

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xxii
INTISARI.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	5
I.2.1. Batasan Masalah .....	5
I.3. Tujuan Penelitian .....	5
I.4. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1. Metode Pengujian <i>Aerofoil</i> Pada Bilangan Reynolds Rendah .....	6
II.2. Analisis <i>Aerofoil</i> SG6043 Pada Bilangan Reynolds Rendah .....	10
II.3. Analisis Sirip Bionik Pada <i>Aerofoil</i> .....	19
II.4. Validasi Metode Komputasi Dinamika Fluida Terhadap Eksperimen Terowongan Angin.....	28
II.4.1. Validasi Secara Langsung .....	29
II.4.2. Validasi Dengan Data Sekunder.....	35
BAB III DASAR TEORI .....	49
III.1. Energi Angin dan Karakteristiknya.....	49
III.2. Turbin Angin dan Karakteristiknya .....	51
III.3. Turbin Angin Kecepatan Rendah.....	56
III.4. Teori Aerodinamika Pada <i>Aerofoil</i> .....	58
III.5. Desain <i>Aerofoil</i> NACA .....	61
III.5.1. <i>Aerofoil</i> 4-digit NACA.....	62



III.5.2. <i>Aerofoil</i> 5-digit NACA.....	63
III.5.3. <i>Aerofoil</i> Seri 1 NACA.....	64
III.5.4. <i>Aerofoil</i> Seri 6 NACA.....	64
III.5.5. <i>Aerofoil</i> Seri 7 NACA.....	65
III.5.6. <i>Aerofoil</i> Seri 8 NACA.....	66
III.6. <i>Aerofoil</i> Seri SG604x Untuk Turbin Angin Kecepatan Rendah.....	69
III.7. Pemilihan <i>Aerofoil</i> Untuk Turbin Angin.....	70
III.8. Efek Sirip Terhadap <i>Aerofoil</i> .....	71
III.9. Persamaan Navier-Stokes.....	72
III.10. Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS).....	75
III.11. Intensitas Turbulensi.....	80
III.12. Dinamika Fluida Komputasional.....	81
III.12.1. Identifikasi permasalahan.....	82
III.12.2. <i>Pre-processing</i> .....	83
III.12.3. Penyelesaian.....	85
III.12.4. <i>Post-processing</i> .....	86
III.13. Pemodelan Turbulensi Dekat Dinding.....	86
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN.....	89
IV.1. Perangkat Penelitian.....	89
IV.2. Tata Laksana Penelitian.....	89
IV.2.1. Studi literatur.....	89
IV.2.2. Pemodelan geometri <i>aerofoil</i> dan domain.....	91
IV.2.3. Pengujian konvergensi <i>mesh</i> .....	92
IV.2.4. Validasi terhadap data sekunder.....	94
IV.2.5. Pengumpulan data.....	95
IV.2.6. Pengolahan dan analisis data.....	96
IV.2.7. Penarikan kesimpulan.....	97
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	98
V.1. Hasil Uji Konvergensi <i>Mesh</i> .....	98
V.2. Validasi Hasil Numerik.....	100
V.3. Hasil Simulasi.....	105
V.4. Analisis Hasil Simulasi.....	114



V.4.1. Bilangan Reynolds 20.000 .....	114
V.4.2. Bilangan Reynolds 27.000 .....	119
V.4.3. Bilangan Reynolds 38.000 .....	124
V.4.4. Bilangan Reynolds 50.000 .....	131
V.4.5. Bilangan Reynolds 100.000 .....	137
V.4.6. Bilangan Reynolds 128.000 .....	143
V.4.7. Bilangan Reynolds 150.000 .....	149
V.4.8. Bilangan Reynolds 200.000 .....	155
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	162
VI.1. Kesimpulan .....	162
VI.2. Saran .....	162
LAMPIRAN .....	169
LAMPIRAN A DATA KOORDINAT <i>AEROFOIL</i> SG6043 .....	170
LAMPIRAN B HASIL PENELITIAN .....	171
LAMPIRAN C .....	179
LAMPIRAN D .....	188



