

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR NOTASI	xxi
INTISARI	xxiv
<i>ABSTRACT</i>	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Perancangan UAT dan Simulasi Dengan Variasi Konfigurasi Sudut <i>Incidence</i> dan Sudut Dihedral <i>V-tail</i> terhadap Performa Aerodinamika	4
2.2 Pengaruh <i>Taper Ratio</i> pada Sayap Pesawat	7
2.3 Analisis Desain Aerodinamika UAV untuk Misi Pemantauan	9
2.4 <i>Mesh Independency Test</i> pada Model Komputasi <i>Roll-up Vortex</i> Model Sayap <i>Fighter</i> dan <i>Delta</i>	10
BAB III DASAR TEORI	16
3.1 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	16
3.1.1 Definisi UAV	16
3.1.2 Jenis UAV	17



3.2 Dasar Gaya Aerodinamika	19
3.2.1 <i>Thrust</i>	19
3.2.2 Gaya Angkat	20
3.2.3 Gaya Hambat	21
3.2.4 Berat	22
3.2.5 <i>Moment of Pitch</i>	23
3.2.6 Persamaan Gerak	23
3.3 Perancangan Pesawat Terbang	24
3.3.1 <i>Mission Profile</i>	24
3.3.2 Perancangan Sayap	26
3.3.3 Perancangan <i>Fuselage</i>	35
3.3.4 Perancangan Ekor	36
3.3.5 Pemilihan Sistem Propulsi	39
3.4 Dasar Mekanika Fluida	41
3.4.1 <i>Boundary Layer</i>	41
3.4.2 Bilangan Reynolds	42
3.4.3 <i>Flow Separation</i>	43
3.4.4 <i>Vortex</i>	44
3.5 <i>Computational Fluid Dynamics</i>	45
3.5.1 <i>Governing Equation</i>	46
3.5.2 <i>Finite Volume Method</i>	49
3.5.3 Model Turbulensi	49
BAB IV METODE PENELITIAN	54
4.1 Alat Penelitian	65
4.2 Bahan Penelitian	56
4.3 Diagram Alir	57
4.3.1 Diagram Alir Perancangan	57
4.3.2 Diagram Alir Simulasi	57
4.3.3 Diagram Alir Penelitian	58
4.4 Langkah Penelitian	58
4.4.1 <i>Pre-processing</i>	58
4.4.2 <i>Solving</i>	59



