



**Analisis Gaya Dorong (*Thrust*) Pesawat Drone Quadcopter
Tanpa Baling-Baling**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk Menyelesaikan Program Studi
Magister Teknik Mesin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh :
Dendra Bradikta

55819110006

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA JAKARTA
2024**



PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisis Gaya Dorong (*Thrust*) Pesawat Drone Quadcopter
Tanpa Baling-Baling
Nama : Dendra Bradikta
NIM : 55819110006
Program Studi : Magister Teknik Mesin
Tanggal : 14 Agustus 2024

Mengesahkan

Dosen Pembimbing

Dafit Feriyanto, M.Eng., Ph.D

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, M.T.

Ketua Program Studi

Magister Teknik Mesin

Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Gaya Dorong (*Thrust*) Pesawat Drone Quadcopter Tanpa Baling-Baling

Nama : Dendra Bradikta

NIM : 55819110006

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Tanggal : 14 Agustus 2024

Merupakan hasil studi Pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS Jakarta, 14 Agustus 2024
MERCU BUANA



(Dendra Bradikta)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Dendra Bradikta
NIM : 55819110006
Program Studi : Magister Teknik Mesin
dengan judul

“ANALISIS GAYA DORONG (*THRUST*) PESAWAT DRONE QUADCOPTER TANPA BALING-BALING”

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 15 Juli 2023 didapatkan nilai persentase sebesar 23%.

Jakarta, 12 Desember 2023

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA


Saras Nur Pratica, S.Psi., M.M

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat dan petunjuk-Nya Tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pascasarjan Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Penulisan Tesis ini menghadapi banyak kendala yang harus diatasi namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka kendala tersebut dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Muhamad Fitri, ST, M. Si., Ph.D selaku Kepala Program Studi S2 Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Dafit Feriyanto, M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing.
5. Kedua orang tua Penulis yang selalu mendukung dengan doa-doanya.
6. Nadila Idha Apriyanti, ST. (istri) dan anak-anak Penulis yang selalu mendukung dan penyemangat untuk menyelesaikan Tesis ini.
7. Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, tempat Penulis bekerja yang membantu dalam proses pengujian penelitian.
8. Adrianto, Hadi dan Fahri, teman penulis berdiskusi yang sangat berjasa didalam mendukung kegiatan penelitian.
9. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, semoga semua bantuan yang diberikan kepada Penulis mejadi amal kebaikan dan bermanfaat bagi kita semua.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini tidak sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu Penulis terbuka untuk menerima masukan serta saran untuk proses penyempurnaan di kemudian hari.

Jakarta, 14 Agustus 2024

Dendra Bradikta



ABSTRAK

Drone saat ini menjadi salah satu jenis pesawat tanpa awak yang sedang populer. Umumnya *drone* yang sering digunakan adalah jenis *Drone Quadcopter* yang memiliki 4 buah mesin motor DC dengan masing – masing dilengkapi baling-baling. Penelitian ini berfokus pada modifikasi dari pesawat *Drone Quadcopter* yang dinilai masih terdapat kendala pada efisiensi penggunaan baterai, pembiayaan pembelian dan perawatan 4 buah engine dan 4 buah propeller dan tingkat keamanan akan terjadinya cedera terkena bilah baling-baling. Dari dua kali percobaan pada dua desain *Drone Bladeless*, diperoleh hasil yang paling baik yaitu dengan desain menggunakan *duct air* perpaduan *airfoil Naca 24112* dan *Naca 0012*. Data yang diperoleh berupa hasil tekanan total maksimum sebesar 650657.448 Pa, kecepatan maksimum sebesar 379.313 m/s, laju aliran masa keluar sebesar 1.009 kg/s dan gaya dorong yang dihasilkan sebesar 145.362 N dan rasio *Thrust to weight* berada diangka 2,115 yang memungkinan untuk berakselerasi secara vertikal. Pada power 100%, nilai laju aliran masa keluar lebih besar hampir dua kali lebih besar dari nilai laju aliran masa masuk. Pesawat *drone quadcopter* yang menggunakan 4 buah mesin untuk terbang vertikal, dengan desain ini sudah dapat menggunakan 2 buah mesin saja yang setara dengan kemampuan 4 buah mesin.

