

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Airfoil	5

2.2	<i>Multi-element</i>	8
BAB III LANDASAN TEORI		11
3.1	Konsep Dasar Mekanika Fluida	11
3.2	<i>Downforce</i> dan <i>Dragforce</i>	17
3.3	Laminar, Transisi dan Turbulen	18
3.4	Bilangan Reynolds	19
3.5	Proses Simulasi CFD dengan ANSYS Fluent 16.0	20
3.5.1	Geometri	21
3.5.2	Membuat <i>Mesh</i>	21
3.5.3	<i>Setup</i>	22
3.6	Komputasi Numerik	26
3.6.1	Persamaan Aturan Fase	26
3.6.2	Persamaan Kekekalan Momentum	27
3.6.3	Persamaan <i>Six Degrees of Freedom</i> (6DOF)	28
3.7	Kode pada Airfoil	29
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Alat dan Materi Penelitian	31
4.1.1	Alat Penelitian	31
4.1.2	Materi Penelitian	31
4.2	Tempat Penelitian	36
4.3	Prosedur Penelitian	36
4.3.1	Diagram Alir Penelitian	38

4.4	Langkah Pembuatan Model Simulasi 2D	39
4.4.1	Airfoil Eppler E423 Tunggal	39
4.4.2	<i>Multi-elemeny</i> Airfoil	40
4.4.3	Penambahan <i>Flap</i>	43
4.4.4	Penambahan <i>Slat</i>	43
4.5	ANSYS Fluent 16.0	44
4.5.1	Langkah Pembuatan Geometri pada ANSYS Fluent 16.0	44
4.5.2	Langkah Pembuatan <i>Mesh</i>	48
4.5.5	Langkah <i>Setup</i> dan <i>Solution</i>	55
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	66
5.1	Konvergen	66
5.2	Perhitungan	68
5.3	Airfoil Eppler E423 Tunggal	69
5.4	<i>One Slot Inverted</i> Airfoil (<i>two-elements</i>)	77
5.5	<i>Two Slots Inverted</i> Airfoil (<i>three-elements</i>)	85
5.6	<i>Two Slots Inverted</i> Airfoil (<i>three-elements</i>) dengan Penambahan <i>Flap</i>	92
5.7	<i>Two Slots Inverted</i> Airfoil (<i>four-elements</i>) dengan Penambahan <i>Flap</i> dan <i>Slat</i>	99
5.8	Perbandingan Hasil Perhitungan Airfoil	107
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	109
6.1	Kesimpulan	109
6.2	Saran	110

DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geometri airfoil dari MSHD (a), E423 (b), dan perbandingan karakteristik C_L dari MSHD dan E423 (c) (Dahlberg, 2012)	6
Gambar 2.2	Grafik nilai C_L dan C_D terhadap <i>angle of attack</i> (von Doenhoff dan Abbott, 1959)	7
Gambar 2.3	<i>Multi-element</i> airfoil dan <i>circulation control</i> airfoil (Katz, 1995)	8
Gambar 2.4	Perbandingan nilai C_L terhadap <i>angle of attack</i> pada airfoil RAF 19 yang menggunakan jumlah <i>slots</i> yang berbeda (Smith, 1975)	9
Gambar 2.5	Efek penambahan <i>flaps</i> 90° pada <i>rear wing</i> mobil Indy 1987 terhadap nilai C_L dan C_D (Katz, 1995)	10
Gambar 3.1	Sisi tekanan rendah (<i>suction side</i>) dan tekanan tinggi pada airfoil (Katz, 1995)	11
Gambar 3.2	Tampak samping dari distribusi kecepatan pada plat datar (Katz, 1995)	13
Gambar 3.3	Fenomena <i>no-slip condition</i> pada dua plat parallel (Katz, 1995)	14
Gambar 3.4	<i>Boundary layer</i> pada permukaan kendaraan (Katz, 1995)	15
Gambar 3.5	Perbandingan nilai C_f terhadap <i>Reynold Numbers</i> (Katz, 1995)	16
Gambar 3.6	Silinder kecil dan airfoil yang lebih besar mempunyai <i>aerodynamic drag</i> yang sama (Katz, 1995)	17
Gambar 3.7	Aliran laminar, transisi, dan turbulen (Cengel, 2006)	19
Gambar 4.1	Grafik iklim di kota Shizuoka, Jepang	32
Gambar 4.2	Desain mobil Bimasakti generasi 5 tampak atas (a), dan tampak samping (b)	33
Gambar 4.3	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 4.4	Geometri <i>points</i> airfoil Eppler E423	39
Gambar 4.5	<i>Sketch</i> 2D airfoil Eppler E423	40
Gambar 4.6	<i>Inverted</i> airfoil Eppler E423	41