4.4.3 <i>Post-processing</i>	59
4.5 Variabel Penelitian	59
4.5.1 Variabel Bebas	59
4.5.2 Variabel Terikat	59
4.5.3 Variabel Kontrol	59
BAB V PEMBAHASAN	60
5.1 Simulasi CFD	60
5.1.1 Tahap <i>Pre-processing</i>	60
5.1.2 Tahap <i>Solving</i>	70
5.1.3 Tahap <i>Post-processing</i>	80
5.2 <i>Mesh Independency Test</i>	80
5.3 Validasi	82
5.4 Analisis Pengaruh <i>Taper Ratio V-tail</i> terhadap <i>Lift Coefficient</i>	82
5.5 Analisis Pengaruh <i>Taper Ratio V-tail</i> terhadap <i>Drag Coefficient</i>	88
5.6 Analisis Pengaruh <i>Taper Ratio V-tail</i> terhadap <i>Maneuverability</i>	94
5.6.1 Analisis Pengaruh <i>Taper Ratio V-tail</i> terhadap <i>Moment of Pitch Coefficient</i>	94
5.6.2 Analisis Pengaruh <i>Taper Ratio V-tail</i> terhadap <i>Turn Radius</i>	97
5.7 Analisis Kecepatan UAT terhadap <i>Turn Radius</i>	102
5.8 Analisis Fenomena <i>Stall</i>	105
BAB VI PENUTUP	112
6.1 Kesimpulan	112
6.2 Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik C_L vs AoA	5
Gambar 2.2 Grafik C_M vs AoA	6
Gambar 2.3 Grafik <i>turn radius</i> vs AoA	7
Gambar 2.4 Model <i>taper ratio</i> pada sayap	7
Gambar 2.5 Tampak depan <i>streamline</i> dan <i>vortex</i> pada model sayap	8
Gambar 2.6 Hubungan <i>oswald efficiency factor</i> terhadap AoA	8
Gambar 2.7 Grafik koefisien aerodinamika dengan metode analitis, numerik, dan eksperimen	9
Gambar 2.8 Perbandingan koefisien aerodinamika	10
Gambar 2.9 Struktur domain komputasi	10
Gambar 2.10 Perbandingan jenis <i>mesh</i> terstruktur dan tidak terstruktur	11
Gambar 2.11 <i>Lift coefficient</i> vs AoA pada <i>delta wing</i>	12
Gambar 2.12 <i>Lift coefficient</i> vs AoA pada Sukhoi SU-30	12
Gambar 2.13 <i>Mesh independency test</i> pada model <i>delta wing</i>	13
Gambar 2.14 <i>Mesh independency test</i> pada model <i>fighter model</i>	13
Gambar 3.1 Ilustrasi gaya yang terjadi pada pesawat terbang	19
Gambar 3.2 Distribusi tekanan pada <i>airfoil</i>	20
Gambar 3.3 Vektor gaya tangensial dan normal	24
Gambar 3.4 <i>Flight mission profile</i>	25
Gambar 3.5 Ilustrasi posisi sayap terhadap <i>fuselage</i>	27
Gambar 3.6 Bentuk planform sayap pesawat	27
Gambar 3.7 Ilustrasi sudut <i>twist</i>	28
Gambar 3.8 Ilustrasi sudut dihedral sayap pesawat	28
Gambar 3.9 Ilustrasi sudut <i>incidence</i> sayap pesawat	28
Gambar 3.10 Jenis planform sayap pesawat	29
Gambar 3.11 Ilustrasi <i>taper ratio</i>	30
Gambar 3.12 Ilustrasi grafis MAC	31
Gambar 3.13 Ilustrasi sudut <i>sweep</i> pada sayap pesawat	32



Gambar 3.14 Bagian-bagian <i>airfoil</i>	32
Gambar 3.15 Jenis bentuk <i>fuselage</i> secara umum	35
Gambar 3.16 <i>Typical values of tail volume coefficient</i>	37
Gambar 3.17 <i>Typical flight envelope</i>	40
Gambar 3.18 Ilustrasi transisi dari laminar <i>boundary layer</i> pada pelat datar hingga menjadi <i>turbulent boundary layer</i>	42
Gambar 3.19 Separasi aliran pada permukaan <i>airfoil</i>	44
Gambar 3.20 Tampak depan dari <i>streamline</i> dan <i>vortex</i> pada model sayap	44
Gambar 3.21 <i>Induced drag</i> dari <i>airfoil</i>	45
Gambar 3.22 Ilustrasi sel pada <i>grid</i>	46
Gambar 3.23 Ilustrasi aliran massa masuk dan keluar elemen fluida	47
Gambar 3.24 Komponen tegangan pada ketiga permukaan dari elemen fluida	48
Gambar 3.25 Komponen dari <i>heat flux vector</i>	49
Gambar 4.1 Diagram alir perancangan UAT	57
Gambar 4.2 Diagram alir simulasi	57
Gambar 4.3 Diagram alir penelitian	58
Gambar 5.1 Geometri 3D variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,25	61
Gambar 5.2 Geometri 3D variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,35	62
Gambar 5.3 Geometri 3D variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	62
Gambar 5.4 Geometri 3D variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	63
Gambar 5.5 Geometri 3D variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	63
Gambar 5.6 Struktur domain fluida (Wibowo <i>et al.</i> , 2019)	64
Gambar 5.7 Tampak depan fluid domain	64
Gambar 5.8 Tampak samping fluid domain	65
Gambar 5.9 Lokasi pemberian <i>name selection</i> sisi masuk udara	66
Gambar 5.10 Lokasi pemberian <i>name selection</i> sisi keluar udara	66
Gambar 5.11 Lokasi pemberian <i>name selection</i> dinding simetris	66
Gambar 5.12 Lokasi pemberian <i>name selection</i> dinding atas	67
Gambar 5.13 Lokasi pemberian <i>name selection</i> dinding samping luar	67
Gambar 5.14 Lokasi pemberian <i>name selection</i> dinding bawah	67



