



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

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



**OPTIMASI DESAIN TURBIN ANGIN SAVONIUS *HELIX*  
PADA KONDISI KECEPATAN ANGIN FLUKTUATIF DI  
WILAYAH KEPULAUAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Dimas Rizky Saputra  
NIM 2202431045**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

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



**OPTIMASI DESAIN TURBIN ANGIN SAVONIUS *HELIX*  
PADA KONDISI KECEPATAN ANGIN FLUKTUATIF DI  
WILAYAH KEPULAUAN**

**SKRIPSI**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi,

Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

**Dimas Rizky Saputra**

**NIM 2202431045**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2026**



**Hak Cipta :**

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

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**SKRIPSI**

**OPTIMASI DESAIN TURBIN ANGIN *SAVONIUS HELIX* PADA KONDISI  
KECEPATAN ANGIN FLUKTUATIF DI WILAYAH KEPULAUAN**

Oleh:  
Dimas Rizky Saputra  
NIM. 2202431045  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh

Pembimbing 1

Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si.  
NIP.1966041619951220001

Pembimbing 2

Muhammad Ridwan, S.Hum., M.Hum  
NIP.198609232022031003

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.  
NIP.199107212018032001



**Hak Cipta :**

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

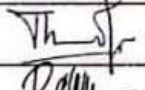
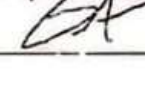
**HALAMAN PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

**OPTIMASI DESAIN TURBIN ANGIN *SAVONIUS HELIX* PADA KONDISI  
KECEPATAN ANGIN FLUKTUATIF DI WILAYAH KEPULAUAN**

Oleh:  
Dimas Rizky Saputra  
Nim. 2202431045  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan  
Penguji pada tanggal 25 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan  
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

**DEWAN PENGUJI**

| No | Nama                                 | Posisi Penguji | Tanda Tangan                                                                          | Tanggal     |
|----|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1  | Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si. | Ketua          |  | 3 Juli 2026 |
| 2  | Ratna Khoirunnisa, S.S., M.Hum.      | Anggota        |  | 3 Juli 2026 |
| 3  | Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.       | Anggota        |  | 3 Juli 2026 |

Depok, 25 Juni 2026

Disahkan oleh:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.  
NIP.197602252000121002



**Hak Cipta :**

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

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Rizky Saputra

NIM : 2202431045

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) ini adalah hasil karya Saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 25 Juni 2026

Dimas Rizky Saputra

Nim. 2202431045



Hak Cipta :

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

## OPTIMASI DESAIN TURBIN ANGIN SAVONIUS *HELIX* PADA KONDISI KECEPATAN ANGIN FLUKTUATIF DI WILAYAH KEPULAUAN

Dimas Rizky Saputra, Tatun Hayatun Nufus, Muhamad Ridwan

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: [dimas.rizky.saputra.tn22@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:dimas.rizky.saputra.tn22@mhs.w.pnj.ac.id)

### ABSTRAK

Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala kecil di Pulau Laguna menggunakan turbin *Savonius Helix* dengan target daya 300 Watt, namun pengukuran aktual pada kecepatan angin 7 m/s hanya menghasilkan daya 26,1 Watt dengan koefisien daya ( $C_p$ ) sebesar 16,6%, jauh di bawah rentang teoritis 20–35%, sehingga terjadi *performance gap* yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain rotor turbin *Savonius Helix* melalui variasi tiga parameter geometri secara simultan, yaitu jumlah sudu (2 dan 3 sudu), *aspect ratio* ( $AR = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$ ), serta penambahan *end plate*, guna meningkatkan nilai  $C_p$  pada kondisi kecepatan angin fluktuatif di wilayah kepulauan. Penelitian menggunakan metode hibrida yang menggabungkan observasi lapangan di Pulau Laguna dengan simulasi numerik berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan ANSYS Fluent, model turbulensi  $k-\omega$  SST, dan teknik sliding mesh 3D transient. Simulasi dilakukan pada tiga kategori kecepatan angin, yaitu rendah (4 m/s), sedang (5,5 m/s), dan tinggi (7 m/s), dengan seleksi desain menggunakan metode eliminasi parametrik bertahap. Hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa konfigurasi 2 sudu menghasilkan  $C_p$  lebih tinggi dibandingkan 3 sudu, peningkatan *aspect ratio* secara konsisten meningkatkan  $C_p$ , dan penambahan *end plate* efektif mereduksi fenomena tip vortex sehingga meningkatkan perbedaan tekanan antara advancing blade dan returning blade. Konfigurasi optimal yang diperoleh adalah turbin *Savonius Helix* 2 sudu dengan *aspect ratio* 2,22 dan penambahan *end plate*, yang menghasilkan  $C_p$  tertinggi dan distribusi torsi paling stabil di antara seluruh variasi yang diuji. Desain ini mampu meminimalkan *performance gap* antara performa aktual dan teoritis, sehingga memberikan rekomendasi teknis yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi sistem PLTB skala kecil di wilayah kepulauan Indonesia.

