

**DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL
HEMAT ENERGI ESTUNGKARA 3.0 DAN STABILITASNYA
TERHADAP *CROSSWIND* DENGAN MENGGUNAKAN
ANALISA *CFD* (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)
UNTUK KOMPETISI SHELL ECO-MARATHON**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh:

VIDI FAJRI HERWANDA
NIM. I0412051

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Nomor : **0729/TA/S1/06/2016**

Nama : **VIDI FAJRI HERWANDA**
NIM : **10412051**
Bidang : **Desain**
Pembimbing 1 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Pembimbing 2 : **Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng/198308182014041001**
Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001**
2. AGUNG TRI WIJAYANTA, M.Eng., Ph.D./
197108311997021001
3. Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT/ 197011052000031001

Mata Kuliah Pendukung

1. Aero dan Hidrodinamika (MS06033-15)
2. Energi Surya (MS06093-10)
3. Pompa dan Kompresor (MS06103-10)

Judul Tugas Akhir

**"Desain Dan Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Hemat
Energi Estungkara 3.0 Dan Stabilitasnya Terhadap
Crosswind Dengan menggunakan Analisa CFD
(Computational Fluid Dynamics) untuk Kompetisi Shell
Eco-marathon"**

Surakarta, 2016-06-23 10:27:41
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.


F-TM-03.01.02

**Desain Dan Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi
Estungkara 3.0 Dan Stabilitasnya Terhadap Crosswind Dengan
menggunakan Analisa CFD (Computational Fluid Dynamics) untuk
Kompetisi Shell Eco-marathon**

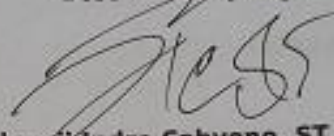
Disusun Oleh

VIDI FAJRI HERWANDA
NIM : 10412051

Dosen Pembimbing 1


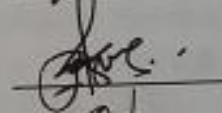
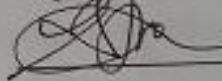

D. DANARDONO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001


Dosen Pembimbing 2

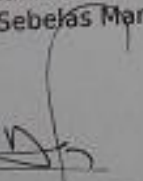

Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng
NIP. 198308182014041001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **08-03-2017** pukul
13:00:00, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

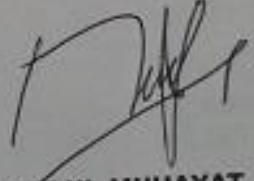
1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
197104251999031001
2. AGUNG TRI WIJAYANTA, M.Eng., Ph.D.
197108311997021001
3. Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT
197011052000031001


Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta


DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir


DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan ini, maka saya bersedia derajat kesarjanaan saya dicabut.

Surakarta, 25 Desember 2016

Vidi Fajri Herwanda

PERSEMBAHAN

- ∞ Allah SWT, pemilik segala keagungan, kemuliaan, kekuatan dan kesempurnaan. Segala yang kualami adalah kehendak-Mu, semua yang kuhadapi adalah kemauan-Mu, segala puji hanya bagi-Mu, ya Allah, pemilik alam semesta, tempat bergantung segala sesuatu, tempat memohon pertolongan.
- ∞ Junjungan Nabi besar Muhammad SAW, manusia terbaik di muka bumi, uswatun hasanah, penyempurna akhlak, sholawat serta salam semoga selalu tercurah padanya, keluarga, sahabat dan pengikutnya yang istiqomah hingga akhir zaman.
- ∞ Kasih sayang dan cinta yang tak pernah putus dari keluarga besar Bapak Sutarso, Ibu Solechah dan Kaka serta seluruh keluarga. Kasih sayang kalian takkan pernah terlupakan sepanjang hidupku.
- ∞ Kaka, sahabat dan adik yang memberikan pembelajaran dan pengajaran untuk pantang menyerah dan terus berjuang di Bengawan Team Shell-eco Marathon dan Bengawan Team FSAE Universitas Sebelas Maret.
- ∞ Kaka, sahabat dan adik yang selalu mengajarkan keikhlasan, perjuangan, rasa syukur dan peduli terhadap sesama di Forum Silaturahmi Mahasiswa (FOSMA) Solo, Jateng dan DIY.

MOTTO

“Barangsiapa merintis jalan mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya
jalan ke surga.”

(Nabi Muhammad SAW)

“Man Shabara Zhafira”

(Imam Syafii)

“We can not live by yesterday’s standards and expect extraordinary result today.”

