

SKRIPSI
**STUDI EKSPERIMENT TURBIN ANGIN SAVONIUS
MENGGUNAKAN PROFIL NACA 2412**



LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Studi Eksperimen Turbin Angin Savonius Menggunakan Profil NACA 2412

Penyusun : Ahmad Adam Mulki

NIM : 1502617096

Pembimbing 1 : Drs. Sirojuddin, M. T.

Pembimbing 2 : Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D

Tanggal ujian : 3 Februari 2023

Disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Sirojuddin, M.T.

NIP. 196010271990031003

Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D.

NIP. 197110162008122001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.

NIP. 198310132008121002

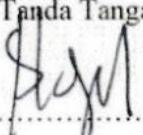
LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : Studi Eksperimen Turbin Angin Savonius Menggunakan Profil NACA 2412
Penyusun : Ahmad Adam Mulki
NIM : 1502617096
Tanggal Ujian : 3 Februari 2023

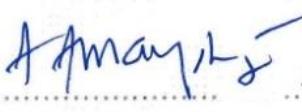
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Nama Dosen
Drs. H. Sirojuddin, M.T.
NIP. 196010271990031003
(Dosen Pembimbing I)

Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D
NIP. 197110162008122001
(Dosen Pembimbing II)

Tanda Tangan


Tanggal
17/2/23


23-3-2023

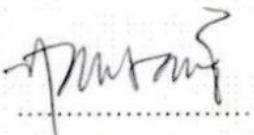
PENGESAHAN PANITIA UJIAN SPRIPSI

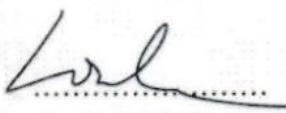
Yunita Sari, M.T.
NIP.196806062005012001
(Ketua Sidang)

Drs. Tri Bambang AK, M.Pd.
NIP. 196412021990031002
(Sekretaris Sidang)

Dr. Dyah Arum Wulandari, M.T.
NIP. 197708012008012006
(Dosen Ahli)


17-02-2023


23-3-2023


15-2-2023

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

- 1 Skripsi ini merupakan Karya asli saya serta belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
- 2 Skripsi ini belum dipublikasi, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
- 3 Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan 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 Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 13 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Ahmad Adam Mulki

NIM. 1502617096

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha Pengasih lagi Maha Penyayang, saya panjatkan puji syukur kehadirat-nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-nya sehingga penulis dapat menulis dan menyelesaikan penelitian yang berjudul **“STUDI EKSPERIMENT TURBIN ANGIN SAVONIUS MENGGUNAKAN PROFIL NACA 2412”**.

Adapun tujuan dalam pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh Mahasiswa S-1 Pendidikan Teknik Mesin untuk memenuhi syarat kelulusan dan beban sks yang diberikan kepada mahasiswa.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih memiliki kekurangan, dengan ini saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kebaikan penulisan dan penyusunan skripsi. Dengan selesainya penulisan skripsi ini, maka saya mengucapkan terimakasih kepada semua orang yang telah mendukung dan membantu saya. Dan saya berterimakasih juga kepada para pihak yang sudah terlibat secara langsung. Khususnya saya ucapan kepada:

1. Bapak Drs. Sirojudin, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran, dan juga motivasi dalam penelitian.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara moral maupun materil.
3. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T., selaku Ketua Koordinator Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Mesin.
4. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran, dan juga motivasi dalam penyusunan skripsi.
5. Seluruh rekan-rekan mahasiswa dan mahasiswi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
6. Teman – teman tim Turbin Angin Darrieus 2017, yaitu Ihsan Khairullah, Ismail Aziz, dan Sendi Prakoso.
7. Seluruh pihak yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna untuk semua pihak.

Jakarta, 10 Januari 2023

Penulis,



Ahmad Adam Mulki

NIM. 1502617096



ABSTRAK

Turbin angin Savonius adalah turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, sehingga turbin angin ini merupakan perangkat yang paling cocok digunakan di perkotaan untuk menghasilkan tenaga listrik. Hal ini dikarenakan kesederhanaan, kemudahan perawatan, dan keluaran daya yang dapat diterima dengan kecepatan rendah dan profil angin yang sangat bervariasi.

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan rata – rata kecepatan angin 4 m/s, 3,5 m/s, dan 3 m/s yang berasal dari 4 buah kipas angin dan dilengkapi dengan *wind tunnel*, yang dimaksudkan agar hasil maksimal. Profil *blade* turbin 2D dibuat berbasis aplikasi web *airfoiltools.com* dengan panjang *chord* 432 mm, radius 137,5 mm, dan ketebalan 40%, kemudian dikonversi ke AutoCad, dan bentuk 3D dibuat menggunakan SolidWorks. Nilai gaya *drag*, gaya *lift*, dan torsi dianalisis menggunakan *CFD flow simulation* dan eksperimen.

