

**DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL
SAMUDRA 6.0 MENGGUNAKAN PEMODELAN CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) 3 DIMENSI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh:

RAFID ZULFIADIB

NIM. I0415069

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

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

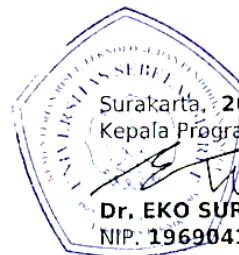
**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**
Nomor : **0923/TA/S1/07/2019**

Nama : **RAFID ZULFIADIB**
NIM : **10415069**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Pembimbing 2 : **Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./197104251999031001**
Penguji : **1. Dr.Eng. ADITYA RIO PRABOWO, S.T., M.T., M.Eng/
199209152019031016**
**2. WIBAWA ENDRA JUWANA., ST,MT/
197009112000031001**
Mata Kuliah Pendukung
1.AERO DAN HIDRO DINAMIKA(MS06033-15)
2.CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)(MS06073-15)
3.PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK(MS05043-15)

Judul Tugas Akhir

**"DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL
SAMUDRA 6.0 MENGGUNAKAN PEMODELAN CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) 3 DIMENSI"**



Surakarta, 2020-02-04 13:58:50
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP: 196904112000031006

Tembusan :

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

FTM-03:01:02

Hal 1 dari 1 hal.

**DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL SAMUDRA 6.0
MENGUNAKAN PEMODELAN CFD (COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS) 3 DIMENSI**

Disusun Oleh

RAFID ZULFIADIB
NIM : **I0415069**

Dosen Pembimbing 1



D. DANARSONO, ST, MT, PhD
NIP. **196905141999031001**

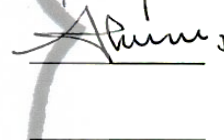
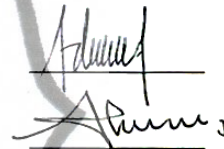
Dosen Pembimbing 2




Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
NIP. **197104251999031001**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **31-01-2020**, pukul **13:00:00**, bertempat di **R.1109, Gd.1 FT-UNS.**

1. Dr.Eng. ADITYA RIO PRABOWO, S.T., M.T., M.Eng
199209152019031016
2. WIBAWA ENDRA JUWANA., ST,MT
197009112000031001
- 3.




Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP. **196904112000031006**

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. **197003231998021001**

PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

Saya mahasiswa program studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafid Zulfiadib

NIM : I0415069

Judul tugas akhir : Desain dan Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Samudra 6.0 Menggunakan Pemodelan CFD (Computational Fluid Dynamics) 3 Dimensi.

Dengan ini menyatakan tugas akhir atau skripsi yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya ilmiah orang lain. Apabila ternyata di dalam naskah skripsi terdapat unsur-unsur plagiasi saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Surakarta, Januari 2020



Rafid Zulfiadib

I0415069

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui.”

(Q.S. Al-Baqarah/2:216)

“Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan”

(Ali bin Abi Thalib)

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving”

(Albert Einstein)

“Terkadang kesulitan harus kamu rasakan terlebih dahulu sebelum kebahagiaan yang sempurna datang kepadamu.”

(R.A.Kartini)

“Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa, dan jalan satu-satunya jalani sebaik kau bisa”

(FSTVLST)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati, saya persembahkan tulisan ini:

1. Kepada Bapak, Ibu, Adik dan segenap keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungannya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi ini dengan baik.
2. Kepada Bapak D.Danardono, S.T., M.T, Ph.D dan Budi Kristiawan, S.T, M.T. sebagai pembimbing yang senantiasa sabar dalam memberikan ilmu, bimbingan, dan arahan sehingga Tugas Akhir Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Kepada Dosen, Staff, dan Karyawan Universitas Sebelas Maret yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang telah memberikan ilmunya serta menuntun saya hingga menjadi sarjana.
4. Kepada anggota Laboratorium Mekanika Fluida dan Perpindahan Panas yang telah membantu saya dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
5. Kepada teman-teman S1 Teknik Mesin terutama angkatan 2015 dan ‘Sobat Penghuni’ yang selama ini menjadi keluarga kedua saya di Universitas Sebelas Maret.
6. Kepada teman-teman Bengawan Team yang senantiasa memberikan dukungan selama proses desain dan simulasi aerodinamika.
7. Kepada teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan doa dan dukungan kepada saya.

