

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
INTISARI.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xxiii
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 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
A. Tinjauan Pustaka.....	5
B. Dasar Teori.....	11
2.1. Sejarah Perkembangan Aerodinamika.....	11
2.2. Prinsip Bernouilli.....	14
2.3. <i>Airfoil</i>	17
2.4. Sirkulasi Aliran dan Vortisitas.....	18
2.5. Separasi.....	20
2.6. Gaya dan Momen Aerodinamika.....	21
2.7. <i>Downwash dan Induced Drag</i>	25
2.8. <i>Airfoil Thickness Rasio</i>	28
2.9. Aspek Rasio.....	29

2.10. Wing Sweep.....	30
2.11. <i>Taper Ratio</i>	31
2.12. <i>Twist</i>	32
2.13. <i>Wing Incidence</i>	32
2.14. <i>Wing Tip</i>	33
2.15. Komputasi Numerik.....	33
2.15.1. Persamaan Atur.....	33
2.15.2. Persaman <i>Reynold Stress Method</i>	34
2.15.3. <i>Solver</i>	36
2.15.4. Kontrol Solusi.....	36
2.15.5. <i>Pressure-Velocity Coupling</i>	37
2.15.6. Kriteria Konvergensi.....	38
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 39
3.1. Alat dan Bahan.....	39
3.2. Langkah Penelitian.....	41
3.3. Data Input Fluent.....	48
3.4. Hipotesis.....	51
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 52
4.1. Hasil Simulasi.....	52
4.1.1. Pola Aliran pada airfoil di ujung sayap.....	53
4.1.2. Kontur Tekanan pada Airfoil.....	53
4.1.3. Kontur Vortisitas dengan potongan vertikal.....	95
4.1.4. Kontur Vortisitas dengan potongan vertikal.....	114
4.1.5. Kontur Distribusi lift pada potongan vertikal.....	133
4.1.6. Hasil C_L dan C_D pada sayap.....	151
4.1.7. Hasil <i>Ratio of Lift</i> sayap.....	156
4.2. Pembahasan Hasil.....	157
4.2.1. Pengaruh Wing Tip Vortex pada pola aliran airfoil di ujung sayap.....	157

4.2.2. Kontur Tekanan dan Vortisitas.....	160
4.2.3. Distribusi Tekanan pada potongan vertikal.....	160
 BAB V METODE KOMPUTASI.....	162
5.1. Persamaan Atur.....	162
5.2. Persamaan Transport Model Reynold Stress.....	163
5.3. Solver.....	168
5.4. Kontrol solusi.....	169
5.5. Pressure-Velocity Coupling.....	185
5.6. Criteria Konvergensi.....	186
 BAB VI PENUTUP.....	182
6.1. Kesimpulan.....	187
6.2. Saran.....	187
 DAFTAR PUSTAKA.....	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Model Pesawat Sig Kadet Airplane	6
Gambar 2.2 (a) Kontur Kecepatan, (b) Tekanan Dinamik pada 0 derajat sudut serang.	7
Gambar 2.3 (a) Kontur Tekanan Dinamik, (b) Kontur Kecepatan pada 8 derajat sudut serang.	8
Gambar 2.4 (a) Kontur Kecepatan, (b) Kontur Tekanan Dinamik, pada 0 derajat sudut serang.	9
Gambar 2.5 Grafik Koefisien <i>Lift</i> dan Sudut Serang.	10
Gambar 2.6 Perbandingan antara sudut serang dan koefisien <i>drag</i>	10
Gambar 2.7. Model aliran fluida oleh Issac Newton tahun 1987	13
Gambar 2.8. Terowongan angin Wright bersaudara	14
Gambar 2.9 Prinsip Bernaoulli	16
Gambar 2.10. Bagian-bagian <i>airfoil</i>	17
Gambar 2.11. Sirkulasi pada airfoil	18
Gambar 2.12 (a) kurva terbuka pada aliran potensial (b) kurva tertutup	19
Gambar 2.13. Lapis batas pada gradient tekanan	21
Gambar 2.11. Ilustrasi tekanan dan tegangan geser pada permukaan aerodinamika	22
Gambar 2.12. Resultan gaya dan momen	22
Gambar 2.13. Pembagian komponen gaya R	23
Gambar 2.14. Area <i>S</i> dan panjang <i>l</i> pada sayap pesawat	24
Gambar 2.15 Area <i>S</i> dan panjang <i>l</i> pada bola	25
Gambar 2.18 Efek <i>Downwash</i> pada aliran local yang mengalir melalui bagian <i>airfoil</i> dari sayap dengan panjang tertentu.	27
Gambar 2.22. <i>Vortex</i> pada sayap	28

