. Ditunjukkan dengan arsiran pada *frontal* area.



Gambar II.5 Pengembangan bodi mobil *drag* rendah hingga bodi yang di gunakan secara umum (Hucho, 1998)

Pada Gambar II.5 diperlihatkan bentuk kendaraan dari berbagai *basic model* kendaraan yang berbeda beda mulai dari *basic body* , *basic shape* ,*basic model* dan *stayling model*.tentu saja berbeda bentuk dasar juga memiliki nilai *Drag coefficient* yang berbeda pula. Seperti diperlihatkan pada tabel II.2.

Tabel II.2 *Drag coefficient* untuk bentuk benda dasar yang berbeda (Hucho, 1998)

Body	Flow situation	$C_{D,c}$
Circular plate		1.17
Sphere		0.47*
Half-sphere		0.42*
60°-cone		0.50
Cube		1.05*
Cube		0.80*
Circular cylinder $l/D > 2$		0.82
Circular cylinder $l/D > 1$		1.15
Streamlined body $l/D = 2,5$		0.04
Circular half-plate at a ground plane		1.19
Streamlined half-body at a ground plane		0.09

Pada tabel terlihat bahwa *Drag coefficient* ter rendah ada pada streamlined bodi dengan skala $l/D = 2,5$ yang artinya bahwa apabila panjang $l = 2,5$ meter maka $D = 1$ meter dengan nilai *Drag coefficient* = 0.04 .

II.2.3.2 Gaya lift (angkat)

Ialah gaya pada kendaraan yang terjadi pada arah garis vertikal (sumbu y) akibat laju kendaraan. Pada saat kendaraan melaju pada kecepatan tertentu maka udara akan melalui bagian bawah dan atas dari kendaraan. Perbedaan kecepatan aliran fluida tersebut menyebabkan perbedaan tekanan di permukaan dan sekitar bodi di bagian atas dan bawah. Hal itu menyebabkan perbedaan tekanan pada bodi bagian atas dan bawah. Luas area pada gaya lift yaitu luas area mobil pada pandangan atas. Gaya lift yang ke arah bawah disimbolkan dengan negative (-) dan yang ke arah atas positif (+). Gaya lift dapat di cari dengan persamaan II.10.

$$L = C_L A_L \frac{\rho}{2} V_I^2 \quad (\text{II.10})$$

Dimana :

C_L = Coefficient Lift

L = Gaya *lift* (N)

V_I = kecepatan udara (m/s)

ρ = Densitas Udara (kg/m^3)

A_L = *Upper Area* (m^2)



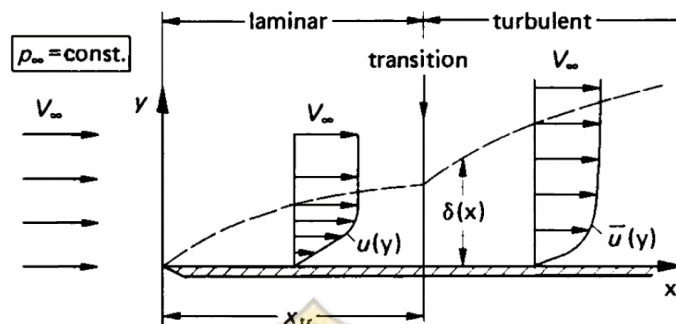
Gambar II.6 *Negative lift wing* pada mobil balap Formula 1 (Hucho, 1998)

Gaya *lift* pada tiap kendaraan berbeda beda tergantung bentuk desain dan kegunaan yang di inginkan oleh perancaang. Untuk mobil formula 1 seperti pada Gambar , memiliki nilai *lift coefficient* negatif yang berarti arah dari gaya *lift* menekan kendaraan ke jalan. Hal itu karena mobil formula 1 digunakan untuk melaju pada kecepatan yang tinggi sehingga semakin cepat maka semakin kuat pula cengkramanya pada jalan. Hal itu bertujuan agar kendaraan dapat di kendalikan walau kecepatannya tinggi. Sebaliknya apabila *lift coefficient* positif maka gaya *lift* akan mengurangi gaya berat kendaraan dan membuat kendaraan lebih susah di kendalikan karna dengan berkurangnya gaya berat maka berkurang pula gaya gesek ke jalan sehingga kendaraan lebih sulit di kendalikan dan apabila gaya *lift* melebihi gaya berat kendaraan dapat membuat kendaraan melayang dan terbalik.