(Muhammad Assad)

“Do the best all the time up to the limit.”

(unknown)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Al-Insyirah : 6)

**DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL HEMAT
ENERGI ESTUNGKARA 3.0 DAN STABILITASNYA TERHADAP
CROSSWIND DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) UNTUK KOMPETISI SHELL
ECO-MARATHON**

Vidi Fajri Herwanda
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,
Indonesia
vidifh@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain bodi kendaraan *prototype* yang aerodinamis dengan nilai C_D kurang dari 0,125. Kendaraan *prototype* tim Bengawan adalah salah satu konsep kendaraan yang dirancang khusus dengan tujuan hemat bahan bakar yang diikuti pada kompetisi *Shell Eco-marathon*. Pada penelitian ini diberikan efek *crosswind* untuk mengetahui unjuk kerja aerodinamika dan stabilitas kendaraan saat terkena angin dari samping, dengan memberikan sudut *yaw* pada kendaraan yang relatif terhadap arah datangnya angin sebesar 0° , 15° , 30° dan 45° dengan rentang kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam dan 60 km/jam. Analisis secara numerik diselesaikan menggunakan perangkat lunak CFD, ANSYS Fluent 14.5. Hasil penelitian menunjukkan kendaraan memiliki nilai koefisien *drag* terendah pada sudut *yaw* 0° dan kecepatan 60 km/jam dengan nilai C_D sebesar 0,1002 dan terus meningkat dengan bertambahnya sudut *yaw* sebesar 15° , 30° dan 45° masing-masing memiliki nilai C_D sebesar 0,1890, 0,3986 dan 0,6987. Sementara koefisien *lift* memiliki nilai terendah pada sudut *yaw* 15° pada kecepatan 60 km/jam dengan nilai C_L sebesar 0,0913. Perbandingan nilai antara perbedaan *yaw* momen koefisien terhadap perbedaan sudut *yaw* menentukan tingkat kestabilan dimana nilai $\Delta C_{YM}/\Delta \text{sudut } Yaw$ pada sudut *yaw* 15° memiliki nilai sebesar -0,024376, yang berarti kendaraan memiliki kestabilan yang baik dari sudut *yaw* 0° hingga 15° . Secara keseluruhan, kendaraan memiliki tingkat aerodinamis dan kestabilan yang baik ditinjau dari nilai C_D , C_L dan $\Delta C_{YM}/\Delta \text{sudut } Yaw$ pada seluruh variasi kecepatan dengan sudut *yaw* 0° sampai 15° .

Kata kunci : aerodinamika, ANSYS fluent, crosswind, C_D , C_L , stabilitas, prototype, yaw momen koefisien

**DESIGN AND ANALYSIS AERODYNAMIC BODY ENERGY SAVING
CAR ESTUNGKARA 3.0 AND STABILITY ON CROSSWIND USING CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) ANALYSIS FOR SHELL ECO-
MARATHON COMPETITION**

Vidi Fajri Herwanda

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Sebelas Maret
University, Surakarta, Indonesia

vidifh@gmail.com

ABSTRACT

This main objectives of the project was to design a prototype vehicle body that has an aerodynamic body design with C_D value of lower than 0.125. The Prototype vehicle from Bengawan team is a concept vehicle designed specifically, with the aim of saving fuel to participate in the Shell Eco-marathon competition. In this study crosswind effect was given to know the performance of aerodynamic stability of the vehicle when the wind blows from the side, by giving a yaw angle of the vehicle at 0° , 15° , 30° and 45° with a speed range of 20 km/hour, 40 km/hour and 60 km/hour. Numerical analysis was solved by using ANSYS Fluent 14.5 CFD software. The result showed that the vehicle had the lowest drag coefficient value in the yaw angle of 0° at a speed of 60 km/hour with the C_D value of 0.1002 and then increased with increasing yaw angles from 15° , 30° and 45° with C_D 0.1890, 0.3986 and 0.6987 respectively. While the lift coefficient has the lowest value in the yaw angle of 15° at a speed of 60 km/hour with C_L value of 0.0913. The rate of change in yaw moments coefficients value to wind relatif yaw angle value $\Delta C_{YM}/\Delta \text{Yaw angle}$ is parameter for evaluation of vehicle aerodynamic stability which at yaw angle 15° has a value of -0.024376, it's mean that the vehicle has good stability at yaw angle from 0° to 15° . Overall, the vehicle has an aerodynamics design and good stability based on the value of the C_D , C_L and $\Delta C_{YM}/\Delta \text{Yaw}$ at all speed variation with yaw angle from 0° to 15° .