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Urutan <i>aerofoil</i> dengan performa terbaik.....	15
Tabel 2.2. Rangkuman hasil validasi beberapa penelitian .....	45
Tabel 3.1. Klasifikasi energi angin .....	49
Tabel 3.2. Keuntungan dan kerugian tipe <i>aerofoil</i> NACA .....	67
Tabel 4.1. Daftar perangkat penelitian .....	89
Tabel 4.2. Konfigurasi pengujian konvergensi <i>mesh</i> .....	93
Tabel 4.3. Konfigurasi validasi data .....	95
Tabel 4.4. Konfigurasi simulasi .....	95
Tabel 5.1. Hasil validasi data numerik $C_L$ pada nilai Reynolds 150.000.....	101
Tabel 5.2. Hasil validasi data numerik $C_D$ pada nilai Reynolds 150.000 .....	102
Tabel 5.3. Hasil validasi data numerik Reynolds 38.000.....	103
Tabel 5.4. Rangkuman data hasil simulasi pada berbagai nilai Reynolds .....	161
Tabel 5.3. Rangkuman analisis peningkatan performa <i>aerofoil</i> bersirip .....	161



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Grafik pertumbuhan pembangkitan listrik energi bayu .....	1
Gambar 1.2.	Peta kecepatan angin di Indonesia ketinggian 50 M.....	2
Gambar 2.1.	Model terowongan angin kecepatan rendah Penn State University .....	6
Gambar 2.2.	Model terowongan angin kecepatan rendah University of Michigan.....	7
Gambar 2.3.	Grafik nilai koefisien angkat hasil pengujian <i>aerofoil</i> BC2125.....	7
Gambar 2.4.	Grafik nilai koefisien hambat hasil pengujian pada nilai Reynolds 60.000 .....	8
Gambar 2.5.	Model terowongan angin kecepatan rendah University of Illinois at Urbana-Champaign .....	9
Gambar 2.6.	Grafik nilai koefisien angkat dan koefisien hambat hasil pengujian pada <i>aerofoil</i> S1210.....	9
Gambar 2.7.	Grafik $L/D$ vs. nilai $C_L$ pada beragam <i>aerofoil</i> untuk turbin angin pada nilai Reynolds 300.000 .....	10
Gambar 2.8.	Grafik koefisien gaya angkat terhadap vs. sudut serang pada beragam nilai Reynolds secara eksperimen .....	11
Gambar 2.9.	Distribusi tekanan pada permukaan <i>aerofoil</i> pada sudut serang $\alpha = 0^\circ$ .....	12
Gambar 2.10.	Distribusi tekanan pada permukaan <i>aerofoil</i> pada sudut serang $\alpha = 6^\circ$ .....	12
Gambar 2.11.	Distribusi tekanan pada permukaan <i>aerofoil</i> pada sudut serang $\alpha = 10^\circ$ .....	13
Gambar 2.12.	Distribusi tekanan pada permukaan <i>aerofoil</i> pada sudut serang $\alpha = 15^\circ$ .....	13
Gambar 2.13.	Distribusi tekanan pada permukaan <i>aerofoil</i> pada sudut serang $\alpha = 22^\circ$ .....	14