**Kata Kunci:** *Savonius Helix*, *Aspect ratio*, Jumlah Sudu, *End plate*, *Coefficient of power*, CFD.



**Hak Cipta :**

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

## Optimization of Savonius Helix Wind Turbine Design under Fluctuating Wind Speed Conditions in Island Regions

Dimas Rizky Saputra, Tatun Hayatun Nufus, Muhamad Ridwan

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: [dimas.rizky.saputra.tm22@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:dimas.rizky.saputra.tm22@mhs.w.pnj.ac.id)

### ABSTRAK

A small-scale Wind Power Plant (PLTB) at Pulau Laguna utilizes a Savonius Helix turbine with a target power output of 300 W. However, actual measurements at a wind speed of 7 m/s showed that the turbine generated only 26.1 W with a coefficient of power ( $C_p$ ) of 16.6%, which is significantly lower than the theoretical range of 20–35%, resulting in a substantial performance gap. This study aims to optimize the rotor design of the Savonius Helix turbine through the simultaneous variation of three geometric parameters, namely the number of blades (2 and 3 blades), aspect ratio ( $AR = 1.0, 1.5, 2.0, \text{ and } 2.5$ ), and the addition of end plates, in order to improve the  $C_p$  value under fluctuating wind conditions in island regions. A hybrid approach was employed by combining field observations at Pulau Laguna with numerical simulations based on Computational Fluid Dynamics (CFD) using ANSYS Fluent, the  $k-\omega$  SST turbulence model, and a three-dimensional transient sliding mesh technique. Simulations were conducted at three wind speed categories, namely low (4 m/s), medium (5.5 m/s), and high (7 m/s), while design selection was performed using a stepwise parametric elimination method. The CFD simulation results indicate that the 2-blade configuration produced higher  $C_p$  values than the 3-blade configuration, increasing the aspect ratio consistently improved  $C_p$ , and the addition of end plates effectively reduced tip vortex phenomena, thereby enhancing the pressure difference between the advancing blade and returning blade. The optimum configuration was identified as a 2-blade Savonius Helix turbine with an aspect ratio of 2.22 and end plates, which achieved the highest  $C_p$  value and the most stable torque distribution among all tested configurations. This design was able to minimize the performance gap between actual and theoretical performance and provides a technical recommendation that can be implemented to improve the efficiency of small-scale wind power systems in the Indonesian archipelago.

**Keywords:** Savonius Helix, Aspect ratio, Blade Number, End plate, Coefficient of power, CFD.



**Hak Cipta :**

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

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optimasi Desain Turbin Angin *Savonius Helix* pada Kondisi Kecepatan Angin Fluktuatif di Wilayah Kepulauan" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini merupakan bagian dari proses akademik yang penuh dengan tantangan, pengalaman, serta pembelajaran yang berharga bagi penulis. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, motivasi, serta bantuan dari berbagai pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan skripsi ini.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, kesehatan, kekuatan, dan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan seluruh rangkaian studi hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan dukungan selama proses perkuliahan.
3. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. selaku K Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang telah memberikan arahan dan fasilitas selama penulis menempuh pendidikan.
4. Ibu Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si dan Bapak Muhammad Ridwan, S.Hum., M.Hum, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, serta arahan yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

5. Kedua orang tua tercinta serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun material, kasih sayang, serta semangat yang tiada henti kepada penulis.
6. Rekan terdekat penulis, Aulia Nur Fauzia, serta rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Angkatan 2022 yang telah menjadi teman berbagi ilmu, pengalaman, serta memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan kontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi penyempurnaan karya ilmiah ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan dan teknologi turbin angin.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 25 Juni 2026

Dimas Rizky Saputra  
NIM.2202431045



**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR ISI**

|                                                         |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                 | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                    | ii   |
| ABSTRAK .....                                           | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                                    | vi   |
| DAFTAR ISI.....                                         | viii |
| DAFTAR TABEL.....                                       | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                     | xi   |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                 | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Penulisan.....                       | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....                    | 3    |
| 1.3 Pertanyaan Penelitian .....                         | 4    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                             | 4    |
| 1.5 Manfaat Penulisan.....                              | 5    |
| 1.6 Sistematis Penulisan.....                           | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                            | 8    |
| 2.1 Landasan Teori.....                                 | 8    |
| 2.1.1 Energi Angin .....                                | 8    |
| 2.1.2 Turbin Angin Savonius .....                       | 13   |
| 2.1.3 Parameter Performansi Aerodinamis.....            | 18   |
| 2.2 Kajian Literatur .....                              | 24   |
| 2.3 Kerangka Pemikiran.....                             | 26   |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                          | 28   |
| 3.1 Jenis Penelitian.....                               | 28   |
| 3.2 Objek Penelitian.....                               | 28   |
| 3.3 Metode Pengambilan Sampel.....                      | 29   |
| 3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian .....              | 31   |
| 3.5 Prosedur Penelitian.....                            | 32   |
| 3.5.1 Tahap Pra-Simulasi .....                          | 32   |
| 3.5.2 Tahap Simulasi .....                              | 33   |
| 3.5.3 Tahap Analisis.....                               | 34   |
| 3.6 Metode Pengumpulan Data .....                       | 34   |
| 3.6.1 Observasi dan Identifikasi Temuan Awal .....      | 34   |
| 3.6.2 Studi Literatur dan Validasi Parameter Acuan..... | 35   |