**DESAIN DAN ANALISA AERODINAMIKA BODI MOBIL SAMUDRA 6.0
MENGUNAKAN PEMODELAN CFD (*COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS*) 3 DIMENSI**

Rafid Zulfiadib

Program Studi S1 Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Email: rafidzulfiadib03@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan transportasi terus meningkat seiring dengan menurunnya ketersediaan bahan bakar di bumi. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan membuat kendaraan hemat energi. Shell sebagai salah satu perusahaan energi terbesar di dunia membuat sebuah lomba yang bernama Shell Eco-Marathon yang merupakan sebuah lomba rancang bangun kendaraan yang memiliki tingkat efisiensi bahan bakar yang tinggi. Aerodinamika adalah salah satu faktor penting yang dapat menunjang efisiensi bahan bakar. Desain aerodinamika yang baik dari sebuah mobil akan menghabiskan lebih sedikit tenaga untuk mengatasi drag sehingga dapat meluncur lebih cepat dan jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain bodi mobil yang memiliki gaya hambat aerodinamika yang kecil sehingga bisa diterapkan untuk mengikuti lomba Shell Eco-Marathon. Desain dan simulasi dilakukan dengan variasi sudut *windscreen rake* antara 50° hingga 58° dengan interval 2° serta variasi sudut kelengkungan *upside front end* antara 0° hingga 14° dengan interval 7° pada kecepatan konstan yaitu 50 km/jam. Dari penelitian ini didapatkan variasi terbaik pada sudut *windscreen rake* 56° dan sudut front end 14° yang menghasilkan nilai koefisien drag sebesar 0,156.

Kata kunci: aerodinamika, bodi, mobil, gaya *drag*, koefisien *drag*, gaya *lift*, koefisien *lift*, Shell Eco-Marathon, *fuel efficiency*, *windscreen*, *front end*

DESIGN AND AERODYNAMIC ANALYSIS OF SAMUDRA 6.0 VEHICLE BODY USING 3 DIMENSIONAL CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) MODELLING

Rafid Zulfiadib

Program Studi S1 Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Email: rafidzulfiadib03@gmail.com

ABSTRACT

The need for transportation increases as the global fuel supply decreases. One of the solution to overcome the problem is to develop a fuel-efficient vehicle. Shell as one of the biggest energy company in the world organized a competition titled “Shell Eco-Marathon”, which demands its participants to be able to design a vehicle which has a high fuel efficiency. A good aerodynamic design of a vehicle will consume less power to overcome drag force so that the vehicle could move faster and reach farther with less fuel. The objective of this research is to design a vehicle body which has little aerodynamic drag force to be able to participate in the Shell Eco-Marathon competition. The research was conducted with windscreen rake angle variation between 50° to 58° degree with an interval of 2° and upside front end angle variation between 0° to 14° with an interval of 7° on constant air velocity of 50 km/h. The best result was obtained from the windscreen rake angle variation of 56° and upside front end angle variation of 14° , which produces drag coefficient of 0.156.

Keywords : aerodynamics, car, body, drag force, drag coefficient, lift force, lift coefficient, Shell Eco-Marathon, fuel efficiency, windscreen, front end

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Karena atas rahmat, karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir “Desain dan Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Samudra 6.0 Menggunakan Pemodelan CFD (Computational Fluid Dynamics) 3 Dimensi” ini dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Jurusan Mesin Universitas Sebelas Maret.

