

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	xviii
INTISARI	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Batasan Penelitian	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pengaruh Bilangan Reynolds dan Mach terhadap Perpindahan Kalor pada <i>Airfoil heat exchanger</i>	9
2.2 Penelitian terkait <i>Intercooler</i> dan <i>Recuperator</i> Model <i>Airfoil Heat Exchanger</i> pada Turbofan	11
BAB III DASAR TEORI	15
3.1 <i>Turbofan</i>	15
3.2 Compressible flow	17
3.2.1 Kecepatan Suara pada Aliran Compressible	18

3.2.2 Temperatur Total pada Compressible Flow	20
3.2.3 Tekanan Total pada Compressible Flow	21
3.3 Perpindahan Kalor	21
3.3.1 Perpindahan Kalor Konveksi	22
3.3.1.1 Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi	24
3.3.1.2 Bilangan Nusselt	24
3.3.2 Lapis batas termal	26
3.3.3 Lapis Batas Kecepatan	27
3.4 Separasi Lapis Batas	29
3.5 Diffusing Compressor <i>Cascade</i>	30
3.6 <i>Airfoil heat exchanger</i>	32
3.7 Aerodinamika pada <i>Airfoil</i>	33
3.8 Aliran Laminar, Transisi dan Turbulen pada Sudu	36
3.9 Limiting <i>Streamlines</i>	37
3.10 <i>Computational Fluid Dynamics</i> dan <i>Finite Volume Method</i>	38
3.11 Persamaan Konservasi	38
3.12 Reynolds <i>Average Navier-Stokes</i>	40
3.13 Model Turbulen <i>Transition SST</i> (Shear Stress Transport)	41
BAB IV METODE PENELITIAN	42
4.1 Alat dan Bahan Penelitian	42
4.1.1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	44
4.1.1.1 Studi Pustaka	44
4.1.1.2 Pembuatan Model Geometri	44
4.1.1.3 Pembuatan Domain Komputasi	45
4.1.1.4 <i>Fluid Simulation Discretization</i>	45
4.1.1.5 <i>Element Checking</i>	46
4.1.1.6 <i>CFD Processing</i>	47
4.1.1.7 <i>Post-processing</i>	47
4.1.1.8 Pengolahan Data Simulasi	48
4.1.1.9 Penulisan Hasil	48
4.1.1.10 Selesai	48

4.2 Variabel Bebas	49
4.3 <i>Design of Experiment</i>	49
4.4 Variabel Terikat	50
4.5 Variabel Kontrol	50
4.6 Simulasi CFD	50
4.6.1 Pembuatan Geometri dan Fluida Domain	50
4.6.2 Tahap Komputasi	52
4.6.2.1 Import Model Geometri	52
4.6.2.2 Pendefinisian Kondisi Batas	52
4.6.2.3 <i>Blocking</i> dan <i>Meshing (Griding)</i>	55
4.6.2.4 Proses Komputasi dan <i>Grid Independency Test</i>	57
4.6.3 Post Processing dan Pengolahan Data	59
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Hasil Iterasi dari Kalkulasi pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	60
5.1.1 Verifikasi Tambahan untuk Menghasilkan Data yang <i>Accepted</i>	61
5.1.1.1 Residual Grafik Iterasi	62
5.1.1.2 <i>Balance</i> pada Massa dan Energi	63
5.2 Distribusi Temperatur di Permukaan <i>Airfoil heat exchanger</i>	67
5.2.1 Grafik distribusi temperatue pada Permukaan <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	67
5.2.2 Kontour Temperatur pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	68
5.3 Hasil Penelitian dengan Variasi Bilangan Reynolds dan Mach	69
5.3.1 Perbandingan Distribusi Temperatur pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i> dengan Variasi Bilangan Mach, dan Re Konstan	69
5.3.2 Perbandingan Distribusi Temperatur pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i> dengan Variasi Bilangan Reynolds, dan Mach Konstan	71
5.3.3 Perbandingan nilai <i>Heat flux</i> pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i> dengan Variasi Bilangan Mach, dan Re Konstan	74
5.4 Pengaruh Bilangan Mach dan Reynolds terhadap Perpindahan Kalor	75
5.4.1 Pengaruh Bilangan Mach terhadap Bilangan Nusselt	75
5.4.2 Pengaruh Bilangan Reynolds dan Mach terhadap Bilangan	