II.2.4 Lapisan batas

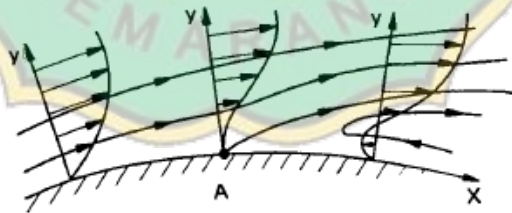
Lapisan batas laminar dan turbulen sangat bergantung pada distribusi tekanan yang dibebankan oleh aliran. Pada Gambar II.7 sebuah plat datar teraliri fluida dengan kecepatan dan tekanan konstan pada arah sumbu x. pada awal aliran

yang terbentuk adalah laminar kemudian pada jarak tertentu aliran mengalami transisi dan berubah menjadi aliran turbulen.



Gambar II.7 lapisan batas aliran laminar dan turbulen pada plat tipis (Hucho, 1998)

Apabila kecepatan aliran mulai menurun dikarenakan panjangnya gesekan aliran dengan dinding, maka menyebabkan perubahan pada tekanan. Tekanan akan naik pada lapisan batas terbelakang, terutama dekat dinding. Hal itu dapat menyebabkan aliran balik dapat terjadi. Perilaku ini ditampilkan pada Gambar II.8.



Gambar II.8 Pemisahan aliran lapisan batas pada dinding (Hucho, 1998)

Pada Gambar II.8 terlihat bahwa vector kecepatan yang di Gambarkan dengan anak panah yang segaris sumbu x akan semakin pendek apabila mendekati dinding A pada sumbu y .

II.2.5 Sifat fluida udara

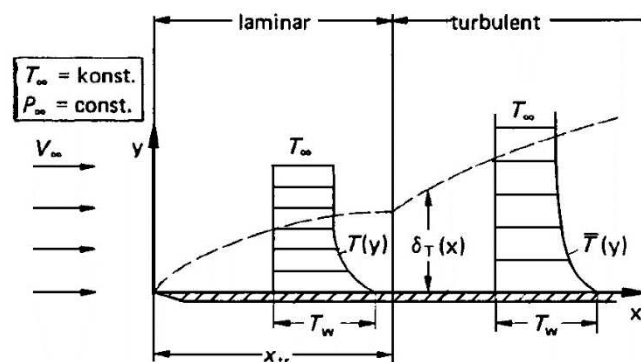
Setiap material memiliki sifat tersendiri seperti kepadatan (densitas), kekentalan (viskositas), konduktifitas termal dan lain lain. Maka dari itu penting untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari material, termasuk material fluida udara yang digunakan dalam proses simulasi. Untuk menghitung *Drag coefficient* dan *lift coefficient* memerlukan nilai densitas dari udara.

II.2.5.1 Kepadatan (densitas)

Kepadatan (densitas) material dengan bentuk apapun memiliki nilai yang berbeda-beda. Densitas adalah massa benda dibagi dengan volumenya maka satuannya massa (kg) / volume (m^3). Dalam sifat fluida, densitas tergantung pada suhu dan tekanan benda itu sendiri. Sifat fluida yang mana apabila memiliki suhu rendah dan tekanan tinggi maka densitasnya akan bernilai semakin besar karena fluida lebih padat dari keadaan normal. Dalam kasus fluida udara, menurut standart pada atmosfer permukaan laut kondisi pada tekanan $p = 1 \text{ atm}$, dengan suhu $T = 288 \text{ K}$ atau 15°C memiliki densitas $\rho = 1.2250 \text{ kg / m}^3$

II.2.5.2 Viskositas

Efek viskositas terjadi karena adanya gesekan partikel dalam molekul fluida. Hal tersebut diperlihatkan pada Gambar II.9 adanya 2 partikel fluida yang memiliki arah berlawanan dihubungkan dengan momentum dan gradient kecepatan.