Gambar 4.7	Proyeksi <i>inverted one slot</i> airfoil	41
Gambar 4.8	<i>Sketch</i> 2D dari <i>inverted one slot</i> airfoil	42
Gambar 4.9	Proyeksi <i>inverted two slots</i> airfoil <i>three-elements</i>	42
Gambar 4.10	<i>Sketch</i> 2D <i>inverted two slots</i> airfoil <i>three-elements</i>	42
Gambar 4.11	<i>Flap</i> airfoil <i>two slots</i>	43
Gambar 4.12	Proyeksi <i>inverted two slots</i> airfoil <i>three-elements</i>	43
Gambar 4.13	Dimensi dan sketsa 2D penambahan <i>slat</i>	44
Gambar 4.14	Proyeksi <i>inverted two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> dan <i>slat</i>	44
Gambar 4.15	<i>Project schematic</i> dari ANSYS Workbench	45
Gambar 4.16	Dimensi <i>boundary conditions</i>	46
Gambar 4.17	<i>Boundary conditions</i> pada jendela Design Modeler	46
Gambar 4.18	Pengaturan <i>details of Boolean</i>	47
Gambar 4.19	Pengaturan <i>sizing details of mesh</i>	48
Gambar 4.20	<i>Detail properties</i> dari <i>body sizing</i>	49
Gambar 4.21	<i>Body sizing</i> pada jendela Meshing	49
Gambar 4.22	<i>Detail properties</i> dari <i>edze sizing</i>	50
Gambar 4.23	Tampilan <i>edze sizing</i> airfoil pada Meshing	50
Gambar 4.24	<i>Details properties</i> dari <i>inflation layers</i>	51
Gambar 4.25	Tampilan <i>inflation</i> pada Meshing	51
Gambar 4.26	<i>Inflation</i> pada <i>edge</i> airfoil	52
Gambar 4.27	<i>Detail properties mesh control method</i>	52
Gambar 4.28	Tampilan <i>all triangle method</i> pada Meshing	53
Gambar 4.29	Hasil <i>mesh</i> airfoil keseluruhan	53

Gambar 4.30	<i>Statistics nilai mesh</i>	54
Gambar 4.31	<i>Named selections edges. Inlet (a), Outlet (b), free (c), part 1 (d), dan part 2 (e).</i>	54
Gambar 4.32	Pengaturan <i>setup</i> pada <i>Fluen launcher</i>	54
Gambar 4.33	Pengaturan <i>smooth/swap mesh</i>	56
Gambar 4.34	Hasil geometri <i>check up</i>	57
Gambar 4.35	Hasil <i>mesh quality check up</i>	57
Gambar 4.36	Pemilihan jenis <i>material</i> .	59
Gambar 4.37	<i>Data reference values</i>	60
Gambar 4.38	Pengaturan <i>solution methods</i>	61
Gambar 4.39	<i>Lift monitor</i>	62
Gambar 4.40	<i>Drag monitor</i>	62
Gambar 4.41	Pengaturan <i>solution methods</i>	63
Gambar 4.42	Pengaturan <i>run calculation</i>	64
Gambar 4.43	<i>Details of symmetry 1, Pressure (a) dan velocity (b)</i>	65
Gambar 4.44	<i>Details of streamline</i>	65
Gambar 5.1	Konvergensi pada jendela ANSYS Fluent, grafik nilai <i>lift coefficient</i> (a), grafik <i>drag coefficient</i> (b), dan data nilai konvergen (c)	66
Gambar 5.2	<i>Frontal area inverted two slots</i> airfoil dengan penambahan <i>flap</i> dan <i>slat</i>	68
Gambar 5.3	Grafik perubahan C_L terhadap α pada airfoil tunggal	71
Gambar 5.4	Grafik perubahan C_D terhadap α pada airfoil tunggal	71
Gambar 5.5	<i>Streamline</i> pada airfoil tunggal $\alpha = 22^\circ$ (a), $\alpha = 24^\circ$ (b), $\alpha = 26^\circ$ (c), $\alpha = 28^\circ$ (d), dan $\alpha = 30^\circ$ (e)	72
Gambar 5.6	<i>Velocity contour</i> airfoil tunggal $\alpha = 22^\circ$	76

