

**STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA *DRAG*  
PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK  
MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA**

TUGAS AKHIR



Oleh :

**MUHAMMAD AKBAR SALIM**  
**NIT : 30419039**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA  
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA  
2022**



**STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA DRAG  
PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK  
MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya  
(A.Md.) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh :

**MUHAMMAD AKBAR SALIM**  
**NIT : 30419039**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA  
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA  
2022**



## LEMBAR PERSETUJUAN

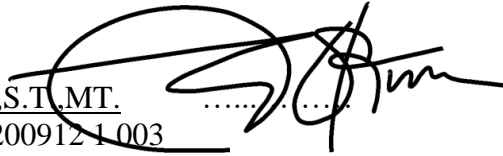
### STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA *DRAG* PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA

Oleh :

Muhammad Akbar Salim  
NIT. 30419039

Pembimbing I

: Gunawan Sakti, S.T., MT.  
NIP.19881001200912 1 003



Pembimbing II

: Rifdian Is, S.T., MM, MT.  
NIP.19810629200912 1 002



## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA *DRAG* PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA

Oleh:

Muhammad Akbar Salim  
NIT. 30419039

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus dalam Ujian Tugas Akhir Program  
Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara

Politeknik Penerbangan Surabaya Pada Tanggal : 19 Agustus 2022

Panitia Penguji :

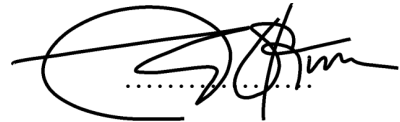
Ketua : SUKAHIR, S.Si.T., M.T.  
NIP. 19740714 199803 1 001



Sekretaris : EKO SETIJONO, S.T., MM  
NIP. 19640113201601 08 004



Anggota : GUNAWAN SAKTI, S.T., M.T.  
NIP. 19881001 200912 1 003



Ketua Program Studi  
D3 Teknik Pesawat Udara



GUNAWAN SAKTI, S.T., M.T.  
NIP. 19881001 200912 1 003

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan hidayah, rahmat dan inayah-nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cukup baik yang berjudul **”STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA DRAG PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA”** dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan program Diploma 3 Teknik Pesawat Udara Angkatan V di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Selama proses pembuatan tugas akhir penulis tentunya banyak menerima masukan, bantuan, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak M.Andra Adyatawarman, S.T., M.T selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Gunawan Sakti,S.T., MT selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Gunawan Sakti,S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Rifdian Is, S.T., MM., MT. selaku Dosen Pembimbing Penulisan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen dan instruktur pengajar Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah membimbing selama ini.
6. Kepada Ibu Desti Hermanita dan Bapak Sarpan Ja'al selaku orang tua saya yang telah memberikan doa serta bantuan secara materi,dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan angkatan D III Teknik Pesawat Udara angkatan V yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.
8. Seluruh sahabat, senior, junior, mentor, motivator, dan penyemangat dalam menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini bahwa masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak dengan lapang dada agar dapat membantu untuk menjadikan penulisan Tugas Akhir selanjutnya dengan lebih baik.

Akhir kata semoga penelitian dan penulisan ini dapat bermanfaat untuk kedepannya dan dapat dikembangkan, berguna bagi semua pihak dan tidak lupa pula saya ucapkan syukur kepada Allah SWT dimana akhirnya penulis dapat menyelesaikan Program Diploma III Teknik Pesawat Udara.

Surabaya, 10 Februari 2022

Muhammad Akbar Salim

## ABSTRAK

### “STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA *DRAG* PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA”

Oleh :

MUHAMMAD AKBAR SALIM

NIT: 30419039

*Dimple* atau beberapa cekungan pada permukaan bola golf secara ilmiah terbukti mampu meningkatkan laju pergerakannya di udara karena dapat menunda separasi aliran yang melalui permukaan bola golf tersebut sehingga *pressure drag*-nya lebih rendah. Mengingat torsi pada *returning blade* turbin Savonius berbanding lurus dengan *pressure drag*, maka dapat dimodifikasi dengan metode yang sama seperti bola golf yaitu menggunakan *dimple* pada permukaan cembungnya dengan tujuan untuk menurunkan *pressure drag*, sehingga daya turbin angin meningkat.