**Hak Cipta :**

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

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 3.6.3 Eksperimen Numerik Berbasis CFD (Simulasi)..... | 35 |
| 3.7 Metode Analisis Data.....                         | 36 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....          | 39 |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                            | 39 |
| 4.1.1 Hasil Observasi Aktual.....                     | 39 |
| 4.1.2 Hasil Simulasi.....                             | 46 |
| 4.2 Pembahasan.....                                   | 63 |
| 4.2.1 Karakteristik Aerodinamis Turbin Savonius ..... | 63 |
| 4.2.2 Analisis <i>Cost Efficient</i> .....            | 72 |
| 4.2.3 Rekomendasi Desain .....                        | 79 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                       | 82 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                  | 82 |
| 5.2 Saran.....                                        | 83 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                  | 84 |
| LAMPIRAN.....                                         | 85 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR TABEL**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Tingkatan Kecepatan Angin.....                                 | 10 |
| Tabel 4.1 Data Pengujian Hari Pertama .....                              | 39 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Hari Kedua.....                                | 40 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Hari Ketiga .....                              | 41 |
| Tabel 4.4 Hasil Nilai TSR.....                                           | 46 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Jumlah Sudu .....                              | 49 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Diameter 0,4 Meter.....                        | 51 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Diameter 0,45 Meter.....                       | 51 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Diameter 0,5 Meter.....                        | 52 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Diameter 0,55 Meter.....                       | 52 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Diameter 0,6 Meter.....                       | 52 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Tinggi 1 Meter .....                          | 57 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian Tinggi 1,5 Meter.....                         | 57 |
| Tabel 4.13 Hasil Pengujian Tinggi 2 Meter .....                          | 58 |
| Tabel 4.14 Hasil Simulasi <i>Non End plate</i> .....                     | 61 |
| Tabel 4.15 Hasil Simulasi dengan <i>End plate</i> .....                  | 61 |
| Tabel 4.16 Perbandingan <i>Cost</i> Desain Kecepatan Angin 5,5 m/s ..... | 72 |
| Tabel 4.17 Perbandingan <i>Cost</i> Desain Kecepatan Angin 7 m/s .....   | 73 |



**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR GAMBAR**

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Pola Sirkulasi Angin .....                                | 9  |
| Gambar 2.2 Kurva Kecepatan Angin berdasarkan Daya keluaran.....      | 15 |
| Gambar 2.3 Kurva Teoritis Turbin Angin.....                          | 20 |
| Gambar 2.4 Diagram Kerangka Pemikiran.....                           | 27 |
| Gambar 3.1 Instalasi Awal Turbin.....                                | 29 |
| Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....                              | 36 |
| Gambar 4.1 Geometri 3D Aktual Turbin.....                            | 43 |
| Gambar 4.2 Spesifikasi Turbin <i>Savonius Helix</i> .....            | 43 |
| Gambar 4.3 Grafik <i>Performance Gap</i> .....                       | 44 |
| Gambar 4.4 Grafik TSR terhadap $C_p$ .....                           | 47 |
| Gambar 4.5 Grafik Jumlah Sudu.....                                   | 50 |
| Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Diameter Sudu D40 terhadap D45.....   | 54 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Diameter Sudu D45 terhadap D50.....   | 55 |
| Gambar 4.8 Grafik perbandingan Diameter Sudu D45 terhadap D55.....   | 55 |
| Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Diameter Sudu D45 terhadap D60.....   | 56 |
| Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Tinggi Sudu T100 terhadap T150.....  | 59 |
| Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tinggi Sudu T100 terhadap T200.....  | 59 |
| Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Penambahan <i>End plate</i> .....    | 62 |
| Gambar 4.13 Contour Simulasi 2 Sudu Kecepatan Angin 5,5 m/s.....     | 63 |
| Gambar 4.14 Contour Simulasi 2 Sudu Kecepatan Angin 7 m/s.....       | 64 |
| Gambar 4.15 Contour Simulasi 3 Sudu Kecepatan Angin 5,5 m/s.....     | 64 |
| Gambar 4.16 Countor Simulasi 3 Sudu Kecepatan Angin 7 m/s.....       | 64 |
| Gambar 4.17 Contour Diameter 0,45 Meter Kecepatan Angin 5,5 m/s..... | 66 |
| Gambar 4.18 Contour Diameter 0,45 Meter Kecepatan Angin 7 m/s.....   | 66 |
| Gambar 4.19 Contour Diameter 0,5 Meter Kecepatan Angin 5,5 m/s.....  | 66 |
| Gambar 4.20 Contour Diameter 0,5 Meter Kecepatan Angin 7 m/s.....    | 67 |
| Gambar 4.21 Contour Tinggi 1 Meter Kecepatan Angin 5,5 m/s.....      | 68 |
| Gambar 4.22 Contour Tinggi 1 Meter Kecepatan Angin 7 m/s.....        | 68 |
| Gambar 4.23 Contour Tinggi 1,5 Meter Kecepatan Angin 5,5 m/s.....    | 68 |
| Gambar 4.24 Contour Tinggi 1,5 Meter Kecepatan Angin 7 m/s.....      | 69 |
| Gambar 4.25 Contour <i>End plate</i> Kecepatan Angin 5,5 m/s.....    | 70 |
| Gambar 4.26 Contour <i>End plate</i> Kecepatan Angin 7 m/s.....      | 70 |



