

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRACT.....	xxi
INTISARI.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. BATASAN MASALAH.....	3
1.4. TUJUAN PENELITIAN	4
1.5. MANFAAT PENELITIAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1. Konsep Dasar Rudal.....	15
3.1.1. komponen utama rudal.....	15
3.1.2. Sistem Navigasi Rudal.....	16
3.1.3. <i>Terrain Contour Matcing</i>	17
3.1.4. Penggerak Rudal	17
3.2. Konsep Dasar Mekanika Fluida	19
3.2.1. Streamline	20
3.2.2. Distribusi Kecepatan.....	20
3.2.3. <i>No-Slip Condition</i>	20



3.2.4.	<i>Boundary Layer</i>	21
3.2.5.	Aliran Laminar, Transisi, dan Turbulen	22
3.2.6.	<i>Reynold Number</i>	22
3.3.	<i>Airfoil</i>	23
3.3.1.	<i>Airfoil Lift</i> dan <i>Drag</i>	24
3.3.2.	<i>Airfoil Thichness Ratio</i>	26
3.4.	<i>Geometri Sayap Pesawat</i>	27
3.4.1.	Luasan Sayap (S)	27
3.4.2.	Aspek Rasio (AR).....	28
3.4.3.	<i>Wing Swept</i>	29
3.4.4.	Taper Ratio	30
3.4.5.	<i>Wing Incidence</i>	32
3.5.	Berat pada Pesawat Terbang	32
3.5.1.	Prhitungan Berat Bahan Bakar	32
3.5.2.	Perhitungan Berat Take-off dan Berat Kosong.....	35
3.6.	<i>Wing Loading</i> dan <i>Power Loading</i>	37
3.6.1.	<i>Stall Speed</i>	37
3.6.2.	<i>Climb</i>	38
3.6.3.	<i>Cruise</i>	39
3.6.4.	<i>Landing</i>	39
3.7.	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i> dengan Ansys Fluent R18.0.....	39
3.7.1.	Geometri	40
3.7.2.	<i>Meshing</i>	40
3.7.3.	Komputasi Numerik.....	41
3.7.3.1.	Persamaan Kekekalan Massa	41
3.7.3.2.	Persamaan kekekalan momentum	41
3.7.4.	Model Viskos.....	42
3.7.4.1.	Model RNG k-epsilon	43
3.7.4.2.	Model realizable k-epsilon	43
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		45
4.1.	Perancangan Rudal <i>Cruise</i> Propeler.....	45
4.2.	Materi dan Alat Penelitian	45
4.2.1.	Alat Penelitian.....	45



4.2.2.	Materi penelitian	46
4.3.	Diagram Alir Penelitian.....	47
4.3.1.	Studi Literatur	48
4.3.2.	<i>Design Requirement</i>	48
4.3.3.	<i>Preliminary Design</i>	49
4.3.4.	Desain 3D	49
4.3.5.	Pembuatan Geometri Rudal	49
4.3.6.	Pembuatan <i>Mesh</i>	49
4.3.7.	Simulasi Aerodinamika Rudal	49
4.4.	Langkah Pembuatan Model CAD pada Solid Work 2016	50
4.4.1.	Pembuatan Geometri <i>Fuselage</i> rudal.....	50
4.4.2.	Pembuatan Sayap	51
4.4.3.	Pembuatan <i>Tail</i>	54
4.5.	Simulasi Ansys 18.0.....	56
4.5.1.	Pembuatan Geometri.....	56
4.5.2.	Pembuatan <i>Mesh</i>	58
4.5.3.	<i>Setup and Solution</i>	60
4.5.3.1.	Models	61
4.5.3.2.	Material	62
4.5.3.3.	<i>Boundary Conditions</i>	62
4.5.3.4.	<i>Solution Methods</i>	63
4.5.3.5.	<i>Monitors</i>	63
4.5.3.6.	<i>Solution Initialization</i>	64
4.5.3.7.	<i>Run Calculation</i>	65
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	66
5.1.	Perencanaan berat Rudal	66
5.1.1.	Perencanaan berat bahan bakar rudal.....	66
5.1.2.	Perencanaan berat <i>Payload</i>	68
5.1.3.	Perencanaan berat <i>Take-off</i> (WTO) dan berat kosong (WE).....	68
5.2.	Penentuan titik desain	75
5.2.1.	<i>Cruise speed sizing</i>	75
5.2.2.	<i>Stall speed sizing</i>	77
5.2.3.	Penentuan <i>wing loading</i> dan <i>power loading</i>	78