Gambar 2.14. Grafik koefisien gaya angkat terhadap vs. sudut serang pada beragam nilai Reynolds menurut prediksi XFOIL .....	14
Gambar 2.15. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada nilai Reynolds 50.000 .....	16
Gambar 2.16. Grafik $L/D$ vs. sudut serang pada nilai Reynolds 50.000.....	16
Gambar 2.17. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada nilai Reynolds 100.000 sebagai perbandingan dengan eksperimen .....	17
Gambar 2.18. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada berbagai nilai Reynolds.....	18
Gambar 2.19. Grafik koefisien gaya hambat vs. sudut serang pada berbagai nilai Reynolds.....	18
Gambar 2.20. Grafik koefisien tekanan vs. posisi <i>chord</i> sebagai pembanding antara hasil numerik dan eksperimental .....	19
Gambar 2.21. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada XFOIL.....	20
Gambar 2.22. Grafik koefisien gaya hambat vs. sudut serang pada XFOIL .....	21
Gambar 2.23. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada eksperimen..	21
Gambar 2.24. Grafik koefisien gaya hambat vs. sudut serang pada eksperimen.	22
Gambar 2.25. Grafik koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada CFD dan eksperimen.....	23
Gambar 2.26. Grafik perbedaan koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada CFD dengan sirip.....	23
Gambar 2.27. Grafik perbedaan koefisien gaya hambat vs. sudut serang pada CFD dengan sirip.....	24
Gambar 2.28. Perbedaan aliran <i>aerofoil</i> tanpa sirip (a) dan dengan sirip (b).....	24
Gambar 2.29. Perbedaan distribusi tekanan $C_p$ <i>aerofoil</i> tanpa sirip (a) dan dengan sirip (b).....	25
Gambar 2.30. Grafik perbandingan koefisien gaya angkat vs. sudut serang .....	26
Gambar 2.31. Grafik perbandingan koefisien gaya hambat vs. sudut serang.....	26
Gambar 2.32. Grafik perbandingan koefisien gaya angkat vs. sudut serang pada hasil CFD dengan konfigurasi sirip .....	27



Gambar 2.33. Grafik perbandingan koefisien gaya hambat vs. sudut serang pada hasil CFD dengan konfigurasi sirip .....	27
Gambar 2.34. Grafik perbedaan distribusi tekanan $C_p$ <i>aerofoil</i> .....	28
Gambar 2.35. Grafik kecepatan udara pada <i>aerofoil</i> terhadap kecepatan udara normal.....	28
Gambar 2.36. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	30
Gambar 2.37. Grafik perbandingan $C_L$ <i>aerofoil</i> AH 93-W-174.....	31
Gambar 2.38. Grafik perbandingan $C_L$ <i>aerofoil</i> DU 97-W-300.....	31
Gambar 2.39. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	32
Gambar 2.40. Grafik perbandingan $C_D$ eksperimen dengan simulasi.....	33
Gambar 2.41. Topologi <i>mesh</i> oleh Chougule dan Nielsen.....	33
Gambar 2.42. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	34
Gambar 2.43. Grafik perbandingan $C_D$ eksperimen dengan simulasi.....	35
Gambar 2.44. Topologi <i>mesh</i> oleh Merryisha dan Rajendran .....	36
Gambar 2.45. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	37
Gambar 2.46. Topologi <i>mesh</i> oleh Bangsa et al .....	38
Gambar 2.47. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	39
Gambar 2.48. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	39
Gambar 2.49. Topologi <i>mesh</i> oleh Zhang et al .....	40
Gambar 2.50. Grafik perbandingan $L/D$ eksperimen dengan simulasi .....	41
Gambar 2.51. Grafik perbandingan $C_D$ eksperimen dengan simulasi.....	41
Gambar 2.52. Topologi <i>mesh</i> oleh Shelil dan Almehmadi .....	42
Gambar 2.53. Topologi <i>mesh</i> sekitar <i>aerofoil</i> oleh Shelil dan Almehmadi.....	42
Gambar 2.54. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	43
Gambar 2.55. Grafik perbandingan $C_D$ eksperimen dengan simulasi.....	43
Gambar 2.56. Topologi <i>mesh</i> oleh Sayed, Kandil, dan Morgan .....	44
Gambar 2.57. Topologi <i>mesh</i> sekitar <i>aerofoil</i> oleh Sayed, Kandil, dan Morgan..	44
Gambar 2.58. Grafik perbandingan $C_L$ eksperimen dengan simulasi .....	45
Gambar 2.59. Grafik perbandingan $C_D$ eksperimen dengan simulasi.....	45
Gambar 3.1. Tampak depan rotor turbin .....	52
Gambar 3.2. Tampak samping bilah rotor .....	53