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.27 Contour <i>Non End plate</i> Kecepatan Angin 5,5 m/s .....  | 71 |
| Gambar 4.28 Contour <i>Non End plate</i> Kecepatan Angin 7 m/s .....    | 71 |
| Gambar 4.29 Grafik <i>Performance Gap</i> Setelah <i>Redesign</i> ..... | 80 |





Hak Cipta :

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

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penulisan

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi. Konsumsi listrik per kapita tercatat meningkat dari 1.173 kWh pada tahun 2022 menjadi 1.285 kWh pada tahun 2023 (Pambudi et al., 2025). Untuk memenuhi kebutuhan tersebut sekaligus menekan emisi gas rumah kaca, pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) menjadi salah satu solusi utama. Energi angin merupakan salah satu sumber EBT yang memiliki potensi besar di Indonesia dengan estimasi mencapai 154,9 GW, namun pemanfaatannya masih tergolong rendah yaitu sekitar 157,41 MW. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengembangan teknologi turbin angin yang sesuai dengan karakteristik angin di Indonesia masih sangat diperlukan (Hidayat, 2022; Ranti Darwin et al., 2025).

Potensi energi angin di Indonesia umumnya terdapat di wilayah pesisir dan kepulauan dengan karakteristik kecepatan angin relatif rendah, fluktuatif, dan *multidirectional*. Pada kondisi tersebut, turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine / VAWT*) tipe Savonius menjadi pilihan yang tepat karena memiliki konstruksi sederhana, biaya perawatan rendah, serta kemampuan *self-starting* pada kecepatan angin rendah (Ritapure et al., 2024; Siagian et al., 2023). Selain itu, turbin Savonius dinilai efektif diterapkan pada wilayah terpencil dan kepulauan untuk mendukung pembangkit listrik skala kecil karena mudah diintegrasikan dengan infrastruktur lokal (Ahmad Marabdi Siregar & Lubis, 2019; Silla et al., 2022). Oleh karena itu, pada instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala kecil di Pulau Laguna digunakan turbin *Savonius Helix* dengan target daya keluaran sebesar 300 Watt sebagai upaya pemanfaatan energi angin lokal.

Namun demikian, implementasi turbin *Savonius Helix* di lapangan masih menghadapi permasalahan kinerja yang signifikan. Berdasarkan hasil pengukuran aktual pada instalasi awal di Pulau Laguna, satu unit turbin pada



**Hak Cipta :**

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

kecepatan angin 7 m/s hanya menghasilkan daya sebesar 26,1 Watt, jauh di bawah potensi teoritis sebesar 157 Watt berdasarkan energi kinetik dan spesifikasi desain. Kondisi ini menunjukkan adanya *performance gap* antara performa teoritis dan performa aktual turbin di lapangan. Turbin hanya mampu mengekstraksi energi angin menjadi daya mekanik sebesar 16,6%, sedangkan secara teori turbin *Savonius Helix* dapat mencapai koefisien daya (*coefficient of power / Cp*) sebesar 20%–35% pada kondisi optimum (Al-Gburi, 2023; Zemamou et al., 2018). Rendahnya nilai *Cp* menunjukkan bahwa desain rotor eksisting belum optimal pada kondisi angin fluktuatif di wilayah kepulauan. Selain menurunkan performa, rendahnya efisiensi juga meningkatkan kebutuhan jumlah turbin untuk mencapai target daya 300 Watt sehingga berdampak pada kenaikan biaya investasi, instalasi, dan perawatan sistem PLTB skala kecil.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa rendahnya performa turbin *Savonius* pada kondisi angin tidak stabil disebabkan oleh turbulensi aliran, *ripple torque*, dan kehilangan energi akibat *tip vortex* pada ujung (Divakaran et al., 2021). Turbin *Savonius* di wilayah pesisir dan kepulauan mengalami penurunan efisiensi akibat karakteristik angin yang tidak *laminar*. Selain itu, desain *Savonius* konvensional menghasilkan torsi yang kurang stabil sehingga efisiensi daya menjadi rendah pada kondisi angin berubah-ubah (Zemamou et al., 2018). Di sisi lain, beberapa penelitian berhasil meningkatkan performa turbin melalui modifikasi geometri rotor seperti penggunaan sudu heliks, optimasi *aspect ratio*, variasi jumlah sudu, dan penambahan *end plate* untuk meningkatkan distribusi tekanan dan mengurangi kehilangan energi di ujung sudu (Al-Gburi, 2023). Perbedaan hasil penelitian tersebut menunjukkan masih terdapat *research gap* terkait desain *Savonius Helix* yang paling optimal untuk kondisi angin fluktuatif di wilayah kepulauan Indonesia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini melakukan optimasi desain *Savonius Helix* melalui variasi *aspect ratio*, jumlah sudu (2 dan 3 sudu), serta penambahan *end plate*. Desain heliks dipilih karena mampu menghasilkan torsi yang lebih kontinu dan mengurangi titik mati (*dead spot*)