5.3.	Penentuan kebutuhan Daya <i>engine</i> rudal	78
5.4.	Perancangan sayap	79
5.4.1.	Luas sayap.....	79
5.4.2.	Bentang sayap	79
5.5.	Perancangan <i>Empennage</i>	79
5.5.1.	Luas <i>V-Tail</i>	79
5.5.2.	Bentang <i>Tail</i>	80
5.5.3.	<i>Tail Root Chord</i> dan <i>Tip Root Chord</i>	80
5.7.	Simulasi Aerodinamis	82
5.7.1.	Konvergensi	82
5.7.2.	Data <i>Lift Coefficient</i> dan <i>Drag Coefficient</i> yang Dihasilkan	84
5.7.3.	Perhitungan Nilai <i>Lift Forcr</i> dan <i>Drag Force</i>	84
5.7.4.	<i>Contour</i>	90
5.7.4.1.	<i>Pressure Contour</i> pada Rudal	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		92
6.1.	Kesimpulan	92
6.2.	Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN.....		96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. ECEF (Earth Centered Earth Fixed) coordinate system.....	6
Gambar 2. Rudal R-36 milik rusia saat fase Boost	7
Gambar 3. Konfigurasi rudal jelajah LAPAN.....	9
Gambar 4 Petir V-101 (PT. Sari Bahari).....	11
Gambar 5 Edro ALAS.....	12
Gambar 6 FOG-MPM	12
Gambar 7 Spike NLOS	13
Gambar 8. BGM-109 Tomahawk	14
Gambar 9 Cruise Missile System.....	15
Gambar 10. Inertial navigation system	16
Gambar 11 Terrain Contour Matching (TERCOM) navigation	17
Gambar 12. Skema turbojet engine	18
Gambar 13. Skema propellant cair dan padat	19
Gambar 14 Fluida bergerak disekitar permukaan diam (Cengel, 2006)	21
Gambar 15 boundary layer pada airfoil (Cengel, 2006)	21
Gambar 16 Aliran laminar, transisi, turbulent (Cengel, 2006)	22
Gambar 17 Parameter Geometri sayap (Mohammad, 2012)	23
Gambar 18 distribusi tekanan pada airfoil (mohammad, 2012).....	24
Gambar 19 pola aliran disekitar airfoil (Mohammad, 2012)	25
Gambar 20 pengaruh chamber pada separasi (Raymer,1992)	25
Gambar 21 Diagram lift, drag dan pitching moment (Raymer, 1992).....	26
Gambar 22 ilustrasi actual dan referance wing(Cengel, 2006)	27

Gambar 23. Grafik pengaruh AR terhadap lift(Mohammad, 2012).....	28
Gambar 24 Wing Swept (Raymer, 1992).....	29
Gambar 25. Grafik tail off pitch up boundary(Reymer,1992)	30
Gambar 26. Grafik pengaruh taper ratio terhadap distribusi lift(Reymer, 1992)..	31
Gambar 27 Sayap eleptical (Raymer, 1992)	31
Gambar 28 incidence angel (Muhammad,2012).....	32
Gambar 29 beberapa fase terbang yang akan ditempuh (Mohammad, 2012).....	33
Gambar 30. Diagram alir penelitian.....	48
Gambar 31 New Plane	51
Gambar 32 Fuselage rudal	51
Gambar 33. Airfoil	52
Gambar 34. bentuk chord Naca0012.....	53
Gambar 35. DXF/DWG Import	54
Gambar 36 Pembuatan fin (sirip).....	55
Gambar 37 Override Mass Properties	55
Gambar 38 Fluid Flow (Fluent)	56
Gambar 39 Enclosure.....	57
Gambar 40 Boolean (ruang kosong)	57
Gambar 41 Geometry Enclosure	58
Gambar 42 Hasil Mesh.....	59
Gambar 43 Mesh Quality	59
Gambar 44 Pengaturan setup pada Fluent.....	60
Gambar 45 Geometry and Report quality Mesh	61
Gambar 46 viscous model.....	61

Gambar 47 Input velocity.....	62
Gambar 48 Solution method	63
Gambar 49 Monitor report	64
Gambar 50. Pengaturan pada saat sebelum run	65
Gambar 51. Grafik perbandingan W/P dengan W/P	76
Gambar 52. Grafik perbandingan W/S dengan W/P	78
Gambar 53 Fuselage 3D.....	81
Gambar 54 Layout dalam fuselage	82
Gambar 55 Scaled residual.....	83
Gambar 56 Lift coefficient.....	83
Gambar 57 Drag coefficien.....	83
Gambar 58 Luas permukaan rudal dengan Solid work.....	85
Gambar 59. pengaruh sudut serang terhadap Lift dan Drag	86
Gambar 60 Scaled Residual 1 ⁰	87
Gambar 61 Lift Coefficient 1 ⁰	87
Gambar 62 Drag Coefficient 1 ⁰	88
Gambar 63 Scaled Residual 2 ⁰	88
Gambar 64 Lift Coefficient 2 ⁰	89
Gambar 65 Drag Coefficient 2 ⁰	89
Gambar 66 Scaled Residual 3 ⁰	89
Gambar 67 Lift Coefficient 3 ⁰	90
Gambar 68 Drag Coefficeint 3 ⁰	90
Gambar 69 pressure contour dilihat dari depan (a) sudut serang 0 ⁰ , (b) sudut serang 1 ⁰ , (c) sudut serang 2 ⁰ , (d) sudut serang 3 ⁰	91