Keywords : aerodynamic, ANSYS fluent, crosswind, C_D , C_L , stability, prototype , yaw momen coefficients

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Pemurah. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Besar, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyelesaian Skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kuasa, rahmat, berkah, dan hidayah-Nya.
2. Ayah dan ibu penulis yang selalu mencurahkan segala doa, daya dan kemampuannya untuk penulis sehingga penulis mampu menjadi seperti sekarang ini.
3. Bapak Dominicus Danardono selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan dukungan yang begitu banyak dan memberikan solusi ketika penulis mendapatkan kesulitan.
4. Bapak Sukmaji Indro Cahyono selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran, solusi, dan bersedia membantu tata tulis dalam penyusunan laporan ini.
5. Bapak Agung Tri Wijayanta, Bapak Budi Kristiawan dan Bapak Budi Santoso, selaku dewan penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun. Terimakasih banyak atas segala masukan, kritik, dan saran yang telah diberikan kepada penulis.
6. Semua keluarga di Purbalingga yang telah memberikan doa dan dorongan semangat baik moril maupun materil kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.

7. Seluruh rekan Teknik Mesin khususnya angkatan 2012 yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.
8. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungannya dalam pembuatan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran serta kritik yang dapat membangun laporan ini agar menjadi lebih baik.

Akhir kata semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi kita semua. Amin.

Surakarta, 25 Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
SURAT TUGAS	2
LEMBAR PENGESAHAN	3
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	4
PERSEMBAHAN	5
MOTTO	6
ABSTRAK	7
ABSTRACT	8
KATA PENGANTAR	9
DAFTAR ISI.....	11
DAFTAR GAMBAR	14
DAFTAR RUMUS	17
DAFTAR LAMPIRAN.....	18
DAFTAR NOTASI.....	19
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Udara	11
2.3 Densitas	11
2.4 Viskositas	11
2.5 Bilangan Reynolds (Re)	12
2.6 Crosswind.....	12