Pelaksanaan Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis dengan kerendahan hati ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak, Ibu, Adik, dan keluarga besar Alm. Parto dan Alm. Sadirun yang selalu memberikan dukungan berupa doa, materi, dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eko Surojo, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Dr. Nurul Muhayat, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak D. Danardono Dwi Prija T, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Dr. Budi Kristiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang penuh kesabaran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan laporan ini.
5. Seluruh Dosen, Staf, dan Karyawan Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Teman-teman Bengawan Team, The Fame 2015, KMTM UNS dan ‘Sobat Penghuni’ yang senantiasa memberikan dukungan dan arahan kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir Skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini mampu memberi manfaat, wawasan dan inspirasi bagi siapa saja yang membacanya. Namun penulis juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan di dalam skripsi ini, sehingga penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar karya tulis berikutnya dapat lebih baik lagi.

Surakarta, Januari 2020



Penulis



DAFTAR ISI

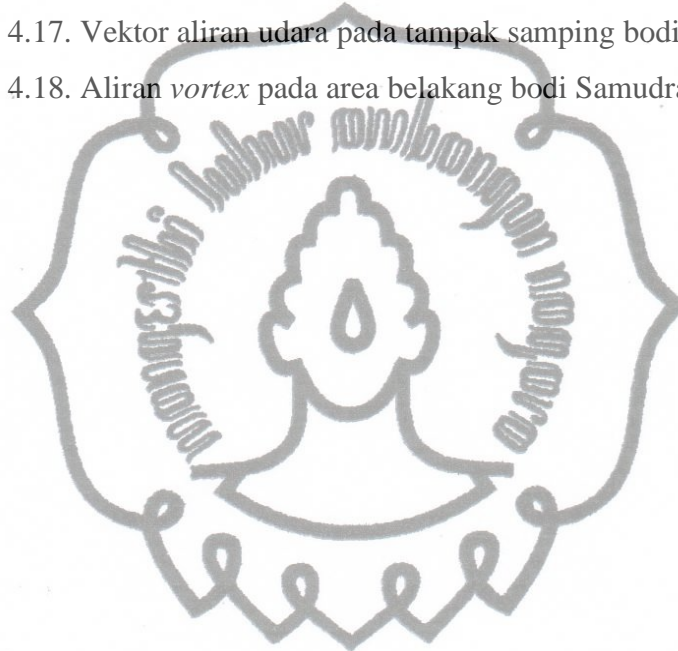
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT TUGAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS.....	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	8
2.2.1. <i>Boundary Layer</i>	8
2.2.2. <i>Reynolds Number</i>	9
2.2.3. <i>Gaya Drag</i>	9
2.2.4. <i>Koefisien Drag</i>	10
2.2.5. <i>Gaya Lift</i>	11
2.2.6. <i>Koefisien Lift</i>	12

2.2.7. <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	12
2.2.8. Persamaan Atur.....	17
2.2.9. Validasi Simulasi Aerodinamika menggunakan <i>Ahmed Body</i>	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Alat dan Bahan	20
3.2. Diagram Alir Penelitian	21
3.3. Proses Desain.....	23
3.4. Validasi Penelitian	24
3.4.1. Enclosure.....	24
3.4.2. Meshing.....	25
3.4.3. Boundary Condition.....	27
3.5. Simulasi Aerodinamika Bodi Mobil Samudra 6.0.....	27
3.5.1. <i>Enclosure</i>	27
3.5.2. <i>Meshing</i>	28
3.5.3. <i>Boundary Condition</i>	30
3.6. <i>Post Processing</i>	31
BAB IV HASIL PENELITIAN	32
4.1. Hasil Rancangan Bodi.....	32
4.1.1. Bentuk Bodi Menyerupai <i>Tear Drop</i> dan Jaray's Car.....	32
4.1.2. Bentuk Front End Nose.....	34
4.1.3. Bentuk <i>Rear End Upward Taper</i>	35
4.2. Hasil Validasi Simulasi	37
4.3. Hasil Simulasi Variasi Sudut <i>Front End</i> dan <i>Windscreen Rake</i>	38
4.3.1. Hasil Koefisien <i>Drag</i> dan Gaya <i>Drag</i>	38
4.3.2. Hasil Koefisien <i>Lift</i> dan Gaya <i>Lift</i>	41
4.3.3. Analisa Hasil Distribusi Tekanan dan Kecepatan	45
4.3.4. Analisa Pola Aliran Udara.....	50
BAB V PENUTUP	56
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