Gambar 5.7	<i>Pressure contour</i> airfoil tunggal $\alpha = 22^\circ$	77
Gambar 5.8	Grafik perubahan <i>negative lift</i> dan <i>drag coefficient</i> terhadap α pada <i>one slot</i> airfoil	78
Gambar 5.9	<i>Streamline</i> pada airfoil <i>one slot</i> airfoil $\alpha = 20^\circ$ (a), $\alpha = 18^\circ$ (b), $\alpha = 22^\circ$ (c), $\alpha = 24^\circ$ (d), $\alpha = 26^\circ$ (e).	79
Gambar 5.10	<i>Velocity contour</i> <i>one slot</i> airfoil $\alpha = 20^\circ$	83
Gambar 5.11	<i>Pressure contour</i> <i>one slot</i> airfoill $\alpha = 20^\circ$	84
Gambar 5.12	Grafik perubahan <i>negative lift</i> dan <i>drag coefficient</i> terhadap α pada <i>two slots</i> airfoil	86
Gambar 5.13	<i>Streamline</i> pada airfoil tunggal $\alpha = 28^\circ$ (a), $\alpha = 26^\circ$ (b), $\alpha = 30^\circ$ (c), $\alpha = 32^\circ$ (d), dan $\alpha = 34^\circ$ (e)	87
Gambar 5.14	<i>Velocity contour</i> <i>two slots</i> airfoil $\alpha = 28^\circ$	90
Gambar 5.15	<i>Pressure contour</i> <i>two slots</i> airfoil $\alpha = 28^\circ$	91
Gambar 5.16	Grafik perubahan <i>negative lift</i> dan <i>drag coefficient</i> terhadap α pada <i>two slot</i> airfoil dengan <i>flap</i>	93
Gambar 5.17	<i>Streamline</i> pada <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 26^\circ$ (a), $\alpha = 22^\circ$ (b), $\alpha = 24^\circ$ (c), $\alpha = 28^\circ$ (d), dan $\alpha = 30^\circ$ (e)	94
Gambar 5.18	<i>Velocity contour</i> <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 26^\circ$	97
Gambar 5.19	<i>Pressure contour</i> <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 26^\circ$	98
Gambar 5.20	Grafik perubahan <i>negative lift</i> dan <i>drag coefficient</i> terhadap α pada <i>two slot</i> airfoil dengan <i>flap</i>	100
Gambar 5.21	<i>Streamline</i> pada <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 18^\circ$ (a), $\alpha = 16^\circ$ (b), $\alpha = 20^\circ$ (c), $\alpha = 22^\circ$ (d), dan $\alpha = 24^\circ$ (e)	101
Gambar 5.22	<i>Velocity contour</i> pada <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 18^\circ$ (a)	105
Gambar 5.23	<i>Pressure contour</i> pada <i>two slots</i> airfoil dengan <i>flap</i> $\alpha = 18^\circ$ (a)	106

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Titik koordinat dari airfoil Eppler E423	31
Tabel 5.1	Tabel C_L dan C_D terhadap α pada airfoil tunggal	70
Tabel 5.2	Tabel C_L dan C_D terhadap α pada <i>one slot</i> airfoil	78
Tabel 5.3	Tabel C_L dan C_D terhadap α pada <i>two slots</i> airfoil	85
Tabel 5.4	Tabel C_L dan C_D terhadap α pada <i>two slot</i> airfoil dengan <i>flap</i>	92
Tabel 5.5	Tabel C_L dan C_D terhadap α pada <i>two slot</i> airfoil dengan <i>flap</i> dan <i>slat</i>	100
Tabel 5.6	Tabel perbandingan hasil perhitungan model airfoil	108

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

α	= <i>Angle of attack</i> ($^{\circ}$)
A	= <i>Frontal area</i> atau pada bidang automotif <i>frontal area</i> digunakan sebagai <i>reference area</i> (m^2)
A_1	= <i>Frontal area</i> pada elemen 1 (m^2)
A_2	= <i>Frontal area</i> pada elemen 2 (m^2)
A_3	= <i>Frontal area</i> pada elemen 3 (m^2)
CAD	= <i>Computer Aided Design</i>
C_D	= <i>Drag coefficient</i>
C_f	= <i>Skin-coefficient friction</i>
CFD	= <i>Computational Fluid Dynamics</i>
C_L	= <i>Lift coefficient</i>
D	= <i>Dragforce</i> (N)
JSAE	= Japan Society of Automotive Engineers
L	= <i>Lift force</i> jika bernilai positif, <i>downfoce</i> jika bernilai negatif (N)
L	= Panjang dari kendaraan, dimana L direpresentasikan sebagai panjang <i>chord</i> dari <i>wing</i> (m)
μ	= Viskositas dinamik (Ns/m^2)
P	= Tekanan dari fluida (Pa)
ΔP	= Selisih tekanan yang dihasilkan pada airfoil (Pa)
ρ	= Massa jenis fluida (kg/m^3)
Re	= <i>Reynolds Number</i>
Re_L	= <i>Reynolds Number</i> pada aliran eksternal
Re_{D_h}	= <i>Reynolds Number</i> pada aliran internal
SAE	= Society of Automotive Engineers
T	= Temperatur fluida (udara) ($^{\circ}C$)
τ	= Tegangan Geser (N/m^2)
v	= Kecepatan (m/s^2)
v_{∞}	= Kecepatan udara <i>free-stream</i> (m/s^2)