Gambar 5.15 Lokasi pemberian <i>name selection</i> permukaan UAT	68
Gambar 5.16 <i>Mesh</i> keseluruhan	69
Gambar 5.17 <i>Mesh</i> pada permukaan UAT	69
Gambar 5.18 <i>Mesh</i> pada <i>body of influence</i>	69
Gambar 5.19 Hasil <i>skewness quality</i>	70
Gambar 5.20 Hasil <i>orthogonal quality</i>	70
Gambar 5.21 Pengaturan general model	71
Gambar 5.22 Pengaturan <i>turbulent model</i>	71
Gambar 5.23 Pengaturan fluida kerja	72
Gambar 5.24 Pengaturan <i>cell zone</i>	72
Gambar 5.25 Pengaturan <i>boundary condition</i> pada <i>inlet</i>	73
Gambar 5.26 Pengaturan <i>boundary condition</i> pada <i>outlet</i>	73
Gambar 5.27 Pengaturan <i>boundary condition</i> pada <i>wall</i>	74
Gambar 5.28 Pengaturan <i>boundary condition</i> pada UAT	74
Gambar 5.29 Pengaturan <i>solution methods</i>	75
Gambar 5.30 Pengaturan kriteria konvergensi	75
Gambar 5.31 Pengaturan <i>report definition</i> untuk <i>lift</i>	76
Gambar 5.32 Pengaturan <i>report definition</i> untuk <i>drag</i>	76
Gambar 5.33 Pengaturan <i>report definition</i> untuk <i>moment of pitch</i>	77
Gambar 5.34 Pengaturan proses <i>initialization</i>	78
Gambar 5.35 Pengaturan jumlah iterasi	78
Gambar 5.36 Grafik konvergensi simulasi ANSYS Fluent	79
Gambar 5.37 Grafik <i>lift</i> simulasi ANSYS Fluent	79
Gambar 5.38 Grafik <i>drag</i> simulasi ANSYS Fluent	80
Gambar 5.39 Grafik <i>moment of pitch</i> simulasi ANSYS Fluent	80
Gambar 5.40 Grafik <i>mesh independency test</i>	81
Gambar 5.41 Grafik hubungan C_L terhadap AoA	83
Gambar 5.42 Grafik presentase perubahan C_L tiap variasi terhadap λ_{v-tail} 0,45	84
Gambar 5.43 Grafik hubungan C_L terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 18°	85

Gambar 5.44 Kontur tekanan permukaan atas UAT saat AoA 18°	86
Gambar 5.45 Kontur tekanan permukaan bawah UAT saat AoA 18°	86
Gambar 5.46 <i>Streamline</i> pada <i>v-tail</i> saat AoA 18°	87
Gambar 5.47 Kontur <i>vortex</i> pada <i>v-tail</i> saat AoA 18°	87
Gambar 5.48 Grafik hubungan C_D terhadap AoA	89
Gambar 5.49 Grafik presentase perubahan C_D tiap variasi terhadap λ_{v-tail} 0,45	90
Gambar 5.50 Grafik hubungan C_D terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 0°	90
Gambar 5.51 Grafik hubungan L/D terhadap AoA	91
Gambar 5.52 Grafik presentase perubahan L/D tiap variasi terhadap λ_{v-tail}	92
Gambar 5.53 Grafik hubungan L/D terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 6°	93
Gambar 5.54 Grafik hubungan L/D terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 18°	93
Gambar 5.55 Grafik hubungan C_M terhadap AoA	95
Gambar 5.56 Grafik persentase perubahan C_M tiap variasi terhadap λ_{v-tail} 0,45	96
Gambar 5.57 Grafik hubungan C_M terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 18°	96
Gambar 5.58 <i>Free body diagram</i>	97
Gambar 5.59 Grafik hubungan AoA terhadap <i>turn radius</i> pada variasi taper ratio 0,45	99
Gambar 5.60 Grafik hubungan AoA terhadap <i>turn radius</i> r80°	100
Gambar 5.61 Grafik persentase perubahan <i>turn radius</i> tiap variasi terhadap λ_{v-tail} 0,45	101
Gambar 5.62 Grafik hubungan <i>turn radius</i> terhadap <i>taper ratio v-tail</i> pada AoA 18° dan <i>bank angle</i> 80°	102
Gambar 5.63 Grafik hubungan antara <i>turn radius</i> dengan kecepatan	104
Gambar 5.64 Grafik hubungan antara kecepatan UAT dengan <i>turn radius</i>	107
Gambar 5.65 Perbandingan kontur tekanan permukaan pada tampak atas dan bawah UAT λ_{v-tail} 0,45 saat AoA 18°, 19°, 21°	108
Gambar 5.66 kontur <i>streamline</i> di permukaan UAT λ_{v-tail} 0,45 saat AoA 18°, 19°, dan 21°	109
Gambar 5.67 Kontur kecepatan UAT λ_{v-tail} 0,45 saat AoA 18° pada <i>cross section</i> 60 mm dari tengah UAT	109
Gambar 5.68 Kontur kecepatan UAT λ_{v-tail} 0,45 saat AoA 18° pada <i>cross section</i> 90 mm dari tengah UAT	110