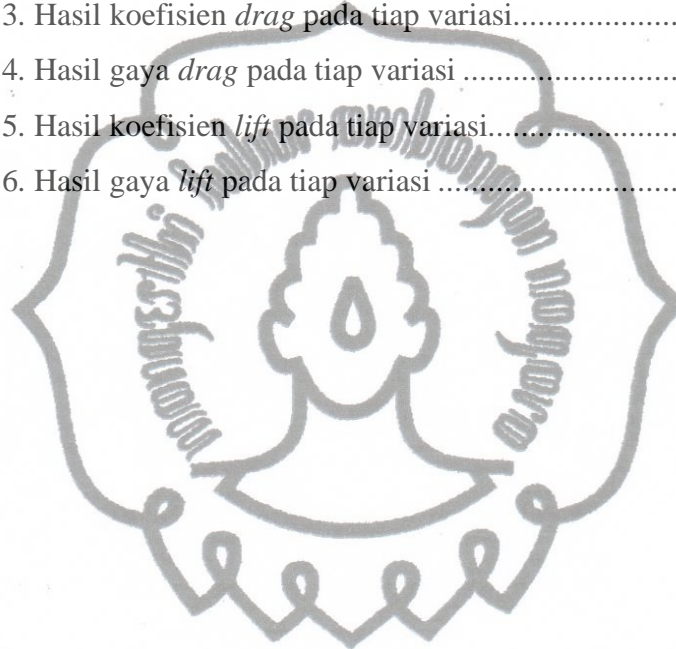
Gambar 2.1. Variasi modifikasi aerodinamika bodi mobil [7]	6
Gambar 2.2. Modifikasi <i>Windshield</i> pada bodi mobil BMW seri 3	7
Gambar 2.3. Modifikasi desain bodi mobil Electra	7
Gambar 2.4. <i>Boundary Layer</i> [10]	8
Gambar 2.5. Luas Area Frontal [5]	10
Gambar 2.6. <i>Mesh Topology</i> [14]	13
Gambar 2.7. Model <i>mesh hexahedron</i>	14
Gambar 2.8. Model <i>mesh tetrahedron</i>	14
Gambar 2.9. Vektor <i>cell</i> pada <i>orthogonal quality</i>	15
Gambar 2.10. Pengecekan kualitas <i>mesh</i> menggunakan <i>aspect ratio</i>	16
Gambar 2.11. Geometry Ahmed Body	19
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2. Dimensi Ahmed <i>Body</i> [11]	24
Gambar 3.3. <i>Enclosure</i> [19].....	25
Gambar 3.4. <i>Body Influence</i>	26
Gambar 3.5. Tingkat kerapatan <i>mesh</i> setelah penambahan <i>body influence</i>	26
Gambar 3.6. <i>Face sizing</i> pada bodi Samudra 6.0	28
Gambar 3.7. <i>Body Influence</i> Samudra 6.0.....	29
Gambar 3.8. Hasil <i>body influence</i> pada kerapatan <i>mesh</i>	29
Gambar 3.9. Sudut <i>Windscreen</i> dan <i>front end</i>	31
Gambar 4.1. Koefisien <i>drag</i> pada beberapa bentuk dasar [5]	32
Gambar 4.2. Koefisien <i>drag</i> pada modifikasi desain P.Jaray [22]	33
Gambar 4.3. Perubahan konsep desain dari bentuk dasar hingga desain final	33
Gambar 4.4. Pengaruh bentuk <i>front end nose</i> terhadap arah aliran fluida [5].	34
Gambar 4.5. Bentuk <i>Front End Nose</i> pada desain bodi Samudra 6.0.....	35
Gambar 4.6. Pengaruh <i>rear end upward taper</i> terhadap koefisien <i>drag</i> [5] ...	36
Gambar 4.7. Dimensi bodi Samudra 6.0	36
Gambar 4.8. Grafik koefisien drag pada tiap variasi	39