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

DESAIN DAN SIMULASI AERODINAMIK RUDAL ELECTRIC DUCTED FAN(EDF)
MUSHTHOFA ULINNUHA, Dr. Gesang Nugroho. ST., MT.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

DAFTAR TABEL

Tabel 1. karakteristik rudal ballistik.....	5
Tabel 2. karakteristik rudal cruise	5
Tabel 3. Bahan Rudal menurut LAPAN	8
Tabel 4 Orthogonal Quality pada hasil Meshing	60
Tabel 5 Skewness pada hasil Meshing.....	60
Tabel 6. Hasil initialization	65
Tabel 7 Data regresi rudal pembanding	71
Tabel 8 Perbandingan power loading dan wing loading.....	76
Tabel 9 Komponen utama rudal	82
Tabel 10 Data nilai konvergen	84
Tabel 11 Data Cl dan Cd.....	84
Tabel 12 Data hasil perhitungan Cl, Cd, lift force, dan drag force	85
Tabel 13 Spesifikasi rudal Cruise	92

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Re	= <i>Reynold Number</i>
Re_L	= <i>Reynold Number</i> untuk aliran eksternal
Re_{Dh}	= <i>Reynold Number</i> untk aliran internal
ρ	= <i>Rho</i> , Massa jenis fulida
V	= Kecepatan aliran
L	= Panjang benda
C_L	= <i>Coefficient Lift</i>
C_D	= <i>Coefficient Drag</i>
C_M	= <i>Pitcing Moment</i>
L	= <i>Lift Force</i>
D	= <i>Drag Force</i>
(t/c)	= <i>Airfoil thicknes ratio</i>
AR	= Aspek rasio
W_F	= Berat bahan bakar
W_{Fused}	= Berat bahan bakar untuk melakukan misi
W_{Fres}	= Berat bahan bakar cadangan
R_{Cr}	= Jarak jelajah (mil)/(Km)
η_p	= Efisiensi <i>propeller</i>
c_p	= konsumsi bahan bakar spesifik (lb/hp/hr)
L/D	= <i>Lift/Drag ratio</i>
E_{ltr}	= Waktu saat <i>loiter</i> (Hours)



V_{ltr}	= Kecepatan pada fase <i>loiter</i> (mph)
Y	= Nilai yang dicari
a	= Konstanta Regresi a
b	= Konstantan Regresi b
X	= Variabel bebas
W_{TO}	= Berat <i>take-off</i>
W_E	= Berat kosong
M_{ff}	= Fraksi bahan bakar total
M_{Fres}	= Perbandingan bahan bakar cadangan dengan bahan bakar total
M_{tfo}	= Perbandingan berat bahan bakar dan Oli yang terjebak
W_{PL}	= Berat <i>Payload</i> (muatan)
W_{crew}	= Berat awak pesawat
W_{Plexp}	= Berat bahan bawaan yang dijatuhkan
$(W/S)_s$	= <i>Wing loading</i> pada saat <i>stall</i>
V_s	= <i>Stall Speed</i> (ft/s)
C_{LmaxS}	= <i>Coefficient of Lift</i> pada saat <i>Stall speed</i>
S_{TO}	= jarak <i>take-off</i>
S_{TOG}	= <i>Take-off ground</i>
$(W/S)_{TO}$	= <i>Wing loading</i> pada saat <i>take-off</i>
$(W/P)_{TO}$	= <i>Power loading</i> pada saat <i>take-off</i>
TOP_{23}	= <i>Take-off</i> parameter
σ	= Perbandingan massa jenis udara pada ketinggian saat <i>take-off</i> terhadap massa jenis udara di permukaan tanah
CL_{maxTO}	= <i>Lift Coefficient</i> pada saat <i>take-off</i>



F_{TO}	= <i>Thrust</i> yang digunakan saat <i>take-off</i> (%)
S_{TO}	= Jarak <i>take-off</i> (ft)
F_{Climb}	= <i>Thrust</i> yang digunakan saat <i>Climb</i> (%)
η_P	= Efisiensi <i>Propeller</i>
RC	= <i>Rate of Climb</i> (ft/min)
C_{D0TO_up}	= <i>Zero lift drag coefficient of the airplane drag polar at take-off with gear retracted</i>
A_W	= <i>Aspect Ratio</i> sayap
e_{TO}	= <i>Oswald's efficiency factor</i> pada saat fase <i>take-off</i>
$C_{D0clean}$	= <i>Zero lift clean drag coefficient</i>
ΔC_{DO}	= <i>Increment in zero-lift drag coefficient due to flight condition</i>
f	= <i>Airplane equivalent parasite area</i> (ft ²)
S_W	= luas sayap (ft ²)
S_{wet}	= <i>Airplane wetted area</i> (ft ²)
$(W/P)_{Cr}$	= <i>Power loading</i> saat <i>cruise</i> (lb/hp)
$(W/S)_{Cr}$	= <i>Wing loading</i> saat <i>cruise</i> (lb/ft ²)
F_{cr}	= <i>Thrust</i> yang digunakan saat <i>cruise</i>
I_{power}	= Indeks power
V_{SL}	= <i>Stall speed</i> (kts)