Gambar 2.21. Pengaruh AR pada C_L .	30
Gambar 2.22 <i>Elliptical Wing</i> .	31
Gambar 2.23 Macam-macam Wing tip	33
Gambar 3.1. Pesawat Boeing 747- 400	39
Gambar 3.2. Pesawat Boeing 747- 400	40
Gambar 3.4	41
Gambar 3.5	42
Gambar 3.6. Sayap yang menggunakan <i>winglet</i>	42
Gambar 3.7. Bagian atas sayap	42
Gambar 3.8	43
Gambar 3.9. Petunjuk mengatur <i>Size Function</i>	44
Gambar 3.10. Hasil <i>mesh</i>	44
Gambar 3.11. <i>Boundary condition</i>	45
Gambar 3.12. Diagram alir simulasi numeric	50
Gambar 4.1 Sayap pesawat dalam 3 dimensi	52
Gambar 4.2. Pola Ailran pada airfoil kecil Conventional Wingtip pada kecepatan 82 m/s.	53
Gambar 4.3. Pola Ailran pada airfoil kecil Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	54
Gambar 4.4. Vektor kecepatan pada airfoil kecil Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	55
Gambar 4.5. Pola Ailran pada airfoil kecil Conventional Wingtip pada kecepatan 250 m/s.	56
Gambar 4.6. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 82 m/s.	57
Gambar 4.7. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	58

Gambar 4.8. Vektor kecepatan pada airfoil kecil	
Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	59
Gambar 4.9. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 250 m/s.	60
Gambar 4.10. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 82 m/s.	61
Gambar 4.11. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	62
Gambar 4.10. Vektor Kecepatan pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	63
Gambar 4.11. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 250 m/s.	64
Gambar 4.12. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 82 m/s.	65
Gambar 4.13. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	66
Gambar 4.14. Vektor kecepatan pada airfoil kecil	
Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	67
Gambar 4.15. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 250 m/s.	68
Gambar 4.16. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 82 m/s.	69
Gambar 4.17. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	70
Gambar 4.18. Vektro kecepatan pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 150 m/s.	71
Gambar 4.19. Pola Ailran pada airfoil kecil	
Conventional Wingtip pada kecepatan 250 m/s	72
Gambar 4.20. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 82 m/s.	73

Gambar 4.21. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	74
Gambar 4.22. Vektor kecepatan pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 150 m/s.	75
Gambar 4.23. Pola Ailran pada airfoil kecil Blended Winglet pada kecepatan 250 m/s.	76
Gambar 4.24. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 82 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	77
Gambar 4.25. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 82 m/s pada sayap Blended Winglet	78
Gambar 4.26. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 150 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	79
Gambar 4.27. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 150 m/s pada sayap Blended Winglet	80
Gambar 4.28. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 250 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	81
Gambar 4.29. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 250 m/s pada sayap Blended Winglet	82
Gambar 4.30. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 82 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	83
Gambar 4.31. Kontur Tekanan (Pascal) pada <i>airfoil</i> kecil dengan kecepatan 82 m/s pada sayap <i>Blended Winglet</i> .	84
Gambar 4.30. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 150 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	85
Gambar 4.31. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan kecepatan 150 m/s pada sayap Blended Winglet	86
Gambar 4.32. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	

kecepatan 250 m/s pada sayap Conventional Wingtip	87
Gambar 4.33. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 250 m/s pada sayap Blended Winglet	88
Gambar 4.34. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 82 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	89
Gambar 4.35. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 82 m/s pada sayap Blended Winglet	90
Gambar 4.36. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 150 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	91
Gambar 4.37. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 150 m/s pada sayap Blended Winglet	92
Gambar 4.38. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 250 m/s pada sayap Conventioanal Wingtip	93
Gambar 4.39. Kontur tekanan pada airfoil kecil dengan	
kecepatan 250 m/s pada sayap Blended Winglet	94
Gambar 4.40. Garis potongan vertikal pada sayap.	
Gambar 4.41. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	95
Gambar 4.42. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	96
Gambar 4.43. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	97
Gambar 4.44. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	98
Gambar 4.45. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s	99
Gambar 4.46. Kontur vortex pada sayap dengan	
winglet dengan kecepatan 250 m/s.	100
Gambar 4.47. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	101
Gambar 4.48. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	102