Gambar II.9 Distribusi kecepatan dan suhu di sekitar dinding (Hucho, 1998)

Menurut hukum Newton untuk aliran sejajar dengan dinding laju regangan memiliki persamaan :

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (\text{II.11})$$

Besar tegangan geser sebanding dengan gradien kecepatan du/dy dan μ adalah sifat fluida yang dinamakan viskositas dinamis, yang besarnya tergantung pada suhu lingkungan fluida.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{II.12})$$

ν disebut dengan viskositas kinematik yang nilainya juga tergantung pada tekanan dan suhu. Viskositas fluida menjadi penyebab terjadinya gesekan yang menyebabkan tegangan seret di pada gradien kecepatan dipermukaan dinding. Standart nilai viskositas adalah

viskositas dinamis $\mu = 1.7894 \times 10^{-5}$

viskositas kinetmatik $\nu = 1.4607 \times 10^{-5}$.

II.2.5.3 Konduktivitas termal

Konduktivitas termal merupakan salah satu sifat fluida yang memilki kemampuan untuk memindahkan panas secara konduksi. Hubungan fluks panas dengan gradient suhu menurut hukum Fourier memiliki persamaan:

$$\dot{q} = -k_1 \frac{dT}{dy} \quad (\text{II.13})$$

fluks panas $\dot{q}$ per satuan luas dan waktu sebanding dengan gradient suhu. Konstanta k_1 merupakan sifat fluida yang disebut konduktifitas termal. Nilai standart untuk udara pada atmosfer adalah $0,0253 \text{ J/m s K}$ atau $0,0253 \text{ N/s K}$. Konduktivitas termal fluida menyebabkan transver panas pada dinding.

II.2.6 Model udara sebagai gas ideal

Moran (2006) mengatakan bahwa saat keadaan dimana p relative kecil terhadap p_c (p_R rendah) dan temperatur T relative lebih besar terhadap temperature kritis T_c (T_R tinggi), maka faktor kompresibilitas $Z = pv/RT$ mendekati nilai 1 jadi diasumsikan $Z=1$. Jadi gas ideal memiliki persamaan

$$pv=R_1T \quad (\text{II.14})$$

Dengan p adalah tekanan fluida gas biasanya memiliki satuan atm untuk tekanan udara, v adalah volume (V) per molekul (n) atau biasa disebut volume spesifik, R adalah konstanta gas universal dan T adalah suhu fluida udara. Dengan $v = V/n$ maka persamaan menjadi :

$$pV=nR_1T \quad (\text{II.15})$$

Dengan konstanta gas universal $R = 8,314 \text{ kJ/kmol.K}$. persamaan sederhana dari keadaan gas ideal ini tidak dapat digunakan untuk keseluruhan keadaan gas ideal, maka diperlukan keadaan yang mendukung agar dapat digunakan. Tetapi umumnya perilaku dari fluida gas mendekati sifat gas ideal.

II.2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics adalah model analisis suatu sistem fluida yang melibatkan bentuk aliran, perpindahan panas, dan bentuk sifat-sifat kimia terkait reaksi yang terjadi melalui simulasi menggunakan komputer. Penggunaan CFD dapat digunakan untuk mengetahui gaya *lift* (angkat) dan gaya *drag* (hambat) pada aerodinamika kendaraan dan pesawat terbang. Dapat juga digunakan untuk hidrofinaamika dari sebuah kapal maupun untuk hidrologi dan oseanografi yang berhubungan dengan aliran sungai dan laut. CFD tidak hanya digunakan untuk menampilkan aliran saja, tetapi bisa juga untuk melihat perpindahan panas dan tekanan dari suatu aliran.