Metode penelitian dilakukan dengan cara eksperimental dengan mendesign 3D model turbin Savonius dengan *aspect ratio*  $\alpha=0.77$ , diameter *blade*  $d=100\text{ mm}$ , tinggi  $h=77\text{ mm}$ , kedalaman *dimple* pada *returning blade*  $k=1\text{ mm}$  dan jarak antara colomb *dimple*  $s=14^\circ$  relative terhadap titik pusat sudu turbin *blade*. Eksperimental dilaksanakan pada *Reynolds number*  $Re=3.15 \times 10^4$  dengan kecepatan  $V=5\text{ m/s}$ . Analisa dilakukan dengan membandingkan RPM, Torsi, dan Daya pada turbin konvensional dan turbin dengan *dimple convex blade*.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dengan menggunakan *dimple* RPM, Torsi dan Daya terbukti meningkat RPM = 8%, Torsi =28%, Daya =15 %. karena *pressure drag*-nya berkurang. Terbukti dengan parameter ukur tersebut meningkat maka telah terjadi pengurangan gaya *drag* sehingga penggunaan *dimple* terbukti secara ilmiah dapat meningkatkan performa aerodinamika turbin Savonius.

Kata kunci : *Dimple*, turbin Savonius, gaya *drag*, aerodinamika



## ABSTRACT

### "EXPERIMENTAL STUDY OF DRAG REDUCTION ON A PERFECT AXIS WIND TURBINE TO INCREASE AERODYNAMIC PERFORMANCE"

By :

MUHAMMAD AKBAR SALIM

NIT: 30419039

*Dimples or several hollows on the surface of the golf ball have been scientifically proven to be able to increase the rate of movement in the air because it can delay the separation of the flow through the surface of the golf ball so that the pressure drag is lower. Considering that the torque on the returning blade of the Savonius turbine is directly proportional to the pressure drag, it can be modified using the same method as a golf ball, namely using a dimple on its convex surface in order to reduce the pressure drag, so that the wind turbine power increases.*

*The research method was carried out experimentally by designing a 3D Savonius turbine model with aspect ratio =0.77, blade diameter  $d= 100$  mm, height  $h=77$  mm, dimple depth on returning blade  $k= 1$  mm and distance between colomb dimple  $s= 14^\circ$  relative to the center of the turbine blade. Experiments were carried out at Reynolds number  $Re= 3.15 \times 10^4$  with a speed of  $V=5$  m/s. The analysis is done by comparing the RPM, Torque, and Power on conventional turbines and turbines with dimple convex blades. Its efficiency is measured by power coefficient ( $C_p$ ) and moment coefficient ( $C_m$ ).*

*The expected results from this study using dimple RPM, torque and power increase because the pressure drag is reduced. If these measuring parameters increase, there has been a reduction in the drag force so that the use of dimples is scientifically proven to improve the aerodynamic performance of the Savonius turbine.*

*Keywords: Dimple, Savonius turbine, drag force, aerodynamics*

## PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Akbar Salim

NIT 30419039

Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara

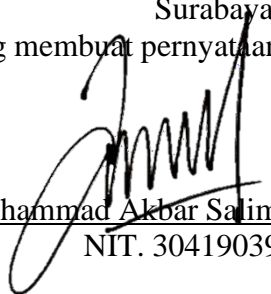
Judul Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMEN UPAYA  
PENGURANGAN GAYA *DRAG* PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK  
UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya,  
Yang membuat pernyataan

  
Muhammad Akbar Salim  
NIT. 30419039

## DAFTAR ISI

	Halaman
TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3. BATASAN MASALAH.....	3
1.4. TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.5. HIPOTESIS .....	4
1.6. MANFAAT PENULISAN.....	4
1.7. SISTEMATIKA PENELITIAN.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Teori Penunjang.....	6
2.1.3 Aliran Fluida.....	7
2.1.2.1 Aliran Laminer.....	7
2.1.2.2 Aliran Turbulen.....	8
2.1.4 Drag .....	9
2.1.5 Aspect ratio .....	10
2.1.6 Dimples.....	10
2.1.7 Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Vertical .....	12
2.1.7.1 Turbin Savonius .....	13
2.1.7.2 Turbin Darrieus.....	14
2.1.8 Parameter Performa Putaran Turbin Savonius.....	14
2.1.8.1. Torsi.....	14
2.1.8.2. RPM .....	15
2.1.8.3 Daya.....	16
2.1.8.4 Power Coefficient .....	16
2.1.8.5 Moment Coefficient.....	17
2.1.8.6 Reynolds Number .....	17
2.1.9 Instrument Pengujian .....	17
2.1.9.1 <i>Wind Tunnel</i> .....	17
2.1.9.2 Torque Transducer.....	20
2.1.9.3 Anemometer.....	23
2.1.9.4 Honeycomb.....	25