Kata kunci : *Drone Quadcopter, Drone Bladeless, laju aliran masa, rasio Thrust to weight*

ABSTRACT

Drones are currently one of the most popular types of unmanned aerial vehicles. In general, the most used drones are quadcopter drones, which has four DC motors, each with a propeller. This research focuses on modifying a drone quadcopter airframe that is said to have problems with battery usage efficiency, financing the purchase and maintenance of four motors and four propellers and preventing injuries from propeller blades. From two experiments with two bladeless drone designs, the best results were obtained using a ducted air combination of Naca 24112 and Naca 0012 airfoils. The data obtained were in the form of a maximum total pressure of 650657.448 Pa, maximum velocity of 379.313 m/s, maximum velocity of 379.313 m/s, output mass flow rate of 1,009 kg/s, and a resulting thrust of 145,362 N and Thrust to weight ratio is 2.115 which allows for vertical acceleration. At 100% power, the output mass flow is approximately twice the input mass flow. A quadcopter drone that uses four motors to vertical take off (hover), with this design allows its to use only two DC motors, which is equivalent to the ability of four engines.

Key word : Drone Quadcopter, Drone Bladeless, mass flow rate , Thrust to weight ratio

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	iii
PENGHARGAAN.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Novelty.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Timjauan Pustaka	4
2.1.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Drone Quadcopter	8
2.3 Air Intake	9
2.3.1 Subsonic Air Intake	9
2.4 Aerodinamika	10
2.4.1 Aliran Udara	10
2.4.2 Hukum Bernoulli	12
2.4.3 Konservasi Massa.....	13
2.5 Thrust to Weight.....	13
2.5 Solidworks Flow Simulation 2017SP5.0	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian.....	15

3.2	Variabel Penelitian.....	15
3.3	Diagram Alir.....	15
3.4	Spesifikasi <i>Drone dan Electric Ducted Fan</i>	18
3.4.1	Dimensi <i>Drone Bladeless</i>	18
3.4.2	Spesifikasi <i>Electric Ducted Fan (DS 51-DIA)</i>	19
3.5	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	20
3.6	Perhitungan laju aliran masa.....	20
3.7	Simulasi Aliran pada <i>Inlet duct</i>	21
3.7.1	Proses Pemodelan	22
3.7.2	Proses <i>Boundary Condition</i>	23
3.7.3	Massa Udara Masuk.....	24
3.7.4	<i>Flow Simulation</i>	25
3.7.5	Proses <i>Meshing</i>	27
3.7.6	<i>Solving</i>	28
BAB IV		29
HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	<i>Flow Trajectories</i> pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i>	29
4.1.1	Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i> pada power 25%	29
4.1.2	Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i> pada power 50%	30
4.1.3	Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i> pada power 75%	31
4.1.4	Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i> pada power 100%	32
4.2	<i>Flow Trajectories</i> pada <i>airfoil Naca 24112 dan Naca 0012</i>	33
4.2.1	Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112 dan Naca 0012</i> pada power 25%	33
4.2.2	Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112 dan Naca 0012</i> pada power 50%	34
4.2.3	Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112 dan Naca 0012</i> pada power 75%	34
4.2.4	Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112 dan Naca 0012</i> pada power 100%	35
4.3	<i>Surface Plot</i>	35
4.3.1	Tekanan pada <i>airfoil Epler 340 dan Naca 0012</i> pada power 25%	36