Karna software CFD di jalankan menggunakan perangkat komputer maka ada biaya yang harus dikeluarkan untuk penggunaanya menurut Versteeg dan

Malalasekera (1995) biaya untuk perawatan komputer tiap tahunnya adalah duakali harga komputer yang digunakan untuk CFD. Selain itu, ada beberapa keuntungan unik CFD dibandingkan eksperimen untuk desain sistem fluida:

1. Tingkat detail dari hasil yang hampir tak terbatas.
2. Kemampuan untuk mempelajari sistem dalam kondisi berbahaya pada dan di luar batas kinerja normal seperti Studi keselamatan dan skenario kecelakaan.
3. Pengurangan waktu dan biaya untuk membuaat desain baru.
4. Kemampuan membuat sistem di mana eksperimen sulit atau tidak mungkin dilakukan, misalnya sistem yang sangat besar.

Biaya variabel percobaan secara eksperimen, dalam hal biaya sewa fasilitas dan atau biaya jam kerja sebanding dengan jumlah titik data dan jumlah konfigurasi yang diuji. Dalam kode CFD dapat menghasilkan volume yang hampir tanpa biaya tambahan dan sangat mudah untuk melakukan studi smulsinya.

II.2.8 Cara kerja kode CFD

Dalam CFD disusun algoritma numerik yang dapat digunakan untuk merumuskan permasalahan tentang aliran fluida. *Software* CFD didesain untuk mudah digunakan dalam memasukkan parameter atau batasan dari bentuk aliran fluida dan hasil simulasinya. Karenanya itu semua *Software* CFD mengandung tiga unsur proses yang utama, yaitu:

II.2.8.1 Pra-prosesor

Pra-pemrosesan CFD adalah memasukkan data masalah aliran ke dalam program. Kemudian dari masukan akan diubah menjadi bentuk persamaan yang cocok digunakan oleh *software*. Langkah-langkah pada tahap pra-pemrosesan menurut Versteeg dan Malalasekera (1995) adalah:

- A. Definisi geometri wilayah yang diminati: domain komputasi.
- B. Pembuatan kisi – sub-pembagian domain menjadi beberapa sub-domain

yang lebih kecil dan tidak tumpang tindih: kisi (*mesh*) sel (volume kontrol atau elemen).

C. Pemilihan fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan.

D. Definisi sifat fluida.

E. Spesifikasi kondisi batas yang sesuai pada sel yang bertepatan dengan atau menyentuh batas domain

Solusi untuk masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan, suhu dan lain-lain. Didefinisikan berada dalam setiap sel atau elemen. Keakuratan solusi CFD sebanding oleh jumlah sel dalam kisi. Jadi umumnya, semakin banyak jumlah sel semakin akurat solusinya. Perangkat keras komputer yang diperlukan juga dapat mempengaruhi hasil. Proses *mesh* yang otomatis sering tidak seragam, membuat hasil *mesh* lebih halus di daerah yang memiliki bentuk menyudut sehingga perbandingan ukuran elemen terpaut cukup jauh. Karena itu keterampilan pengguna CFD diperlukan untuk merancang kisi (*mesh*) yang menentukan akurasi yang diinginkan dan hasil solusi yang baik.

II.2.8.2 Solver (Pemecahan)

Menurut Versteeg dan Malalasekera (1995). teknik CFD yang paling mapan dan tervalidasi secara menyeluruh menggunakan metode elemen hingga dan volume hingga. Metode ini digunakan oleh empat dari lima *software* CFD utama yang tersedia secara komersial seperti PHOENICS, FLUENT, FLOW3D dan STAR-CD. Algoritma numerik program CFD terdiri dari langkah-langkah berikut:

- A. Integrasi formal dari persamaan aliran fluida yang mengatur atas semua volume kontrol (hingga) dari domain solusi.
- B. Diskretisasi melibatkan substitusi dari berbagai pendekatan tipe volume hingga. Perbedaan untuk istilah dalam persamaan terintegrasi yang mewakili proses aliran seperti konveksi, difusi dan sumber lainnya. Lalu mengubah persamaan integral menjadi sistem persamaan aljabar.
- C. Solusi persamaan aljabar dengan metode iteratif.

