

ANALISIS AERODINAMIKA AIRFOIL NACA 4312 DENGAN SIMULASI BERBASIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

SABAM ADE CAHYA SIMANULLANG



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Aerodinamika *Airfoil* NACA 4312 dengan Simulasi Berbasis *Computational Fluid Dynamics*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Sabam Ade Cahya Simanullang
F1401201001



ABSTRAK

SABAM ADE CAHYA SIMANULLANG. Analisis Aerodinamika *Airfoil* NACA 4312 dengan Simulasi Berbasis *Computational Fluid Dynamics*. Dibimbing oleh I DEWA MADE SUBRATA.

Sayap adalah penghasil gaya angkat yang sangat berpengaruh pada performa aerodinamika pada UAV tipe *fixed wing*, termasuk jangkauan dan ketahanan terbang. *Angle of attack* dari *airfoil* menjadi faktor utama perubahan gaya angkat (*lift*) dan gaya hambat (*drag*). Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan distribusi fluida *airfoil* NACA 4312 dengan variasi *angle of attack* dan kecepatan udara yang berbeda dan menghitung gaya angkat dan gaya hambat untuk mengetahui *angle of attack* optimal untuk pemetaan lahan dengan UAV tipe *fixed wing*. Sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi referensi pemilihan *angle of attack airfoil* NACA 4312 yang digunakan pada UAV tipe *fixed wing*. Metode analisis aerodinamika yang digunakan berbasis *Computational Fluid Dynamics* pada software ANSYS *Fluent*. Tahapan penelitian terdiri dari: (1) studi literatur, (2) penentuan dan desain *airfoil*, (3) analisis fluida, dan (4) simulasi *Computational Fluid Dynamics*. Dengan perlakuan, 9 *angle of attack* dan 3 kecepatan udara, dapat disimpulkan bahwa gaya angkat dan efisiensi *airfoil* akan meningkat relatif dengan *angle of attack* sampai pada sudut maksimalnya, kemudian efisiensinya akan menurun. Sedangkan distribusi fluida paling optimal ada pada *angle of attack* 9° dengan rata-rata Cl (*Lift Coefficient*) = 1,2396, Cd (*Drag coefficient*) = 0,022203 dan rasio $Cl/Cd = 55,90257$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *airfoil* NACA 4312 baik digunakan pada *angle of attack* 9° untuk keperluan pemetaan lahan dengan UAV tipe *fixed wing*.

Kata kunci: aerodinamika, *airfoil*, *Computational Fluid Dynamics*, gaya angkat, gaya hambat.

ABSTRACT

SABAM ADE CAHYA SIMANULLANG. Aerodynamic Analysis of NACA 4312 Airfoil Using Computational Fluid Dynamics Simulation. Supervised by I DEWA MADE SUBRATA.

Wings are the producers of lifting force which greatly influences the aerodynamic performance of fixed wing type UAVs, including range and flight endurance. The angle of attack of the airfoil is the main factor in lift and drag force changes. This research aims to analyze changes in the fluid distribution of the NACA 4312 airfoil with different angles of attack and different air speeds and calculate the lift force and drag force to determine the optimal angle of attack for land mapping with fixed wing type UAV. So that the research results can be a reference for determine the angle of attack for the NACA 4312 airfoil used on fixed wing type UAVs. The aerodynamic analysis method used is based on Computational Fluid Dynamics in ANSYS Fluent software. The research stages consist of: (1) literature study, (2) airfoil determination and design, (3) fluid analysis, and (4) Computational Fluid Dynamics simulation. By carrying out 9 angles of attack and 3 air speeds, it can be concluded that the lift force and efficiency of the airfoil will increase relative to the angle of attack until it reaches its maximum angle, then the efficiency will decrease. Meanwhile, the most optimal fluid distribution is at an angle of attack of 9° with an average Cl (Lift Coefficient) = 1,2396 , Cd (Drag Coefficient) = 0,022203 and Cl/Cd ratio = 55,90257. These results show that the NACA 4312 airfoil is will be best at angle of attack of 9° for land mapping purposes with a fixed wing type UAV.

Keywords: aerodynamics, airfoil, computational fluid dynamics, lift force, drag force.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS AERODINAMIKA AIRFOIL NACA 4312 DENGAN SIMULASI BERBASIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

SABAM ADE CAHYA SIMANULLANG

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr
2. Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si



Judul Skripsi : Analisis Aerodinamika *Airfoil* NACA 4312 dengan Simulasi
Berbasis *Computational Fluid Dynamics*

Nama : Sabam Ade Cahya Simanullang
NIM : F1401201001

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr
NIP 196208031987031002



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyo, M.Sc.Agr
NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
12 Juli 2024