Gambar 5.69 Kontur kecepatan UAT λ_v -tail 0,45 saat AoA 18° pada *cross section* 130 mm dari tengah UAT 110

Gambar 5.70 Kontur kecepatan UAT λ_v -tail 0,45 saat AoA 18° pada *cross section* 300 mm dari tengah UAT 111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Benchmarking</i> penelitian	15
Tabel 3.1 Lokasi sayap pesawat	26
Tabel 4.1 Perangkat keras dan spesifikasi komputer penelitian	54
Tabel 5.1 Variasi <i>taper ratio</i>	61
Tabel 5.2 Pemberian <i>name selection</i>	65
Tabel 5.3 Tabel <i>Mesh Independency Test</i>	81
Tabel 5.4 Validasi dengan penelitian pembandingan	82
Tabel 5.5 Nilai <i>coefficient lift</i> hasil simulasi	83
Tabel 5.6 Persentase perbedaan nilai C_L terhadap $\lambda_{v\text{-tail}}$ 0,45	84
Tabel 5.7 Nilai <i>drag coefficient</i> hasil simulasi	88
Tabel 5.8 Persentase perbedaan nilai C_D terhadap $\lambda_{v\text{-tail}}$ 0,45	89
Tabel 5.9 Nilai <i>lift-to-drag ratio</i> hasil simulasi	91
Tabel 5.10 Persentase perbedaan nilai L/D terhadap $\lambda_{v\text{-tail}}$ 0,45	92
Tabel 5.11 Nilai <i>moment of pitch coefficient</i> hasil simulasi	94
Tabel 5.12 Persentase perbedaan nilai C_M terhadap $\lambda_{v\text{-tail}}$ 0,45	95
Tabel 5.13 Nilai <i>turn radius</i> terhadap AoA pada <i>bank angle</i> 80°	100
Tabel 5.14 Persentase perbedaan nilai r_{80° terhadap $\lambda_{v\text{-tail}}$ 0,45	101
Tabel 5.15 <i>Turn radius</i> terhadap Kecepatan UAT	103
Tabel 5.16 Kecepatan UAT terhadap <i>turn radius</i>	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pesawat Pemandang	117
Lampiran 2. <i>Typical Value for Maximum Lift Coefficient</i>	118
Lampiran 3. <i>Regression Line Coefficient for Take-off Weight vs Wetted Area</i>	119
Lampiran 4. <i>Correlation Coefficient for Parasite Area vs Wetted Area</i>	120
Lampiran 5. <i>Effect of Equivalent Skin Friction on Parasite and Wetted Area</i>	121
Lampiran 6. <i>First Estimates for ΔCD and 'e' with Flaps and Gear Down Area</i>	122
Lampiran 7. <i>Experimental Low Speed Data for 4- and 5- Digit NACA Airfoils</i>	123
Lampiran 8. <i>Design Requirement Objective</i>	124
Lampiran 9. Berat payload	126
Lampiran 10. <i>Sizing UAT</i>	126
Lampiran 11. Perhitungan <i>surface of lifting area</i> (S) dengan Autodesk Inventor	134
Lampiran 12. Nilai <i>lift, drag, dan moment of pitch</i> hasil simulasi	137
Lampiran 13. Hasil perhitungan persamaan gaya gerak pada lintasan kurva	139
Lampiran 14. Hasil perhitungan <i>turn radius</i> pada tiap <i>bank angle</i>	144
Lampiran 15. Grafik AoA vs <i>turn radius</i> seluruh UAT pada tiap <i>bank angle</i>	146
Lampiran 16. Kontur tekanan tampak atas UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	151
Lampiran 17. Kontur tekanan tampak bawah UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	152
Lampiran 18. Kontur tekanan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	153
Lampiran 19. Kontur kecepatan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	154
Lampiran 20. <i>Streamline</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	155
Lampiran 21. <i>Vortex</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	156
Lampiran 22. <i>Vortex</i> pada <i>v-tail</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,25</i>	157
Lampiran 23. Kontur tekanan tampak atas UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,35</i>	158
Lampiran 24. Kontur tekanan tampak bawah UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,35</i>	159
Lampiran 23. Kontur tekanan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,35</i>	160
Lampiran 24. Kontur kecepatan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,35</i>	161
Lampiran 25. <i>Streamline</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,35</i>	162
Lampiran 26. <i>Vortex</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail 0,45</i>	163