Gambar 4.9. Grafik gaya drag pada tiap variasi	41
Gambar 4.10. Grafik koefisien <i>lift</i> pada tiap variasi	42
Gambar 4.11. Grafik gaya <i>lift</i> pada tiap variasi.....	44
Gambar 4.12. Kontur tekanan pada permukaan bodi tampak depan	45
Gambar 4.13. Kontur tekanan pada permukaan bodi tampak atas	46
Gambar 4.14. Kontur kecepatan pada tampak atas dan samping	47
Gambar 4.15. Kontur kecepatan pada beberapa variasi uji	48
Gambar 4.16. Pola aliran udara pada tampak samping bodi Samudra 6.0.....	50
Gambar 4.17. Vektor aliran udara pada tampak samping bodi Samudra 6.0 .	52
Gambar 4.18. Aliran <i>vortex</i> pada area belakang bodi Samudra 6.0.....	54



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Regulasi dimensi <i>urban concept</i> Shell Eco-Marathon 2020[4]	23
Tabel 3.2. Nilai <i>skewness</i>	27
Tabel 3.3. Perbandingan jumlah <i>elements</i>	30
Tabel 3.4. Nilai <i>skewness</i>	30
Tabel 4.1. Perbandingan nilai C_D dan C_L pada ketiga bentuk <i>front end nose</i> .	35
Tabel 4.2. Hasil validasi simulasi	37
Tabel 4.3. Hasil koefisien <i>drag</i> pada tiap variasi.....	38
Tabel 4.4. Hasil gaya <i>drag</i> pada tiap variasi	40
Tabel 4.5. Hasil koefisien <i>lift</i> pada tiap variasi.....	42
Tabel 4.6. Hasil gaya <i>lift</i> pada tiap variasi	43



DAFTAR NOTASI

F_D	= Gaya <i>drag</i>	N
F_L	= Gaya <i>lift</i>	N
C_D	= Koefisien <i>drag</i>	-
C_L	= Koefisien <i>lift</i>	-
A	= Luas area frontal	m^2
v	= Kecepatan	m/s
ρ	= Massa jenis fluida	kg/m^3
Re	= Bilangan <i>Reynolds</i>	-
μ	= Viskositas dinamik fluida	kg/ms
p	= Tekanan	Pa
g	= Percepatan gravitasi	m/s^2
t	= Waktu	s
u	= Kecepatan fluida arah sumbu x	m/s
v	= Kecepatan fluida arah sumbu y	m/s
w	= Kecepatan fluida arah sumbu z	m/s

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dimensi hasil rancangan desain bodi Samudra 6.0.....	59
Lampiran 2. <i>Rendering</i> desain bodi Samudra 6.0.....	59
Lampiran 3. Bukti hasil simulasi C_D dan C_L pada variasi sudut <i>front end</i> 0° .	60
Lampiran 4. Bukti hasil simulasi C_D dan C_L pada variasi sudut <i>front end</i> 7° .	62
Lampiran 5. Bukti hasil simulasi C_D dan C_L pada variasi sudut <i>front end</i> 14°	65
Lampiran 6. Bukti hasil simulasi F_D dan F_L pada variasi sudut <i>front end</i> 0° ..	67
Lampiran 7. Bukti hasil simulasi F_D dan F_L pada variasi sudut <i>front end</i> 7° ..	70
Lampiran 8. Bukti hasil simulasi F_D dan F_L pada variasi sudut <i>front end</i> 14°	72
Lampiran 9. Kontur tekanan pada bodi tampak depan.....	75
Lampiran 10. Kontur tekanan pada bodi tampak atas.....	76
Lampiran 11. Kontur kecepatan pada bodi tampak depan.....	78
Lampiran 12. Kontur kecepatan pada bodi tampak atas.....	79