Gambar 3.3. Pemodelan sederhana turbin angin sebagai cakram permeabel .....	53
Gambar 3.4. Garis terputus sebagai batas kontrol volume yang menutup aliran untuk mengetahui relasi antara gaya dorong dan aliran awal .....	55
Gambar 3.5. Grafik menunjukkan nilai $C_P$ dan $C_T$ .....	56
Gambar 3.6. Ilustrasi turbin angin kecepatan rendah .....	57
Gambar 3.7. Geometri pada <i>aerofoil</i> .....	58
Gambar 3.8. Gaya yang muncul pada <i>aerofoil</i> .....	59
Gambar 3.9. Interpretasi sistem penamaan 4-digit NACA .....	62
Gambar 3.10. Interpretasi sistem penamaan 5-digit NACA .....	63
Gambar 3.11. Interpretasi sistem penamaan Seri 1 NACA .....	64
Gambar 3.12. Interpretasi sistem penamaan Seri 6 NACA .....	65
Gambar 3.13. Interpretasi sistem penamaan Seri 7 NACA .....	66
Gambar 3.14. Perbandingan $C_L$ <i>aerofoil</i> NACA .....	68
Gambar 3.15. Perbandingan $L/D$ <i>aerofoil</i> NACA .....	68
Gambar 3.16. Geometri <i>aerofoil</i> SG604x .....	69
Gambar 3.17. Perbandingan nilai $L/D$ berbagai <i>aerofoil</i> .....	70
Gambar 3.18. <i>Aerofoil</i> dengan sirip bionik pada bagian <i>trailing-edge</i> .....	71
Gambar 3.19. Aliran turbulen stasioner .....	76
Gambar 3.20. Diagram penyelesaian simulasi CFD .....	82
Gambar 3.21. Berbagai bentuk <i>cell</i> .....	84
Gambar 3.22. Bentuk <i>cell</i> hibrida .....	85
Gambar 3.23. Perubahan kecepatan fluida terhadap jarak fluida ke dinding .....	86
Gambar 3.24. Profil kecepatan pada daerah dinding .....	87
Gambar 4.1. Diagram alir alur pelaksanaan penelitian .....	90
Gambar 4.2. Geometri SG6043 bersih .....	91
Gambar 4.3. Geometri SG6043 dengan sirip .....	91
Gambar 4.4. Geometri <i>mesh</i> .....	92
Gambar 5.1. Grafik lokasi titik separasi untuk setiap jumlah <i>mesh</i> .....	98
Gambar 5.2. Susunan <i>mesh</i> pada validasi data numerik .....	99
Gambar 5.3. Grafik nilai $Y^+$ pada permukaan <i>aerofoil</i> .....	100
Gambar 5.4. Grafik kesesuaian data numerik $C_L$ pada nilai Reynolds 150.000	103



Gambar 5.5. Grafik kesesuaian data numerik $C_D$ pada nilai Reynolds 150.000	104
Gambar 5.6. Grafik kesesuaian data numerik $C_L$ pada nilai Reynolds 38.000 ..	104
Gambar 5.7. Grafik kesesuaian data numerik $C_D$ pada nilai Reynolds 38.000 .	105
Gambar 5.8. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersih....	106
Gambar 5.9. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersih....	107
Gambar 5.10. Grafik hasil simulasi nilai $L/D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersih....	107
Gambar 5.11. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersirip .	108
Gambar 5.12. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersirip .	108
Gambar 5.13. Grafik hasil simulasi nilai $L/D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 hingga 200.000 untuk kasus <i>aerofoil</i> bersirip .	109
Gambar 5.14. Grafik hasil simulasi nilai $L/D$ maksimum terhadap variasi nilai Reynolds .....	110
Gambar 5.15. Grafik hasil simulasi nilai $C_{L,bersirip} - C_{L,bersih}$ terhadap variasi sudut serang .....	111
Gambar 5.16. Grafik hasil simulasi nilai $C_{D,bersirip} - C_{D,bersih}$ terhadap variasi sudut serang .....	111
Gambar 5.17. Grafik hasil simulasi nilai $C_{D,bersirip} - C_{D,bersih}$ terhadap variasi sudut serang dari 0 hingga 13 derajat .....	112
Gambar 5.18. Grafik hasil simulasi nilai $L/D_{bersirip} - L/D_{bersih}$ terhadap variasi sudut serang .....	112
Gambar 5.19. Grafik hasil simulasi nilai $L/D_{bersirip} - L/D_{bersih}$ terhadap variasi sudut serang 4 hingga 14 derajat .....	113
Gambar 5.20. Grafik hasil simulasi kenaikan nilai $L/D$ terhadap variasi nilai Reynolds .....	114
Gambar 5.21. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 .....	115