2.7	Aerodinamika	13
2.8	Aliran Eksternal.....	14
2.9	Lapis Batas (Boundary Layer)	15
2.10	Separasi Aliran pada Lapis Batas.....	16
2.11	Gaya Hambat (<i>Drag</i>).....	17
2.12	Gaya Angkat (<i>Lift</i>)	20
2.13	<i>Yaw Moment</i> Koefisien	21
2.14	Pengaruh Bentuk Bodi	22
2.14.1	Pengaruh Bentuk Moncong	23
2.14.2	Pengaruh Bentuk Bodi Bagian Depan dan Belakang terhadap Koefisien Hambat	25
2.14.3	Pengaruh Bentuk Bodi <i>Bonnet (Hood)</i> terhadap Koefisien Hambat.....	25
2.14.4	Pengaruh Kelengkungan Atap Bodi Mobil (<i>roof chamber</i>) terhadap Koefisien Hambat	26
2.14.5	Pengaruh Kelengkungan Bodi Samping Mobil (<i>side panel chamber</i>) terhadap Koefisien Hambat	27
2.14.6	Pengaruh <i>Taper</i> pada Sisi Samping Bodi Mobil Bagian Belakang (<i>rear side panel taper</i>) terhadap Koefisien Hambat .	27
2.14.7	Pengaruh <i>Taper</i> pada Sisi Bawah Bodi Mobil Bagian Belakang (<i>rear under body taper</i>) terhadap Koefisien Hambat	28
2.14.8	Pengaruh Bentuk Bodi Mobil Bagian Belakang (<i>rear end</i>) terhadap Koefisien Hambat	29
2.15	Persamaan Navier-Stokes.....	30
2.16	Computational Fluid Dynamic (CFD)	32
2.17	Simulasi Menggunakan ANSYS Fluent.....	33
2.17.1	Pre Processing.....	33
2.17.2	Solver	34
2.17.3	Post Processor	37
2.18	Pengujian Aerodinamika Bodi Mobil menggunakan Ahmed Body...	37
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Alat dan Bahan	39
3.2	Diagram Alir (Flowchart).....	39
3.3	Penjelasan Diagram Alir	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Validasi Pemodelan.....	44
4.2 Analisa Gaya Hambat dan Desain Bodi <i>Prototype</i>	49
4.2.1 Desain Sketsa Umum.....	51
4.2.2 Desain Sketsa Bentuk moncong	52
4.2.3 Desain Sketsa Ban Tertutup (<i>covered wheel</i>).....	53
4.2.4 Desain Sketsa <i>Rear End</i>	53
4.2.5 Hasil Desain Tiga Dimensi Bodi <i>Prototype</i>	Er
ror! Bookmark not defined.4	
4.3 Simulasi Bodi <i>Prototype</i> Hasil Desain Tiga Dimensi.....	54
4.4 Hasil Simulasi Variasi Kecepatan dan Sudut Yaw	57
4.4.1 Perbandingan Distribusi Tekanan dan Kecepatan	61
4.4.2 Analisis Pola Aliran Udara	67
4.4.3 Perbandingan Hasil Simulasi Variasi Sudut <i>Yaw</i>	74
BAB V PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penggunaa bahan bakar kendaraan pada jalan perkotaan dan jalan tol	2
Gambar 2.1 Pengaruh besar taper terhadap pengurangan area bertekanan rendah pada underbody	8
Gambar 2.2 Hasil simulasi Mataram Proto (a) kontur tekanan (b) kontur aliran ...	9
Gambar 2.3 Hasil simulasi model bus kontur kecepatan horizontal plane	10
Gambar 2.4 Resultan kecepatan pada keadaan crosswind	13
Gambar 2.5 Aliran fluida eksternal sekitar kendaraan yang diam	14
Gambar 2.6 Boundary layer pada pelat datar	16
Gambar 2.7 Aliran lapis batas dengan preassure gradient	17
Gambar 2.8 Pengaruh kecepatan terhadap total drag	18
Gambar 2.9 Frontal area	19
Gambar 2.10 gaya angkat negatif dan positif pada kendaraan	20
Gambar 2.11 Gaya & momen yang bekerja pada kendaraan	21
Gambar 2.12 aerodinamik moment koefisien terhadap sudut yaw	22
Gambar 2.13 Bentuk bodi terhadap nilai gaya hambat	23
Gambar 2.14 perkembangan bentuk bodi kendaraan dari tahun ke tahun dan pengaruhnya terhadap nilai gaya hambat	23
Gambar 2.15 Variasi bentuk moncong mobil, (a) moncong dibawah, (b) moncong ditengah, (c) moncong diatas	24
Gambar 2.16 Pengaruh bentuk bodi depan dan belakang terhadap nilai koefisien hambat	25
Gambar 2.17 Pengaruh radius dan camfer pada bagian bodi depan bonnet terhadap nilai koefisien hambat	26
Gambar 2.18 Pengaruh kelengkungan atap bodi mobil (roof chamber) terhadap nilai koefisien hambat	27
Gambar 2.19 Pengaruh kelengkungn bodi mobil bagian samping (side panel chamber) terhadap nilai koefisien hambat	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian Penjelasan Diagram Alir	40

Gambar 3.2 Dimensi dari domain komputasi	42
Gambar 3.3 Sketsa desain awal kendaraan prototype.....	43
Gambar 4.1 Ahmed Body (Meile, dkk., 2011)	44
Gambar 4.2 Domain simulasi dan body influence	45
Gambar 4.3 Hasil regenerasi mesh pada model Ahmed body validasi.....	46
Gambar 4.4 Zona boundary condition	46
Gambar 4.5 Hasil velocity streamline Ahmed Body model turbulensi k-epsilon realizable	48
Gambar 4.6 Sketsa desain tangan kendaraan prototype dalam bentuk dua dimensi.....	51
Gambar 4. 7 Perbandingan ukuran dari bentuk bodi kendaraan (Heisler, 2002)..	52
Gambar 4.8 Hasil desain bodi prototype (a) prespektif (b) tampak atas (c) tampak samping	54
Gambar 4.9 Desain model uji prototype	55
Gambar 4.10 Variasi model dengan memberikan efek crosswind.....	56
Gambar 4.11 Tampak samping hasil meshing	56
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan nilai koefisien drag seluruh variasi	58
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan nilai koefisien lift seluruh variasi.....	59
Gambar 4.14 Perbandingan distribusi tekanan pada kecepatan 60 km/jam.....	62
Gambar 4.15 Distribusi tekanan dan kecepatan horizontal plane pada kecepatan 60 km/jam	63
Gambar 4.16 Distribusi tekanan model uji pada kecepatan 60 km/jam antara....	65
Gambar 4.17 Distribusi tekanan permukaan bawah model uji	66
Gambar 4.18 Tampak atas vektor kecepatan	68
Gambar 4.19 Titik separasi menggunakan velocity streamline pada sudut yaw 15°	69
Gambar 4.20 Titik separasi menggunakan velocity streamline pada sudut yaw 45°	69
Gambar 4.21 Perbandingan pola streamline pada kecepatan 60 km/jam antara...	72
Gambar 4.22 Perbandingan pola streamline tampak atas seluruh model uji	71
Gambar 4.23 Vortex region pada model uji (a) sudut yaw 0o (b) sudut yaw 45o	73