Nusselt	77
5.4.2.1 Reynolds Korelasi antara bilangan dengan Nusselt	77
5.4.2.2 Korelasi antara bilangan Mach dengan Nusselt	82
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	86
6.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Sistem <i>airfoil heat exchanger</i>	4
Gambar 1.2	Tiga <i>cascade</i> NACA 65-12 (10)	6
Gambar 2.1	Grafik korelasi bilangan Reynolds, Nusselt, dan Mach	10
Gambar 2.2	Rata-rata bilangan Nusselt dan Reynolds	11
Gambar 2.3	Konsep <i>intercooler</i> pada <i>turbofan</i>	13
Gambar 2.4	h-S Diagram untuk variasi <i>turbofan</i>	14
Gambar 2.5	P-v Diagram dan T-s Diagram	14
Gambar 2.6	Inovasi ICR <i>turbofan</i> terbaru	15
Gambar 3.1	Penampang umum dari <i>turbofan</i>	15
Gambar 3.2	Efisiensi propulsive dari turbo jet, <i>turbofan</i> dan turbo prop	16
Gambar 3.3	Skema mesin <i>turbofan</i>	17
Gambar 3.4	Aliran pada nozzle dan grafik subsonic-supersonic	19
Gambar 3.5	Konduksi, konveksi, dan radiasi pada perpindahan kalor	22
Gambar 3.6	Proses perpindahan kalor konveksi	23
Gambar 3.7	Lapis batas termal	26
Gambar 3.8	Lapis batas kecepatan	28
Gambar 3.9	Skema lapis batas pada <i>favourable</i> dan <i>adverse pressure gradient</i>	30
Gambar 3.10	<i>Accelerating turbin cascade</i> pada turbin gas	31
Gambar 3.11	<i>Diffusing compressor cascade</i> pada turbin gas	31
Gambar 3.12	Loop <i>airfoil heat exchanger</i>	32
Gambar 3.13	Struktur <i>airfoil</i>	34
Gambar 3.14	Streamline dan titik stagnasi pada <i>airfoil</i>	34
Gambar 3.15	Definisi gaya <i>lift</i> dan <i>drag</i>	35
Gambar 3.16	Skema aliran laminar, transisi, dan turbulen penuh pada sudu	36
Gambar 3.17	<i>Limiting streamlines</i> dekat garis reparasi 3-dimensi	37
Gambar 3.18	Pendekatan <i>finite control volume</i>	38
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian	45