Langkah pertama yaitu integrasi volume kontrol, menghasilkan persamaan yang berisi rumusan yang tepat dari properti atau sifat material yang relevan untuk setiap sel atau elemen. Jadi integrasi menghubungkan antara algoritma numerik dan prinsip sifat fisik material. Langkah kedua yaitu teknik diskritisasi yang cocok untuk perlakuan fenomena transportasi utama, konveksi (transportasi karena aliran fluida) dan difusi (transportasi karena variasi sudut dari titik ke titik) serta untuk sumber lainnya dengan laju perubahan sehubungan dengan waktu. Langkah ketiga yaitu iteratif, metode ini dibuat karena Fenomena fisik pada fluida terjadi kompleks dan non-linear sehingga diperlukan pendekatan solusi iteratif. Jadi metode iteratif menggabungkan persamaan aljabar yang telah terbentuk dan algoritma simpel untuk memastikan keterkaitan yang benar antara tekanan dan kecepatan.

II.2.8.3 Pasca-prosesor

Setelah proses solver selesai maka hasilnya diedit pada bagian pasca prosesor. Banyak pengaturan tampilan yang dapat digunakan untuk hasil simulasi yang telah dilakukan. *Software* CFD dilengkapi dengan berbagai alat visualisasi data hasil simulasi. Beberapa diantara pilihan hasil visual yang dapat digunakan adalah :

- A. Plot permukaan 2D dan 3D
- B. Plot garis dan kontur teduh .
- C. Geometri domain.
- D. Plot vektor .
- E. Pelacakan partikel.
- F. Output skrip tulisan warna.
- G. Manipulasi tampilan seperti tampilan rotasi garis sumbu, skala dll.
- H. Animasi aliran fluida yang mengalir.

jadi pada bagian ini, mengatur segala bentuk tampilan penyajian yang diinginkan peneliti. Mulai dari bentuk 2D dan 3D hingga animasi aliran fluida

yang kita inginkan. Hal ini dimaksudkan agar hasilnya dapat dengan mudah di pahami.

II.3 ANSYS

Komputer telah digunakan untuk memecahkan masalah aliran fluida selama bertahun-tahun. Banyak program telah dibuat untuk memecahkan masalah khusus, atau kelas masalah tertentu. ANSYS pertama kali didirikan pada pertengahan tahun 1970, saat itu telah ditemukan persamaan matematika kompleks diperlukan untuk menggeneralisasi algoritma umum mulai dipahami. Pengetahuan mendalam tentang dinamika fluida, hingga besar biaya dan waktu untuk membuat sebuah eksperimen, menyebabkan komputer dan CFD sebagai alat yang digunakan hampir dalam penelitian. Kemudian terus di kembangkan hingga sekarang telah mempekerjakan hampir 4.000 profesional, banyak di antaranya adalah pakar simulasi dan insinyur tingkat Ph.D dalam analisis elemen hingga, dinamika fluida komputasi, elektronik, semikonduktor, perangkat lunak tertanam, dan optimisasi desain. ANSYS masuk sebagai salah satu perusahaan paling inovatif di dunia oleh majalah Bloomberg Businessweek dan majalah Fortune.

Workbench 16.0 merupakan gabungan dari beberapa gabungan analisis system yang disediakan oleh ANSYS. Secara umum analisis yang ada yaitu *fluid* , *structural*, *elektronik* dan *systems engine*. Untuk analisis *fluid* sendiri ada beberapa jenis yang dapat di pilih yaitu *fluid flow – Blow molding (polyflow)*, *fluid flow-extruion (polyflow)*, *fluid flow (CFX)*, *fluid flow (fluent)*, *fluid flow (polyflow)*.

Ada sejumlah metode solusi berbeda yang digunakan dalam kode CFD. Yang paling umum, dan yang menjadi dasar CFX, dikenal sebagai teknik volume hingga. Himpunan persamaan yang menggambarkan proses momentum, panas dan perpindahan massa dikenal sebagai persamaan Navier-Stokes. Untuk persamaan kekentalan atau viskositas menggunakan *Eddy Viscosity Models*. Dalam teknik ini, wilayah minat dibagi menjadi sub-wilayah kecil, yang disebut volume kontrol. Itu persamaan didiskritisasi dan diselesaikan secara iteratif untuk

setiap volume kontrol. Sebagai hasilnya, perkiraan dari nilai setiap variabel pada titik-titik tertentu di seluruh domain dapat diperoleh. Lewat sini, seseorang memperoleh Gambaran lengkap tentang perilaku aliran.