Gambar 4.24 Perbandingan pola streamline pada bagian belakang model uji dengan jarak 35 cm (a) sudut yaw 0° (b) sudut yaw 45°	74
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil penambahan taper pada rear underbody terhadap CD dengan kecepatan 50 m/s	8
Tabel 2.2 Hasil pengujian Bentuk Moncong.....	24
Tabel 3.1 Kualitas Skewness Meshing.....	42
Tabel 4.1 Parameter-parameter Meshing	45
Tabel 4.2 Parameter Inlet dan Outlet Simulasi	47
Tabel 4.3 Properti udara pada Simulasi	47
Tabel 4.4 Hasil Validasi Model Turbulensi	47
Tabel 4.5 General Solver pada Simulasi	48
Tabel 4.6 Solution Methode pada Simulasi	48
Tabel 4.7 Data Mesh Model Prototype	57
Tabel 4.8 Koefisien Drag Hasil Simulasi dengan Variasi Kecepatan.....	58
Tabel 4.9 Koefisien Lift Hasil Simulasi dengan Variasi Kecepatan.....	59
Tabel 4.10 Yaw Moment Koefisien Hasil Simulasi dengan Variasi Kecepatan...	60

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Densitas Massa	11
Rumus 2.2 Rumus Viskositas Dinamis	12
Rumus 2.3 Rumus Viskositas Kinematis	12
Rumus 2.4 Rumus Bilangan Reynold	12
Rumus 2.5 Rumus Tebal Lapis Batas	16
Rumus 2.6 Rumus Gaya Hambat	19
Rumus 2.7 Rumus Gaya <i>Lift</i>	20
Rumus 2.8 Persamaan <i>Yaw Moment</i> Koefisien.....	21
Rumus 2.9 Persamaan Kekekalan Massa.....	30
Rumus 2.9 Persamaan Navier Stokes Arah X.....	31
Rumus 2.10 Persamaan Navier Stokes Arah Y.....	31
Rumus 2.11 Persamaan Navier Stokes Arah Z.....	31
Rumus 2.12 Persamaan <i>Turbulence Kinetic Energy</i>	35
Rumus 2.13 Persamaan <i>Turbulence Dissipation Rate</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Model Uji.....	80
Lampiran 2. Distribusi Tekanan Model Uji	82
Lampiran 3. Distribusi Kecepatan Model Uji	85
Lampiran 4. Streamline Model Uji	86
Lampiran 5. Vortex Region Model Uji	89
Lampiran 6. Pemrograman ANSYS Fluent.....	86
Lampiran 7. Gambar Teknik <i>Prototype</i>	91

DAFTAR NOTASI

F_D	= Gaya hambat	N
F_L	= Gaya angkat	N
C_D	= Koefisien drag	
C_L	= Koefisien lift	
C_{YM}/C_Y	= Koefisien yaw moment	
ρ	= Densitas fluida	Kg/m ³
m	= Massa	Kg
g	= Gravitasi	m/s ²
M_Y	= Yaw moment	Nm
A	= Frontal area	m ²
V	= Volume	m ³
v	= Kecepatan	m/s
δ	= Tebal lapis batas	m
L	= Panjang karakteristik	m
ν	= Viskositas kinematik	Kg/ms
μ	= Viskositas dinamik	
τ_{yx}	= Tegangan geser	
$\left(\frac{du}{dy}\right)$	= kecepatan deformasi	
Re	= Bilangan Reynolds	
l	= Panjang karakteristik medan aliran	m
u_i	= Vektor kecepatan	
μ_t	= Eddy viscosity	
G_k	= Turbulent kinetic energy due to mean velocity	
F_T	= Total gaya hambat	N
R_T	= Hambatan gesek mekanis dari transmisi	N
R_R	= Hambatan gesek roda kendaraan dengan jalan	N
R_A	= Hambatan karena udara (drag)	N
f	= Koefisien tread	
μ_r	= Road friction koefisien	
r_r	= Radius ban	