Gambar 4.2	Penampang <i>set up</i> pada Ansys Fluent	46
Gambar 4.3	Dimensi dari <i>airfoil heat exchanger</i> NACA 65-(12)-10	51
Gambar 4.4	Hasil import geometri dari Autodesk Inventor ke Ansys Fluent	51
Gambar 4.5	Sisi yang mendefinisikan inlet	53
Gambar 4.6	Sisi yang mendefinisikan outlet	53
Gambar 4.7	Sisi yang mendefinisikan <i>periodical wall</i>	54
Gambar 4.8	Sisi yang mendefinisikan <i>convective wall</i>	55
Gambar 4.9	Domain dari <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	55
Gambar 4.10	Penampang meshing dari <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	55
Gambar 4.11	Grafik residual iterasi	58
Gambar 4.12	Grafik residual gaya pada <i>airfoil</i>	59
Gambar 5.1	Grafik residual iterasi pada aliran compressible	60
Gambar 5.2	Nilai residual pada grafik iterasi gambar 5.1	61
Gambar 5.3	Nilai konvergen pada residual iterasi	61
Gambar 5.4	Grafik residual iterasi pada 0,7 Ma dengan 1164872 Re	62
Gambar 5.5	Grafik residual iterasi pada 0,7 Ma dengan 27386692 Re	62
Gambar 5.6	Grafik residual iterasi pada 0,7 Ma dengan 582436 Re	63
Gambar 5.7	Grafik residual iterasi pada 0,7 Ma dengan 2329744 Re	63
Gambar 5.8	Hasil perhitungan <i>balance</i> massa pada 582436	64
Gambar 5.9	Hasil perhitungan <i>balance</i> massa pada 1164872 Re	64
Gambar 5.10	Hasil perhitungan energi <i>balance</i> pada 1164872 Re	65
Gambar 5.11	Grafik residual gaya drag pada <i>airfoil</i>	66
Gambar 5.12	Distribusi temperatur pada permukaan <i>airfoil heat exchanger</i>	67
Gambar 5.13	Kontur temperatur representasi dari grafik distribusi temperatur pada <i>airfoil heat exchanger</i>	68
Gambar 5.14	Perbandingan Distribusi Temperatur pada <i>Airfoil Heat Exchanger</i>	69
Gambar 5.15	Perbandingan kontur temperatur pada <i>airfoil heat exchanger</i> dengan variasi bilangan Mach, dan bilangan Reynolds konstan	71
Gambar 5.16	Perbandingan Distribusi Temperatur pada <i>Airfoil heat exchanger</i> dengan Variasi Bilangan Reynolds, dan Bilangan Mach konstan	72
Gambar 5.17	Perbandingan kontur temperatur pada <i>airfoil heat exchanger</i>	73

Gambar 5.18 Perbandingan distribusi nilai <i>heat flux</i> pada <i>airfoil heat exchanger</i>	74
Gambar 5.19 Grafik perbandingan Mach dengan Nusselt antara penelitian (Ito, 2015) dengan penelitian terbaru	79
Gambar 5.20 Grafik korelasi antara bilangan Mach dengan bilangan Nusselt pada temperatur 330K	81
Gambar 5.21 Grafik korelasi antara bilangan Mach dengan bilangan Nusselt pada temperatur 340K	81
Gambar 5.22 Grafik perbandingan bilangan Reynolds dengan Nusselt antara penelitian Ito (2015) dengan penelitian terbaru	83
Gambar 5.23 Grafik korelasi antara bilangan Reynolds dengan bilangan Nusselt pada temperatur 330K	85
Gambar 5.24 Grafik korelasi antara bilangan Reynolds dengan bilangan Nusselt pada temperatur 340K	85

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Separasi kerja <i>airfoil heat exchanger</i>	33
Tabel 4.1	Spesifikasi perangkat	42
Tabel 4.2	Design of experiment	49
Tabel 4.3	Rangkuman pengaturan CFD	57
Tabel 5.1	Representasi temperatur rata-rata pada gambar 5.14	70
Tabel 5.2	Representasi temperatur rata-rata pada gambar 5.16	73
Tabel 5.3	Representasi <i>surface heat flux</i> pada gambar 5.17	75
Tabel 5.4	Bilangan Mach terhadap Reynolds	77
Tabel 5.5	Korelasi antara Bilangan Ma dengan Nu	78
Tabel 5.6	Tabel fungsi korelasi bilangan Mach dengan Nusselt pada temperature 330K	81
Tabel 5.7	Tabel fungsi korelasi bilangan Mach dengan Nusselt pada temperature 340K	81
Tabel 5.8	Korelasi antara Bilangan Re dengan Nu	82
Tabel 5.9	Tabel fungsi korelasi bilangan Reynolds dengan Nusselt pada temperature 330K	85
Tabel 5.10	Tabel fungsi korelasi bilangan Mach dengan Nusselt pada temperature 340K	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	90
Lampiran 1. Kontur pada permukaan <i>airfoil heat exchanger</i>	90