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei sampai bulan Juli 2024 ini ialah “Analisis Aerodinamika *Airfoil* NACA 4312 dengan Simulasi Berbasis *Computational Fluid Dynamics*”. Penulis menyadari semua proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini hanya dapat selesai dengan bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr selaku pembimbing yang telah membimbing serta memberikan arahan hingga penyusunan skripsi dapat berjalan dengan lancar.
2. Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr dan Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si selaku dosen penguji pada ujian sidang sarjana penulis.
3. Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si selaku moderator pada ujian sidang sarjana penulis.
4. Kedua orang tua, kakak, dan adik saya yang selalu memberikan doa dan semangat dalam proses penelitian sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
5. Made Yoga Parestiana dan rekan-rekan IPB *Robotic Club* yang telah kebersamai dan memberikan bantuan, saran, serta dukungan selama proses penelitian.
6. Sahabat Al-Puskesmas yakni Muhammad Andi Yudho Utomo, Albaihaqi Bagaskara, Muhammad Aqil Fahroji, Charel Matius Leander, Muhammad Fachry Raditya, Lalu Mahbub Hawari, dan Rajazmi Hanifan yang selalu memberi semangat kepada penulis di luar maupun dalam studi di kampus ini.
7. Seluruh keluarga Meister TMB 57 selaku rekan kuliah dan organisasi yang telah memberi dukungan serta pengalaman berkesan kepada penulis dalam menempuh studi S1 di IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Agustus 2024

Sabam Ade Cahya Simanullang

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)	4
2.2 <i>Airfoil</i>	4
2.3 NACA 4312	5
2.4 Aerodinamika Pesawat	5
2.5 <i>Angle of Attack</i>	6
2.6 Distribusi Tekanan pada <i>Airfoil</i>	6
2.7 Efek <i>Coanda</i> dan Hukum <i>Bernoulli</i>	8
2.8 <i>Lift Coefficient</i> dan <i>Drag Coefficient</i>	9
2.9 Bilangan <i>Reynold</i>	9
2.10 CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>)	10
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11
3.4 Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics</i>	13
3.5 Penulisan Hasil Analisis	22
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Ukuran <i>Mesh</i>	23
4.2 Spesifikasi Fluida	24
4.3 <i>Boundary Condition</i> dan <i>Solution Report</i>	27
4.4 <i>Lift Coefficient</i> , <i>Drag Coefficient</i> , dan <i>Cl/Cd Ratio</i>	28
4.5 Kontur Distribusi Tekanan dan Kecepatan Fluida	30
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	50



DAFTAR TABEL

1	Bilangan <i>Reynold</i> dan jenis aliran pada tiap kecepatan	19
2	Spesifikasi fluida	26
3	Data input material	26
4	Nilai X dan Y pada <i>inlet velocity</i> pada tiap perlakuan	27
5	Arah vektor <i>drag</i> dan <i>lift</i> pada tiap <i>angle of attack</i>	28

DAFTAR GAMBAR

1	UAV <i>fixed wing</i> IPB Robotic Club	2
2	Bagian-bagian pada <i>airfoil</i>	4
3	Jenis dan arah gaya pada pesawat	5
4	<i>Angle of attack</i> <i>airfoil</i>	6
5	Arah vektor tekanan pada <i>airfoil</i>	7
6	Distribusi tekanan pada beberapa <i>angle of attack</i>	7
7	Visualisasi lintasan fluida pada <i>airfoil</i>	8
8	Distribusi kecepatan dan tekanan pada <i>airfoil</i>	8
9	Visualisai jenis aliran	10
10	Diagram alir prosedur penelitian	11
11	<i>Website airfoil generator</i>	12
12	Hasil <i>export dat.file</i> dari <i>airfoil</i> pada ANSYS	12
13	Diagram alir simulasi CFD	13
14	<i>Airfoil plotting</i>	14
15	Keseluruhan domain pembatas	14
16	Keseluruhan <i>face section</i>	15
17	Pembagian <i>face section</i>	15
18	Grafik nilai $y +$	16
19	Pembagian batas domain	18
20	Nomenklatur gaya pada <i>airfoil</i>	20
21	<i>Mesh</i> keseluruhan	23
22	<i>Mesh</i> pada sekitar <i>airfoil</i>	23
23	Pembagian <i>mesh</i>	24
24	Hubungan antara <i>lift & drag coefficient</i> dan <i>angle of attack</i>	29
25	Kontur distribusi tekanan	31
26	Kontur distribusi kecepatan fluida	32
27	Prinsip pemisahan aliran fluida	32

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data koordinat <i>airfoil</i> NACA 4312	37
2	<i>Pressure (Pa) contour</i> tiap <i>angle of attack</i> (8 m/s)	40
3	<i>Velocity (m/s) contour</i> tiap <i>angle of attack</i> (8 m/s)	41
4	<i>Pressure (Pa) contour</i> tiap <i>angle of attack</i> (10 m/s)	42

5	<i>Velocity (m/s) contour tiap angle of attack (10 m/s)</i>	43
6	<i>Pressure (Pa) contour tiap angle of attack (12 m/s)</i>	44
7	<i>Velocity (m/s) contour tiap angle of attack (12 m/s)</i>	45
8	<i>Drag coefficient</i>	46
9	<i>Lift coefficient</i>	47
10	<i>Rasio C_l/C_d</i>	48
11	<i>Hasil perhitungan ukuran mesh</i>	49

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