HALAMAN INI TIDAK TERSEDIA

BAB III DAN BAB IV

DAPAT DIAKSES MELALUI

UPT PERPUSTAKAAN UNWAHAS

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dari simulasi terhadap desain bodi Lintang Samudra 1 dan 2 dengan variasi kecepatan 40-70 km/h didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan aliran fluida yang terjadi pada bodi 1 dan 2 Lintang Samudra. Bentuk aliran fluida pada bodi 1 yang melewati bagian bawah terlihat lebih cepat dibanding bagian atas sehingga akibatnya gaya *lift* yang terjadi memiliki arah ke bawah (-). Sedangkan untuk aliran fluida pada bodi ke 2 aliran udara yang melewati bagian bawah lebih lambat dari yang bagian atas sehingga gaya *lift* nya ke atas.
2. Dalam empat kecepatan yang berbeda di dapat nilai *drag coefficient* dan *lift* yang berbeda. Pada bodi 1 Lintang Samudra nilai C_D dari kecepatan 40 – 70 km/h adalah 0,07598 - 0,07025. Pada bodi 2 Lintang Samudra nilai C_D dari kecepatan 40 – 70 km/h adalah 0,072451 - 0,067020. Untuk nilai *lift coefficient* pada bodi 1 Lintang Samudra nilai C_L dari kecepatan 40 – 70 adalah (-0,00800) – (-0,00837). Untuk nilai *lift coefficient* pada bodi 2 Lintang Samudra nilai C_L dari kecepatan 40 – 70 km/h adalah 0,001395 – 0,000949.

V.2 Saran

Agar simulasi yang kita lakukan dapat diterima, maka diperlukan adanya validasi. Untuk mengetahui aerodinamika penambahan tinggi yang lebih optimal, dapat dilakukan simulasi dengan beda ketinggian 5, 10, 20 dan 50 mm dari tinggi bodi 1 hingga tinggi maksimum yang ditentukan atau dapat pula dengan bentuk bodi yang berbeda. Apabila ingin hasil yang lebih valid selanjutnya dapat dilakukan penelitian eksperimental terhadap bodi Lintang Samudra.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSYS CFX-Solver Theory Guide 16.0 2015.
- Bammidi, R. dan Murty, B. V. R., 2014, Ansys-CFX Analysis on a Simple Automobile Desig, India, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2319-7064.
- Hendra, 2017, *Ini perjalanan 6 generasi kijang, favorit kamu yang mana?*, <https://www.gridoto.com/read/22999549/ini-perjalanan-6-generasi-toyota-kijang-favorit-kamu-yang-mana#!%2F>, Diunduh pada 15 September 2019.
- Hucho, W.H., 1998, *Aerodynamics of Road Vehicles*, Warrendale, United States, SAE International.
- Jatmiko, A.W., 2015, *Analisa Pola Aliran Pada Bodi Mobil Esemka Rajawali Standar Dengan Esemka Rajawali Modifikasi Menggunakan Cfd (Computational Fluid Dynamic) Pada Software ANSYS 15.0*, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jhon, J. S. dan Tony, S. U., 2017. "Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*". Universitas Diponegoro, 5-1.
- Kurnianto, R. C., 2019, *Laporan Desain Kendaraan Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2019 Tim Aswaja - Lintang Samudra*, Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Moran, M. J. dan Shapiro, H. N., 1998, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Sons Inc, The Atrium, Southern Gate, Chichester, England.
- Prihadnyana, Y., Widayana, G. dan Dantes K. R., 2017, *Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak ANSYS 14.5*, Universitas Pendidikan Ganesha, 8-2.
- Regulasi non teknis KMHE 2019.

Regulasi teknis KMHE 2019.



Versteeg, H. K. dan Malalasekera, W., 1995, *Computational Fluid Dynamics*, Longman Group, England.

Yusuf , F. I. dan Tony, S. U., 2015. “Simulasi Aerodinamika Mobil Hemat Bahan Bakar ‘Antawirya’ Konsep 2 Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*”. Universitas Diponegoro, 3-3.