Hasil simulasi dan eksperimen menunjukkan nilai torsi dan daya tertinggi berada pada posisi sudut azimuth 135° dan 315°. Nilai torsi terbesarnya adalah 0,24 Nm pada kecepatan angin 3 m/s, 0,275 Nm pada kecepatan angin 3,5 m/s dan 0,39 Nm pada kecepatan 4 m/s. Nilai daya sebesar 1,66 watt pada kecepatan 3 m/s, 2,6 watt pada kecepatan 3,5 m/s, dan 4,00 watt pada kecepatan 4 m/s. selain itu diperoleh juga nilai CP terbesar berapada pada posisi sudut azimuth 135° dan 315° sebesar 0,245 pada kecepatan 3 m/s, 0,242 pada kecepatan 3,5 m/s, dan 0,25 pada kecepatan 4 m/s.

Kata kunci: *Blade NACA 2412*, Daya, Torsi, Turbin Angin Savonius

ABSTRACT

The Savonius wind turbine is a wind turbine that can operate at low wind speeds, so this wind turbine is the most suitable device for use in urban areas to generate electricity. This is due to their simplicity, ease of maintenance, and acceptable power output at low speeds and highly variable wind profiles.

In this study, experiments were carried out using an average wind speed of 4 m/s, 3.5 m/s, and 3 m/s blown by 4 fans and equipped with a wind tunnel, which is intended for maximum results. A 2D turbine blade profile was created based on the airfoiltools.com web application with a chord length of 432 mm, a radius of 137.5 mm, and a thickness of 40%, then converted to AutoCad, and 3D shapes created using SolidWorks. Drag force, lift force, and torque values were analyzed using CFD flow simulation and experiments.

The simulation and experimental results show that the highest torque and power values are at the azimuth angles of 135° and 315°. The maximum torque value is 0.24 Nm at a wind speed of 3 m/s, 0.275 Nm at a wind speed of 3.5 m/s and 0.39 Nm at a speed of 4 m/s. The rated power is 1.66 watts at 3 m/s, 2.6 watts at 3.5 m/s, and 4.00 watts at 4 m/s. In addition, the largest CP values were obtained at the azimuth angles of 135° and 315° of 0.245 at a speed of 3 m/s, 0.242 at a speed of 3.5 m/s, and 0.25 at a speed of 4 m/s.