2.2	Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan.....	26
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	31
3.1	Desain Penelitian .....	31
3.1.1	Alur Penelitian .....	31
3.1.2	Desain Perencanaan Alat .....	32
3.1.3	Teknik Pengujian .....	33
3.2	Populasi, Sampel, dan Objek Penelitian .....	34
3.2.1	Populasi.....	34
3.2.2	Sampel .....	35
3.2.3	Objek Penelitian.....	35
3.3	Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian.....	35
3.3.1	Teknik Pengumpulan Data.....	35
3.3.2	Instrumen Penelitian .....	36
3.4	Teknik Analisis Data.....	37
3.5	Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1	Contoh Perhitungan, Ketelitian, dan Hasil Pengujian.....	39
4.1.1	Contoh Perhitungan .....	39
4.1.1.1	<i>Perhitungan Reynolds Number</i> .....	39
4.1.1.2	<i>Perhitungan TSR (<math>\lambda</math>)</i> .....	40
4.1.1.3	<i>Perhitungan Cp</i> .....	41
4.1.1.4	<i>Perhitungan Cm</i> .....	41
4.1.2	Ketelitian Perhitungan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2.1	<i>Reynolds Number</i> .....	42
4.1.2.2	<i>Uncertainty</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3	Parameter Ukur .....	44
4.2	Perbandingan dengan Penelitian Serupa .....	46
BAB 5	PENUTUP .....	48
	DAFTAR PUSTAKA .....	50
	LAMPIRAN.....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 wing boundary layer separation (Federal Aviation Adm, 2018).....	7
Gambar 2. 2 Aliran Laminer pada airfoil(Adjie, 2017) .....	8
Gambar 2. 3 Aliran Turbulen pada airfoil (Adjie, 2017) .....	8
Gambar 2. 4 Skema rotor Savonius single stage: (a) tampak depan; (b) tampak atas.(Mahmoud et al., 2012).....	10
Gambar 2. 5 Effects of dimples on golf ball (K.K et al., 2018).....	11
Gambar 2. 7 Wind Tunnel yang digunakan pada saat pengujian.....	18
Gambar 2. 8 Sirkuit terbuka aliran udara (DoCplayer.info ) .....	19
Gambar 2. 9 Torque Transducer yang digunakan pada saat pengujian. ....	20
Gambar 2. 10 Metal Foil Strain Gage. (ScientDirect).....	21
Gambar 2. 11 Strain Gage terikat pada Rotating Shaft (ScientDirect).....	22
Gambar 2. 12 Rotary Torque transducer dan Komponennya(ScientDirect) .....	22
Gambar 2. 13 Wind Anemometer yang berada di aerodynamic lab .....	23
Gambar 2. 14 Mental map of state of the art of Savonius wind turbines (Antoni et al., 2015).....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Proyeksi orthogonal turbin angin Savonius menggunakan dimple (Dok. Pribadi).....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A 1 . Turbin Angin Savonius Menggunakan Dimple .....	52
Lampiran A 2 Turbin Angin Savonius Konvensional.....	52
Lampiran B 1 Wind Tunnel .....	53
Lampiran B 2 Torque Transducer .....	53
Lampiran C 1 perhitungan pada Ms Excel.....	54
Lampiran C 2 Perhitungan TSR 0.8.....	54