**Hak Cipta :**

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

pada rotor (Divakaran et al., 2021). Sementara itu, *end plate* digunakan untuk mengurangi fenomena *tip vortex* sehingga perbedaan tekanan antara *advancing blade* dan *returning blade* meningkat dan berdampak pada kenaikan koefisien daya turbin (Al-Gburi, 2023). Optimasi parameter geometri ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan turbin dalam mengekstraksi energi angin sehingga daya keluaran aktual mendekati performa teoritisnya.

Optimasi dilakukan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk menganalisis distribusi tekanan, pola aliran udara, kecepatan, dan torsi rotor pada kondisi angin nyata tanpa biaya manufaktur yang tinggi (Edy Ramaini et al., 2023). Melalui optimasi parameter geometri rotor, diharapkan diperoleh desain turbin *Savonius Helix* yang mampu meningkatkan nilai *coefficient of power*, menurunkan *cut-in speed*, dan menghasilkan daya keluaran yang lebih optimal pada kondisi angin fluktuatif di wilayah kepulauan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Optimasi Desain Turbin Angin *Savonius Helix* Pada Kondisi Kecepatan Angin Fluktuatif Di Wilayah Kepulauan.”

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, dirumuskan beberapa permasalahan yang akan dikaji dan diselesaikan melalui penelitian yang dilakukan. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi turbin *Savonius Helix* pada kondisi kecepatan angin fluktuatif di wilayah kepulauan masih relatif rendah, sehingga diperlukan optimasi geometri melalui variasi *aspect ratio* dan jumlah sudu untuk meningkatkan karakteristik aerodinamika, nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ), torsi, dan daya keluaran turbin.
2. Fenomena *tip vortex* pada ujung sudu menyebabkan kehilangan energi dan menurunkan performa turbin *Savonius Helix*, sehingga diperlukan penambahan *end plate* untuk memperbaiki distribusi tekanan dan meningkatkan kemampuan turbin dalam mengekstraksi energi angin.



**Hak Cipta :**

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

3. Kombinasi *aspect ratio*, jumlah sudu, dan penggunaan *end plate* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap performa turbin *Savonius Helix*, sehingga diperlukan penentuan konfigurasi geometri yang paling optimal untuk menghasilkan nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ), torsi, dan daya keluaran yang lebih tinggi dibandingkan desain eksisting di Pulau Laguna.

### 1.3 Pertanyaan Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian yang berasal dari pokok permasalahan yang akan dikaji. Adapun pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *aspect ratio* dan jumlah sudu (2 sudu dan 3 sudu) terhadap karakteristik aerodinamika serta performa turbin *Savonius Helix* pada kondisi kecepatan angin fluktuatif di wilayah kepulauan?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *end plate* terhadap reduksi fenomena *tip vortex* dan peningkatan performa turbin *Savonius Helix*?
3. Kombinasi *aspect ratio*, jumlah sudu, dan penggunaan *end plate* manakah yang menghasilkan nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ), torsi, dan daya keluaran paling optimal dibandingkan desain eksisting di Pulau Laguna?

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi *aspect ratio* dan jumlah sudu (2 sudu dan 3 sudu) terhadap karakteristik aerodinamika serta performa turbin *Savonius Helix*.
2. Mengevaluasi efektivitas penambahan *end plate* dalam mereduksi fenomena *tip vortex* dan meningkatkan performa turbin *Savonius Helix*.
3. Menentukan kombinasi *aspect ratio*, jumlah sudu, dan penggunaan *end plate* yang menghasilkan nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ), torsi, dan daya keluaran paling optimal dibandingkan desain eksisting di Pulau Laguna.



**Hak Cipta :**

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

## 1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat Teoritis, yaitu:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang energi terbarukan, khususnya pada pemanfaatan energi angin melalui turbin angin Savonius pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) skala kecil. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya optimalisasi pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan, terutama di wilayah terpencil dan kepulauan.