Lampiran 27. <i>Vortex</i> pada <i>v-tail</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	164
Lampiran 28. Kontur tekanan tampak atas UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	165
Lampiran 29. Kontur tekanan tampak bawah UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	166
Lampiran 30. Kontur tekanan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	167
Lampiran 31. Kontur kecepatan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	168
Lampiran 32. <i>Streamline</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	169
Lampiran 33. <i>Vortex</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	170
Lampiran 34. <i>Vortex</i> pada <i>v-tail</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	171
Lampiran 35. Kontur tekanan tampak atas UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	172
Lampiran 36. Kontur tekanan tampak bawah UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	173
Lampiran 37. Kontur tekanan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	174
Lampiran 38. Kontur kecepatan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	175
Lampiran 39. <i>Streamline</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	176
Lampiran 40. <i>Vortex</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	177
Lampiran 41. <i>Vortex</i> pada <i>v-tail</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	178
Lampiran 42. Kontur tekanan tampak atas UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	179
Lampiran 43. Kontur tekanan tampak bawah UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	180
Lampiran 44. Kontur tekanan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	181
Lampiran 45. Kontur kecepatan <i>cross section</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	182
Lampiran 46. <i>Streamline</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	183
Lampiran 47. <i>Vortex</i> pada UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	184
Lampiran 48. <i>Vortex</i> pada <i>v-tail</i> UAT variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	185
Lampiran 49. Gambar teknik <i>assembly</i> variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,25	186
Lampiran 50. Gambar teknik <i>assembly</i> variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,35	187
Lampiran 51. Gambar teknik <i>assembly</i> variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,45	188
Lampiran 52. Gambar teknik <i>assembly</i> variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,55	189
Lampiran 53. Gambar teknik <i>assembly</i> variasi <i>taper ratio v-tail</i> 0,65	190
Lampiran 54. Gambar teknik <i>fuselage</i>	191
Lampiran 55. Gambar teknik <i>wing</i>	192



Lampiran 56. Gambar teknik <i>v-tail</i> dengan konfigurasi <i>taper ratio</i> 0,25	193
Lampiran 57. Gambar teknik <i>v-tail</i> dengan konfigurasi <i>taper ratio</i> 0,35	194
Lampiran 58. Gambar teknik <i>v-tail</i> dengan konfigurasi <i>taper ratio</i> 0,45	195
Lampiran 59. Gambar teknik <i>v-tail</i> dengan konfigurasi <i>taper ratio</i> 0,55	196
Lampiran 60. Gambar teknik <i>v-tail</i> dengan konfigurasi <i>taper ratio</i> 0,65	197