Key words : NACA 2412 Blade, Power, Torque, Savonius Wind Turbine

,



DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR PENGESAHAN II..... | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | vi |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 2 |
| 1.3 Pembatas Masalah | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB II KAJIAN TEORI..... | 5 |
| 2.1 Pengertian Perancangan | 5 |
| 2.2 Turbin Angin | 6 |
| 2.3 Turbin Angin Savonius | 8 |
| 2.4 Potensi Energi Angin di Indonesia..... | 9 |
| 2.5 NACA Airfoil..... | 10 |
| 2.6 Autodesk Autocad | 12 |
| 2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan Solidworks | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 14 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 14 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian | 14 |
| 3.3 Diagram Alir..... | 18 |
| 3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data | 20 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.5 | Pembuatan Turbin Angin Savonius..... | 29 |
| 3.6 | Teknik Analisis Data dan Uji Coba Turbin Angin Savonius | 30 |
| | BAB IV HASIL PENELITIAN | 35 |
| 4.1 | Deskripsi Hasil Penelitian | 35 |
| 4.2 | Analisis Data Penelitian | 56 |
| 4.3 | Pembahasan | 60 |
| 4.4 | Aplikasi Hasil Penelitian | 62 |
| 4.5 | Perbandingan Dengan Turbin Savoivus Lain..... | 62 |
| | BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 64 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 64 |
| 5.2 | Saran | 64 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 66 |
| | LAMPIRAN – LAMPIRAN | 69 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 pengelompokan potensi energi angin..... | 10 |
| Tabel 3.1 <i>Software</i> yang digunakan | 14 |
| Tabel 3.2 <i>Hardware</i> yang digunakan..... | 15 |
| Tabel 4.1 Nilai gaya uji coba eksperimen | 50 |
| Tabel 4.2 Nilai torsi dan daya uji coba eksperimen 3 m/s | 51 |
| Tabel 4.3 Nilai torsi dan daya uji coba eksperimen 3,5 m/ | 53 |
| Tabel 4.4 Nilai torsi dan daya uji coba eksperimen 4 m/s | 54 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Diagram alir prosedur umum perancangan (Nur & Suyuti, 2017)..... | 5 |
| Gambar 2.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal..... | 7 |
| (Sumber: Zhongzhou Yang, 2013)..... | 7 |
| Gambar 2.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal..... | 8 |
| Gambar 2.4 Turbin Angin Savonius (Muttaqin, 2016)..... | 9 |
| Gambar 2.5 NACA Airfoil..... | 11 |
| Gambar 2.6 Gaya Aerodinamis pada Sudu | 11 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir | 18 |
| Gambar 3.1 merupakan diagram alir dari penelitian ini. Berikut adalah uraian daripada diagram alir..... | 18 |
| Gambar 3.2 Data <i>setup</i> Airfoiltools NACA..... | 22 |
| Gambar 3.3 Koordinat hasil <i>setup</i> Airfoiltools NACA..... | 22 |
| Gambar 3.4 NACA 2412 model 2 dimensi | 23 |
| Gambar 3.5 NACA 2412 model 3 dimensi | 23 |
| Gambar 3.6 Turbin angin savonius dengan NACA 2412 | 24 |
| Gambar 3.7 Memilih tipe aliran dan menentukan gravitasi | 24 |
| Gambar 3.8 Memilih jenis fluida | 25 |
| Gambar 3.9 Menentukan arah dan besar kecepatan..... | 26 |
| Gambar 3.10 Menentukan besaran komputasi domain | 26 |
| Gambar 3.11 Menentukan ukuran <i>meshing</i> | 27 |
| Gambar 3.12 Menentukan goals yang ingin diketahui..... | 27 |
| Gambar 3.13 Tampilan proses simulasi sedang bejalan | 28 |
| Gambar 3.14 Tampilan proses simulasi sudah selesai | 28 |
| Gambar 3.15 Bentuk <i>blade</i> NACA 2412 | 29 |
| Gambar 3.16 Turbin angin savonius | 30 |
| Gambar 3.17 Pengukuran kecepatan angina | 31 |
| Gambar 3.18 Spesifikasi Anemometer Digital AMF-006 | 31 |
| Gambar 3.19 Spesifikasi Digital Neraca WuiHeng | 32 |
| Gambar 3.20 Spesifikasi Tachometer UNI-T UT373 | 32 |
| Gambar 3.21 Skema pengujian turbin angin savonius..... | 33 |
| Gambar 3.22 Sistem pengereman untuk pengambilan gaya <i>drag</i> | 34 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1 Nilai Fd, Fy, Cd, Cl <i>blade</i> pada posisi 0°..... | 35 |
| Gambar 4.2 Gambar permukaan yang terkena aliran angin..... | 35 |
| Gambar 4.3 Grafik perbandingan Cd dan Cl pada setiap sudut azimuth | 36 |
| Gambar 4.4 Posisi turbin sudut azimuth 0°..... | 37 |