Gambar 4.49. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	103
Gambar 4.50. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	104
Gambar 4.51. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s.	105
Gambar 4.52. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 250 m/s.	106
Gambar 4.53. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	107
Gambar 4.54. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	108
Gambar 4.55. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	109
Gambar 4.56. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	110
Gambar 4.57. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s.	111
Gambar 4.58. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 250 m/s.	112
Gambar 4.59. Garis potong vertikal pada sayap	113
Gambar 4.60. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	114
Gambar 4.61. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	115
Gambar 4.62. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	116
Gambar 4.63. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	117
Gambar 4.64. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s.	118
Gambar 4.65. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 250 m/s.	119
Gambar 4.66. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	120
Gambar 4.67. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	121
Gambar 4.68. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	122
Gambar 4.69. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	123
Gambar 4.70. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s.	124
Gambar 4.71. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 250 m/s.	125
Gambar 4.72. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 82 m/s.	126
Gambar 4.73. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 82 m/s.	127

Gambar 4.74. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 150 m/s.	128
Gambar 4.75. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 150 m/s.	129
Gambar 4.76. Kontur vortex pada sayap konvensional dengan kecepatan 250 m/s.	130
Gambar 4.77. Kontur vortex pada sayap dengan winglet dengan kecepatan 250 m/s.	131
Gambar 4.78. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 82 m/s.	134
Gambar 4.79. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 82 m/s.	135
Gambar 4.80. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	136
Gambar 4.81. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	137
Gambar 4.82. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	138
Gambar 4.83. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	139
Gambar 4.84. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 82 m/s.	140
Gambar 4.85. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 82 m/s.	141
Gambar 4.86. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	142
Gambar 4.87. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	143
Gambar 4.88. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	144
Gambar 4.89. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	145
Gambar 4.90. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 82m/s.	146
Gambar 4.91. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 82 m/s	147

Gambar 4.92. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	148
Gambar 4.93. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 150 m/s.	149
Gambar 4.94. Gambar distribusi lift pada Conventional Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	150
Gambar 4.95. Gambar distribusi lift pada Blended Wingtip dengan kecepatan 250 m/s.	151
Gambar 4.96. Grafik Perbandingan koefisien lift pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	153
Gambar 4.97. Grafik Perbandingan koefisien lift pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	153
Gambar 4.98. Grafik Perbandingan koefisien lift pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	154
Gambar 4.99. Grafik Perbandingan koefisien drag pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	154
Gambar 4.100. Grafik Perbandingan koefisien drag pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	155
Gambar 4.101. Grafik Perbandingan koefisien drag pada Conventional Wingtip dan Blended Winglet	155
Gambar 4.102. Grafik L/D	156
Gambar 4.103. Grafik L/D	157
Gambar 4.104. Grafik L/D	157
Gambar 4.105. Macam-macam sirkulasi udara pada airfoil.	158
Gambar 4.106. Titik Stagnasi pada Airfoil Kecil.	159
Gambar 4.107. Arah vortex pada ujung sayap	159

Gambar 4.108. Perbedaan distribusi tekanan.	160
Gambar 4.109. Pengaruh wing tip vortex terhadap bagian tip sayap	161

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil percobaan	11
Tabel 4.1. Nilai kecepatan	55
Tabel 4.2. Nilai kecepatan	59
Tabel 4.3. Nilai kecepatan	63
Tabel 4.4. Nilai kecepatan	67
Tabel 4.5. Nilai kecepatan	71
Tabel 4.6. Nilai kecepatan	75
Tabel 4.7. Nilai vortisitas	98
Tabel 4.8. Nilai vortisitas	99
Tabel 4.8. Nilai vortisitas	104
Tabel 4.9. Nilai vortisitas	105
Tabel 4.10. Nilai vortisitas	110
Tabel 4.11. Nilai vortisitas	111
Tabel 4.12. Nilai vortisitas	117
Tabel 4.13. Nilai vortisitas	118
Tabel 4.14. Nilai vortisitas	123
Tabel 4.15. Nilai vortisitas	124
Tabel 4.15. Nilai vortisitas	129
Tabel 4.16. Nilai vortisitas	130
Tabel 4.17. Tabel Data Lift dan Drag pada sayap dengan kecepatan 82 m/s	133
Tabel 4.18. Tabel Data Lift dan Drag dari FLUENT pada sayap	133
Tabel 4.19. Perbandingan koefisien lift dan drag pada kecepatan 82 m/s	152
Tabel 4.20. Perbandingan koefisien lift dan drag pada 150 dan 250 m/s	152
Tabel 4.21. Tabel L/D sayap	156