4.3.2	Tekanan pada <i>airfoil</i> Epler 340 dan Naca 0012 pada power 50%	36
4.3.3	Tekanan pada <i>airfoil</i> Epler 340 dan Naca 0012 pada power 75%	37
4.3.4	Tekanan pada <i>airfoil</i> Epler 340 dan Naca 0012 pada power 100%	38
4.3.5	Tekanan pada <i>airfoil</i> Naca 24112 dan Naca 0012 pada power 25%	38
4.3.6	Tekanan pada <i>airfoil</i> Naca 24112 dan Naca 0012 pada power 50%	39
4.3.7	Tekanan pada <i>airfoil</i> Naca 24112 dan Naca 0012 pada power 75%	39
4.3.8	Tekanan pada <i>airfoil</i> Naca 24112 dan Naca 0012 pada power 100%	40
4.4	Goal Plot.....	40
4.5	Analisis <i>Velocity vs Pressure</i>	41
4.6	Laju Aliran Masa Keluar	42
4.7	Gaya.....	42
4.8	Thrust to Weight	42
4.9	Perhitungan gaya hambat (<i>Drag</i>)	43
4.10	<i>Viscosity and Flow Condition</i>	46
4.11	Grafik perbandingan	46
BAB V	49
KESIMPULAN	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Skema luas aliran udara keluar untuk tiga diameter hidrolis 30 cm, 60 cm dan 120 cm. (b) Airfoil untuk kasus rasio aspek	5
Gambar 2.2 Kontur vektor kecepatan untuk penampang kipas dengan ketinggian 1,5 cm dan laju aliran volumetrik masuk 30 L/s. (b) Kontur vektor kecepatan dengan ketinggian 4 cm	5
Gambar 2.3 Perbandingan kontur kecepatan untuk berbagai diameter hidrolis dan laju aliran masuk 80 L/s (a) Dh = 30 cm, (b) Dh = 60 cm, (c) Dh = 120 cm.....	6
Gambar 2.4 Aliran udara di sekitar dua kipas Bladeless, (a) Lingkaran, (b) Persegi.	7
Gambar 2.5 Subsonic Air Intake	20
Gambar 2.6 Aliran Laminar.....	21
Gambar 2.7 Aliran Turbulen	21
Gambar 2.8 Hukum Bernoulli	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Simulasi.	16
Gambar 3.3 Spesifikasi <i>Drone Bladeless</i>	18
Gambar 3.4 Spesifikasi <i>Electric Ducted Fan</i>	19
Gambar 3.5 (A) <i>Airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> (B) <i>Eppler 340</i> dan <i>Naca 0012</i>	31
Gambar 3.6 Desain <i>Duct Air</i>	31
Gambar 3.7 Import gambar pada <i>Solidworks</i>	32
Gambar 3.8 Penggunaan Mode <i>Lofted Cut</i>	23
Gambar 3.9 Kondisi Batas <i>Real Wall</i>	24
Gambar 3.10 Masa udara masuk	24
Gambar 3.11 Satuan yang digunakan pada <i>flow simulation</i>	26
Gambar 3.12 Kekasaran permukaan yang digunakan	26
Gambar 3.13 Kondisi awal berdasarkan lingkungan sekitar	27
Gambar 3.14 Proses <i>Meshing</i>	27
Gambar 3.15 <i>Goals Input</i>	28
Gambar 3.16 Proses <i>Iterasi</i>	28
Gambar 4.1 Kecepatan pada <i>airfoil Eppler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 25%....	26

Gambar 4.2 Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 50%....	40
Gambar 4.3 Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 75%..	41
Gambar 4.4 Kecepatan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 100%..	42
Gambar 4.5 Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 25%	43
Gambar 4.6 Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 50%	44
Gambar 4.7 Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 75%	44
Gambar 4.8 Kecepatan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 100%	45
Gambar 4.9 Tekanan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 25%.....	46
Gambar 4.10 Tekanan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 50%.....	46
Gambar 4.11 Tekanan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 75%...	47
Gambar 4.12 Tekanan pada <i>airfoil Epler 340</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 100%...	48
Gambar 4.13 Tekanan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 25% .	48
Gambar 4.14 Tekanan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 50% .	49
Gambar 4.15 Tekanan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 75%.	49
Gambar 4.16 Tekanan pada <i>airfoil Naca 24112</i> dan <i>Naca 0012</i> pada power 100%	50
Gambar 4.17 Grafik perbandingan nilai <i>Thrust</i>	57
Gambar 4.18 Grafik perbandingan nilai <i>Mass flow rate exit</i>	57
Gambar 4.19 Grafik <i>Thrust</i> dan <i>Mass flow rate exit</i> untuk kedua model	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya	18
Tabel 3.1 Dimensi <i>Drone bladeless</i>	19
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Electric Ducted Fan</i>	19
Tabel 4.1 <i>Goal Plot</i>	51
Tabel 4.2 Perhitungan Gaya dorong dan Laju aliran masa keluar	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Simulasi Desain 1 (Naca 24112 dan Naca 0012).....	53
Lampiran 2 Hasil Simulasi Desain 2 (Epler 340 dan Naca 0012)	54
Lampiran 3 Hasil Eksperimen Sementara <i>Duct Air</i>	55



DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
m	Massa udara	kg
\dot{m}	Laju aliran masa	kg/s
T	Suhu	°C
T	Gaya dorong	N
W	Gaya berat	N
D	Gaya hambat	N
L	Gaya angkat	N
ρ	Kerapatan udara	kg/m ³
V	Kecepatan aliran fluida	m/s
A	Luas area	m ²
h	Ketinggian	m
P	Tekanan	Pa
μ	Kekentalan udara	kg/ms
P_{∞}	Tekanan dinamis	Pa
θ	Sudut	°
τ_{ω}	<i>shear stress varies</i>	-
S	Batas	m
P_0	Tekanan Udara (sea level)	Pa
T_0	Temperatur gas ideal	K
μ_0	Kekentalan gas ideal	kg/ms
PTTA	Pesawat Terbang Tanpa Awak	-
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>	-
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	-