| Gambar 4.5 Posisi turbin sudut azimuth 15°..... | 37 |
| Gambar 4.6 Posisi turbin sudut azimuth 30°..... | 38 |
| Gambar 4.7 Posisi turbin sudut azimuth 45°..... | 38 |
| Gambar 4.8 Posisi turbin sudut azimuth 60°..... | 38 |
| Gambar 4.9 Posisi turbin sudut azimuth 75°..... | 39 |
| Gambar 4.10 Posisi turbin sudut azimuth 90°..... | 39 |
| Gambar 4.11 Posisi turbin sudut azimuth 105°..... | 39 |
| Gambar 4.12 Posisi turbin sudut azimuth 120°..... | 40 |
| Gambar 4.13 Posisi turbin sudut azimuth 135°..... | 40 |
| Gambar 4.14 Posisi turbin sudut azimuth 150°..... | 40 |
| Gambar 4.15 Posisi turbin sudut azimuth 165°..... | 41 |
| Gambar 4.16 Tampilan aliran fluida saat <i>CFD flow simulation</i> | 41 |
| Gambar 4.17 Nilai torsi posisi 0° kec 4 m/s | 42 |
| Gambar 4.18 Nilai torsi posisi 0° kec 3,5 m/s | 42 |
| Gambar 4.19 Nilai torsi posisi 0° kec 3 m/s | 42 |
| Gambar 4.20 Nilai torsi posisi 15° kec 4 m/s | 42 |
| Gambar 4.21 Nilai torsi posisi 15° kec 3,5 m/s | 43 |
| Gambar 4.22 Nilai torsi posisi 15° kec 3 m/s | 43 |
| Gambar 4.23 Nilai torsi posisi 30° kec 4 m/s | 43 |
| Gambar 4.24 Nilai torsi posisi 30° kec 3,5 m/s | 43 |
| Gambar 4.25 Nilai torsi posisi 30° kec 3 m/s | 43 |
| Gambar 4.26 Nilai torsi posisi 45° kec 4 m/s | 44 |
| Gambar 4.27 Nilai torsi posisi 45° kec 3,5 m/s | 44 |
| Gambar 4.28 Nilai torsi posisi 45° kec 3 m/s | 44 |
| Gambar 4.29 Nilai torsi posisi 60° kec 4 m/s | 44 |
| Gambar 4.30 Nilai torsi posisi 60° kec 3,5 m/s | 45 |
| Gambar 4.31 Nilai torsi posisi 60° kec 3 m/s | 45 |
| Gambar 4.32 Nilai torsi posisi 75° kec 4 m/s | 45 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.33 Nilai torsi posisi 75° kec 3,5 m/s | 45 |
| Gambar 4.34 Nilai torsi posisi 75° kec 3 m/s | 45 |
| Gambar 4.35 Nilai torsi posisi 90° kec 4 m/s | 46 |
| Gambar 4.36 Nilai torsi posisi 90° kec 3,5 m/s | 46 |
| Gambar 4.37 Nilai torsi posisi 90° kec 3 m/s | 46 |
| Gambar 4.38 Nilai torsi posisi 105° kec 4 m/s | 46 |
| Gambar 4.39 Nilai torsi posisi 105° kec 3,5 m/s | 46 |
| Gambar 4.40 Nilai torsi posisi 105° kec 3 m/s | 47 |
| Gambar 4.41 Nilai torsi posisi 120° kec 4 m/s | 47 |
| Gambar 4.42 Nilai torsi posisi 120° kec 3,5 m/s | 47 |
| Gambar 4.43 Nilai torsi posisi 120° kec 3 m/s | 47 |
| Gambar 4.44 Nilai torsi posisi 135° kec 4 m/s | 47 |
| Gambar 4.45 Nilai torsi posisi 135° kec 3,5 m/s | 48 |
| Gambar 4.47 Nilai torsi posisi 150° kec 4 m/s | 48 |
| Gambar 4.48 Nilai torsi pada posisi 150° kec 3,5 m/s | 48 |
| Gambar 4.49 Nilai torsi pada posisi 150° kec 3 m/s | 48 |
| Gambar 4.50 Nilai torsi posisi 165° kec 4 m/s | 49 |
| Gambar 4.51 Nilai torsi posisi 165° kec 3,5 m/s | 49 |
| Gambar 4.52 Nilai torsi posisi 165° kec 3 m/s | 49 |
| Gambar 4.54 Grafik uji torsi kecepatan 3 m/s | 52 |
| Gambar 4.55 Grafik hasil daya kecepatan 3 m/s..... | 52 |
| Gambar 4.56 Grafik uji torsi kecepatan 3,5 m/s | 53 |
| Gambar 4.57 Grafik hasil daya kecepatan 3,5 m/s..... | 54 |
| Gambar 4.58 Grafik uji torsi kecepatan 4 m/s | 55 |
| Gambar 4.59 Grafik daya uji eksperimen | 55 |
| Gambar 4.60 Grafik perbandingan torsi kecepatan 3 m/s..... | 56 |
| Gambar 4.61 Grafik perbandingan torsi kecepatan 3,5 m/s..... | 56 |
| Gambar 4.62 Grafik perbandingan torsi kecepatan 4 m/s..... | 57 |
| Gambar 4.63 Grafik perbandigan daya kecepatan 3 m/s | 57 |
| Gambar 4.64 Grafik perbandingan daya keccepataan 3,5 m/s..... | 58 |
| Gambar 4.65 Grafik perbandingan daya kecepatan 4 m/s | 59 |
| Gambar 4.66 Grafik nilai CP | 59 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.67 Grafik TSR dari kecepatan angin 3 m/s, 3,5 m/s, dan 4 m/s..... | 60 |
| Gambar 4.68 Posisi turbin yang memiliki torsi dan daya terbesar | 61 |
| Gambar 4.69 Posisi turbin yang memiliki torsi dan daya terkecil | 61 |
| Gambar 4.70 Grafik perbandigan Ct..... | 62 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. Produk yang Dibuat..... | 70 |
| Lampiran 2. Data Kecepatan Angin di Indonesia | 71 |
| Lampiran 3. Preliminary Design | 72 |
| Lampiran 5. Kecepatan Angin pada Wind Tunnel..... | 79 |
| Lampiran 6. Hasil Pengujian Eksperimen..... | 81 |
| Lampiran 7. Kontur Tekanan dan Kecepatan Hasil <i>CFD Flow Simulation</i> | 91 |
| Lampiran 8. Daftar Riwayat Hidup..... | 118 |