Manfaat Praktis, yaitu:

1. Memberikan rekomendasi desain yang spesifik mengenai dimensi *aspect ratio*, jumlah sudu, dan penggunaan *end plate* pada turbin Savonius heliks (*helical Savonius*) yang optimal untuk diaplikasikan di wilayah kepulauan dengan karakteristik angin fluktuatif.
2. Membantu mengoptimalkan daya keluaran listrik di Pulau Laguna melalui pemanfaatan desain rotor yang lebih adaptif, sehingga masyarakat dapat memperoleh pasokan energi yang lebih maksimal dan stabil meskipun dalam kondisi kecepatan angin yang berubah-ubah.
3. Memberikan kontribusi data bagi pengelola energi atau instansi terkait di wilayah pesisir dalam melakukan evaluasi teknis serta langkah modifikasi (*upgrading*) pada instalasi turbin angin eksisting guna meminimalkan kesenjangan performa (*performance gap*) dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

## 1.6 Sistematis Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab. Adapun sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian pengantar yang menguraikan latar belakang mengenai potensi energi angin di wilayah kepulauan serta kendala rendahnya



**Hak Cipta :**

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

efisiensi akibat karakteristik angin yang fluktuatif. Bab ini juga menjelaskan perumusan masalah terkait kesenjangan performa (*performance gap*) pada instalasi eksisting di Pulau Laguna, batasan penelitian pada optimasi geometri rotor Savonius heliks (*helical Savonius*), serta tujuan dan manfaat penelitian dalam menghasilkan rekomendasi desain yang adaptif.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan dasar teori mengenai aerodinamika turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine / VAWT*), khususnya tipe Savonius heliks. Pembahasan mencakup karakteristik angin fluktuatif di wilayah pesisir, pengaruh *aspect ratio*, jumlah sudu, dan *end plate* terhadap koefisien daya. Selain itu, disajikan teori dasar simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* serta tinjauan literatur dari penelitian terdahulu sebagai landasan komparasi dan validasi desain.

## BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan prosedur penelitian yang menggunakan metode hibrida, diawali dengan pengambilan data aktual berupa kecepatan angin dan daya keluaran di Pulau Laguna. Selanjutnya, dijelaskan tahapan simulasi numerik menggunakan metode eliminasi parametrik. Tahapan ini mencakup pemodelan geometri secara bertahap, mulai dari variasi jumlah sudu, penentuan *aspect ratio*, hingga penambahan *end plate*. Bab ini juga merinci kriteria eliminasi berdasarkan nilai koefisien daya ( $C_p$ ) serta kestabilan torsi yang dihasilkan pada setiap tahap simulasi.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini diawali dengan penyajian hasil komparasi antara data aktual dan data teoritis untuk memvalidasi kesenjangan performa (*performance gap*) di lapangan. Selanjutnya, dipaparkan hasil simulasi CFD yang disusun secara sistematis berdasarkan tahapan eliminasi. Setiap sub bab membahas alasan pemilihan suatu parameter serta eliminasi parameter lainnya hingga diperoleh kombinasi desain Savonius heliks yang paling optimal untuk karakteristik angin fluktuatif di lokasi penelitian.



**Hak Cipta :**

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

## BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan akhir yang menjawab seluruh pertanyaan penelitian terkait efektivitas optimasi geometri Savonius heliks. Selain itu, disampaikan saran teknis untuk implementasi desain pada proyek pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) skala kecil di wilayah pesisir, serta rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya di bidang pemodelan turbin angin.





Hak Cipta :

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

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Variasi *aspect ratio* dan jumlah sudu berpengaruh terhadap karakteristik aerodinamika dan performa turbin *Savonius Helix*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi 2 sudu menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan 3 sudu, ditinjau dari nilai torsi, daya keluaran, dan *coefficient of power* ( $C_p$ ). Konfigurasi terbaik diperoleh pada turbin 2 sudu dengan diameter rotor 0,45 m dan tinggi sudu 1 m, yang menghasilkan nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ) tertinggi pada kecepatan angin di wilayah pulau laguna.

Penambahan *end plate* terbukti efektif dalam meningkatkan performa turbin *Savonius Helix* dengan mengurangi fenomena *tip vortex* dan *tip losses* pada ujung sudu. Kondisi ini mampu mempertahankan perbedaan tekanan yang lebih baik pada rotor sehingga meningkatkan kemampuan turbin dalam mengekstraksi energi angin, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai torsi dan daya keluaran dibandingkan konfigurasi tanpa *end plate*.

Kombinasi *aspect ratio*, jumlah sudu, dan penggunaan *end plate* yang optimal menghasilkan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan desain eksisting. Hasil *redesign* dengan konfigurasi terbaik, yaitu turbin 2 sudu dengan diameter rotor 0,45 meter, tinggi 1 meter, dan penggunaan *end plate*, mampu meningkatkan daya keluaran turbin pada kondisi karakteristik angin di Pulau Laguna dengan rentang kecepatan 4–7 m/s. Dari sisi ekonomis, optimasi desain ini juga mengurangi jumlah unit turbin yang dibutuhkan untuk mencapai target daya 300 W, sehingga total biaya manufaktur menurun dan efisiensi biaya (*cost efficiency*) meningkat. Dengan demikian, desain turbin *Savonius Helix* yang direkomendasikan dalam penelitian ini terbukti lebih unggul baik dari aspek performa maupun biaya, serta berpotensi untuk diterapkan pada sistem PLTB skala kecil di wilayah kepulauan dengan karakteristik angin rendah dan fluktuatif.