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

$T_r$	= Torsi pada roda (Nm)
$r$	= Jari-jari roda (meter)
$F$	= Gaya sentrifugal dari benda berputar (N)
$\omega$	= kecepatan sudut (RPM atau rad/sekon)
$\pi$	= konstanta lingkaran = $\frac{22}{7}$
$T$	= periode (sekon)
$f$	= frekuensi (putaran/sekon)
$P$	= Daya (Watt)
$\omega$	= Putaran mesin (Radian/sec)
$T_m$	= Torsi mesin (Nm)
$n$	= Putaran mesin (RPM)
$C_p$	= <i>Coefficient of Power</i>
$P_t$	= <i>Power of Turbine</i>
$P_w$	= <i>Power of Wind</i>
$M$	= momen force (torque(Nm))
$\rho$	= density udara (kg/m <sup>2</sup> )
$A$	= luas turbin (m <sup>2</sup> )
$V$	= kecepatan aliran udara (m/s)





## DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, R. W. (2017). *Pengaruh Cekungan ( Dimple ) Yang Diterapkan Pada Plat*.
- Akhir, T., Perdana, D. W., & Surabaya, P. P. (2021). *PENGARUH PERUBAHAN KETEBALAN BALL BEARING TERHADAP PERFORMANCE TURBIN ANGIN SUMBU*.
- Alfonita, F. (2018). ANALISIS DAN PEMODELAN SAVONIUS VERTICAL AXIS WIND TURBINE DENGAN VARIASI BLADE TERHADAP ALIRAN UDARA DENGAN METODE cfd (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)Title. *Computers and Industrial Engineering*, 2(January), 6. <http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf><http://wwwlib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html><https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022><https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper><https://tore.tuhh.de/hand>
- Antoni, P., Pol, M., & García Almiñana, D. (2015). *Numerical study of flow through a Savonius wind turbine*.
- K.K, A., V.R, N., S, S. V. K., & R, A. (2018). Analyzing the Effect of Dimples on Wind Turbine Efficiency Using CFD. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(6), 4484. <https://doi.org/10.37622/ijaer/13.6.2018.4484-4489>
- Mahmoud, N. H., El-Haroun, A. A., Wahba, E., & Nasef, M. H. (2012). An experimental study on improvement of Savonius rotor performance. *Alexandria Engineering Journal*, 51(1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.07.003>
- Sakti, G., Cahyo, B. G., Wulansari, A., Regia, A., & Dharma, I. A. (2021). Numerical Investigation Aerodynamic Characteristic Installation I-650 Cylinder Type Upstream Bluffbody as Airflow Passive Control. *Journal of Physics: Conference Series*, 2117(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2117/1/012035>
- Sakti, Gunawan, Yuwono, T., & Widodo, W. A. (2019). Experimental and numerical investigation of I-65-type cylinder effect on the savonius wind

turbine performance. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 19(5), 115–125.

United States. Flight Standards Service. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook - General. 1*.

Yan, F., Yang, H., & Wang, L. (2021). Study of the drag reduction characteristics of circular cylinder with dimpled surface. *Water (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/w13020197>

Zhou, B., Wang, X., Guo, W., Gho, W. M., & Tan, S. K. (2015). Control of flow past a dimpled circular cylinder. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 69, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2015.07.020>

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Muhammad Akbar Salim** lahir di Talang Tengah pada tanggal 20 Juni 2001 anak ketiga dari empat bersaudara, mempunyai seorang adik yang bernama Muhammad Faith Haryadi (16) dari pasangan Bapak Sarpan (50) dan Ibu Desti Hermanita (45) tinggal di Desa Pagar Dewa Kecamatan Kota Manna Kabupaten Bengkulu Selatan. Pada tahun 2007 memulai pendidikan sekolah dasar di SDN 01 Bengkulu Selatan hingga lulus pada tahun 2013 kemudian melanjutkan

pendidikan di SMPN 01 Bengkulu Selatan hingga lulus pada tahun 2016 setelah itu melanjutkan pendidikan di SMK Penerbangan AAG Adisutjipto hingga lulus tahun 2019 dan akhirnya melanjutkan pendidikan sebagai taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya dengan mengambil program studi Teknik Pesawat Udara sampai dengan sekarang.

Harapan dari saya setelah melaksanakan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya semoga semua ilmu yang sudah saya dapatkan selama saya belajar di sini bisa bermanfaat dan juga berguna buat kedepannya nanti dan juga semoga saya bisa sukses didunia kerja nanti, saya juga berterima kasih kepada kedua orang tua yang telah mendukung saya hingga sejauh ini.