Gambar 5.22. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 .....	116
Gambar 5.23. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 .....	116
Gambar 5.24. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 20.000 .....	117
Gambar 5.25. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 20.000 .....	117
Gambar 5.26. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $4^\circ$ dan nilai Reynolds 20.000 .....	119
Gambar 5.27. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 27.000 .....	120
Gambar 5.28. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 27.000 .....	121
Gambar 5.29. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 27.000 .....	121
Gambar 5.30. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 27.000 .....	122
Gambar 5.31. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 27.000 .....	123
Gambar 5.32. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $4^\circ$ dan nilai Reynolds 27.000 .....	124
Gambar 5.33. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 38.000 .....	126
Gambar 5.34. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 38.000 .....	126
Gambar 5.35. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut $0^\circ$ hingga $12^\circ$ dan bilangan Reynolds 38.000 .....	127
Gambar 5.36. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 38.000 .....	127



Gambar 5.37. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 38.000 .....	128
Gambar 5.38. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 38.000 .....	129
Gambar 5.39. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $8^\circ$ dan nilai Reynolds 38.000 .....	130
Gambar 5.40. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 50.000 .....	132
Gambar 5.41. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 50.000 .....	132
Gambar 5.42. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut $0^\circ$ hingga $12^\circ$ dan bilangan Reynolds 50.000 .....	133
Gambar 5.43. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 50.000 .....	133
Gambar 5.44. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 50.000 .....	135
Gambar 5.45. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 50.000 .....	135
Gambar 5.46. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $8^\circ$ dan nilai Reynolds 50.000 .....	136
Gambar 5.47. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 100.000 .....	138
Gambar 5.48. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 100.000 .....	138
Gambar 5.49. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut $0^\circ$ hingga $12^\circ$ dan bilangan Reynolds 100.000 .....	139
Gambar 5.50. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 100.000 .....	139
Gambar 5.51. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 100.000 .....	140



Gambar 5.52. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 100.000 .....	141
Gambar 5.53. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut 10° dan nilai Reynolds 100.000 .....	142
Gambar 5.54. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 128.000 .....	144
Gambar 5.55. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 128.000 .....	144
Gambar 5.56. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut 0° hingga 14° dan bilangan Reynolds 128.000 .....	145
Gambar 5.57. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 128.000 .....	145
Gambar 5.58. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 128.000 .....	146
Gambar 5.59. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 128.000 .....	147
Gambar 5.60. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut 10° dan nilai Reynolds 128.000 .....	148
Gambar 5.61. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 150.000 .....	150
Gambar 5.62. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 150.000 .....	150
Gambar 5.63. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut 0° hingga 12° dan bilangan Reynolds 150.000 .....	151
Gambar 5.64. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 150.000 .....	151
Gambar 5.65. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 150.000 .....	151
Gambar 5.66. Perbandingan aliran udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut 11° dan nilai Reynolds 150.000 .....	153



Gambar 5.67. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $11^\circ$ dan nilai Reynolds 150.000 .....	155
Gambar 5.68. Grafik hasil simulasi nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 200.000 .....	156
Gambar 5.69. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 200.000 .....	156
Gambar 5.70. Grafik hasil simulasi nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada sudut $0^\circ$ hingga $12^\circ$ dan bilangan Reynolds 200.000 .....	157
Gambar 5.71. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_L$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 200.000 .....	157
Gambar 5.72. Grafik hasil simulasi perubahan nilai $C_D$ terhadap variasi $\alpha$ pada bilangan Reynolds 200.000 .....	158
Gambar 5.73. Perbandingan <i>wall shear stress</i> pada dinding atas <i>aerofoil</i> pada nilai Reynolds 200.000 .....	159
Gambar 5.74. Perbandingan aliran vektor udara di sekitar <i>aerofoil</i> pada sudut $11^\circ$ dan nilai Reynolds 200.000 .....	160