**Hak Cipta :**

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

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan validasi eksperimental terhadap hasil simulasi CFD untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan performa turbin pada kondisi operasional sebenarnya.
2. Optimasi geometri turbin dapat dikembangkan lebih lanjut melalui kajian parameter lain, seperti *Helix angle*, *overlap ratio*, serta variasi bentuk dan ukuran *end plate* untuk memperoleh performa yang lebih optimal.
3. Analisis performa turbin sebaiknya dilakukan pada rentang kecepatan angin yang lebih luas dengan mempertimbangkan karakteristik turbulensi angin aktual, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi lapangan.
4. Analisis ekonomi dapat disempurnakan dengan memasukkan biaya operasi, perawatan, dan umur pakai turbin agar diperoleh kajian kelayakan yang lebih komprehensif.
5. Konfigurasi turbin *Savonius Helix 2* sudu dengan diameter rotor 0,45 m, tinggi sudu 1 m, dan penambahan *end plate* dapat dijadikan acuan dalam pengembangan PLTB skala kecil di wilayah kepulauan karena menunjukkan performa dan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan desain eksisting.



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Marabdi Siregar, A., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype turbin angin savonius tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. In *Teknik Mesin ITM* (Vol. 5, Number 1).
- [2] Al-Gburi, I. A. B. A. J. A. (2023). A Comprehensive Approach with Numerical Analysis and Experimental Investigations. *Energies*, 16–4204.
- [3] Arfian Arief, Irham Magamar Siregar, & Suwarno. (2020). Analisa Regresi Kecepatan Angin Terhadap Daya Turbin Angin VAWT Tipe Darrieus-Savonius di Kualanamu Sumatera Utara. *Jurnal Mesin*.
- [4] Chitura, A. G., Mukumba, P., & Lethole, N. (2024). Enhancing the Performance of Savonius Wind Turbines: A Review of Advances Using Multiple Parameters. In *Energies* (Vol. 17, Number 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en17153708>
- [5] Divakaran, U., Ramesh, A., Mohammad, A., & Velamati, R. K. (2021). Effect of Helix angle on the performance of helical vertical axis wind turbine. *Energies*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/en14020393>
- [6] Dorel, S. F., Mihai, G. A., & Nicusor, D. (2021). Review of specific performance parameters of vertical wind turbine rotors based on the SAVONIUS type. In *Energies* (Vol. 14, Number 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en14071962>
- [7] Edy Ramaini, M. A., Luqman, M., Setiawan, F., Dwi F, M., & Kevin, A. (2023). Simulasi Bilah Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT) Tipe Rotor helical Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Tepi Pantai Bukit Dan Jalan. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(2), 231–243. <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i2.869>
- [8] Farozan, I., Soelaiman, T. A. F., Soetikno, P., & Indartono, Y. S. (2025). The effect of rotor aspect ratio, stages, and twist angle on Savonius wind turbine performance in low wind speeds environment. *Results in Engineering*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104041>
- [9] Gomes, S. N., Wahyu, I., Mursanto, B., & Suharto, B. (2023). PEMBUATAN DAN PENGUJIAN TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE-U 4 SUDU SUMBU VERTIKAL. *Jurnal Energi*, 12.
- [10] Hidayat, T. (2022). Wind Power in Indonesia: Potential, Challenges, and Current Technology Overview. In *Indonesia Post-Pandemic Outlook: Strategy towards Net-Zero Emissions by 2060 from the Renewables and Carbon-Neutral Energy Perspectives*. Penerbit BRIN. <https://doi.org/10.55981/brin.562.c7>
- [11] Jiao, H., Song, W., Cao, P., & Jiao, D. (2023). Prediction method of coal mine gas occurrence law based on multi-source data fusion. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17117>
- [12] Liu, B., Ma, X., Guo, J., Li, H., Jin, S., Ma, Y., & Gong, W. (2023). Estimating hub-height wind speed based on a machine learning algorithm: Implications for wind energy assessment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(5), 3181–3193. <https://doi.org/10.5194/acp-23-3181-2023>
- [13] Micha Premkumar, T., Sivamani, S., Kirthees, E., Hariram, V., & Mohan, T. (2018). Data set on the experimental investigations of a helical Savonius style VAWT with and without end plates. *Data in Brief*, 19, 1925–1932. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.06.113>
- [14] Multazam, T., & Prasetyo, Y. (2019). ANALISA PERBEDAAN KINERJA TURBIN ANGIN TIPE SAVONIUS DENGAN SAVONIUS HELIUS COMPARISON ANALYSIS FOR PERFORMANCE SAVONIUS AND



**Hak Cipta :**

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

- SAVONIUS HELIUS WIND TURBINE. In *Jurnal Geuthèe: Penelitian Multidisiplin* (Vol. 02, Number 02). <http://www.journal.geutheeinstitute.com>.
- [15] Mulyo Sugeng, U., Hadi, V., Studi Teknik Mesin, P., Studi Fisika, P., Sains Teknologi Informatika, F., Sains dan Teknologi Nasional Jakarta, I., Moch Kahfi, J. I., Srengseng Indah, B., Sawah, S., & Selatan, J. (2023). *Analisis Perbandingan 2 Dan 3 Blade Turbin Angin Kecil Sumbu Vertikal Tipe Savonius* (Vol. 33).
  - [16] Pambudi, N. A., Ulfa, D. K., Nanda, I. R., Gandidi, I. M., Wiyono, A., Biddinika, M. K., Rudiyanto, B., & Saw, L. H. (2025). The Future of Wind Power Plants in Indonesia: Potential, Challenges, and Policies. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 17, Number 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su17031312>
  - [17] Prabowo, H., Wijayanto, D. S., Saputra, T. W., & Bakar, Mohd. S. Bin. (2023). The Optimization of *Savonius Helix* Wind Turbine Cut-in Speed with the Variation of Blades-twist Rotor and Number of Blades. *JIPTEK*, 16(2), 81. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v16i2.71389>
  - [18] Rahmi, N. A., & Sudarti, D. (2021). *PERSEPSI MAHASISWA TERHADAP POTENSI PEMANFAATAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI DI SEPANJANG PANTAI SELATAN JAWA*.
  - [19] Ranti Darwin, Muhammad Hidayat, Dwi Widiarsih, M Fikry Hadi, Mizan Asnawi, Ekonomi, F., Bisnis, D., Riau, U. M., & Tambusai, J. T. (2025). Transformasi Energi dan Ekonomi: Dampak Investasi Energi Terhadap Konsumsi Listrik dan Ketimpangan Ekonomi di Indonesia Energy and Economic Transformation: The Impact of Energy Investment on Electricity Consumption and Economic Inequality in Indonesia. *Jurnal Akuntansi Dan Ekonomika*, 15(1). <https://doi.org/10.37859/jae.v15i1.9031>
  - [20] Rathore, M. K., Agrawal, M., Baredar, P., Shukla, A. K., Dwivedi, G., & Verma, P. (2023). Fabrication and Performance Analysis of the Aero-Leaf Savonius Wind Turbine Tree. *Energies*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/en16073015>
  - [21] Ritapure, P. P., Koli, P., Andhale, R., Kodag, U., & Gaikwad, R. (2024). Design And Analysis of Modern Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. <https://doi.org/10.55041/IJSREM31233>
  - [22] Shi, H., Dong, Z., Xiao, N., & Huang, Q. (2021). Wind Speed Distributions Used in Wind Energy Assessment: A Review. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.769920>
  - [23] Siagian, P., Alam, H., & Putra, R. R. (2023). Potensi Energi Angin Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Dengan Modifikasi Turbin Jenis Icwind. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 6(2).
  - [24] Silla, I. O., Sanusi, A., & Pell, Y. M. (2022a). *Analisis Kinerja Turbin Savonius Sebagai Sumber Energi Alternatif* (Vol. 7, Number 1).
  - [25] Tjahjana, D. D. D. P., Arifin, Z., Suyitno, S., Juwana, W. E., Prabowo, A. R., & Harsito, C. (2021). Experimental study of the effect of slotted blades on the Savonius wind turbine performance. *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, 11(3). <https://doi.org/10.1016/j.taml.2021.100249>
  - [26] Ung, S. K., Chong, W. T., Mat, S., Ng, J. H., Kok, Y. H., & Wong, K. H. (2022). Investigation into the Aerodynamic Performance of a Vertical Axis Wind Turbine with Endplate Design. *Energies*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/en15196925>
  - [27] Zemamou, M., Aggour, M., & Toumi, A. (2018). Review of savonius wind turbine design and performance. *Energy Procedia*, 141, 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.047>



**Hak Cipta :**

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

**LAMPIRAN**

**Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



1. Nama : Dimas Rizky Saputra
2. NIM : 2202431045
3. Tempat, Tanggal Lahir : Depok, 16 Maret 2004
4. Jenis Kelamin : Laki - Laki
5. Alamat : Kampung Parung Belimbing, Rt.02/Rw.017/No.27,  
Kelurahan. Depok, Kecamatan. Pancoran Mas,  
Kota Depok, Jawa Barat, 16431, Indonesia
6. Email : dimasssaputra16@gmail.com
7. Pendidikan
  - SD (2010 – 2016) : SD Negeri 2 Depok
  - SMP (2016 – 2019) : SMP Negeri 5 Depok
  - SMA (2019 – 2022) : SMK Negeri 2 Depok
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : -
10. Tempat/Topik OJT :
  - PT Solar Energi Power / Bidang Maintenance dan Instalasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
  - PT Bekasi Power / Pemeliharaan Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Uap Preventive Maintenance dan Corrective Maintenance Mechanical dan Electrical
  - PT Gamma Buana Persada / Bidang Non Destructive Test Pengujian dengan Radiography Testing pada Hasil Pengelasan



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

### Lampiran 2 Lokasi Penelitian



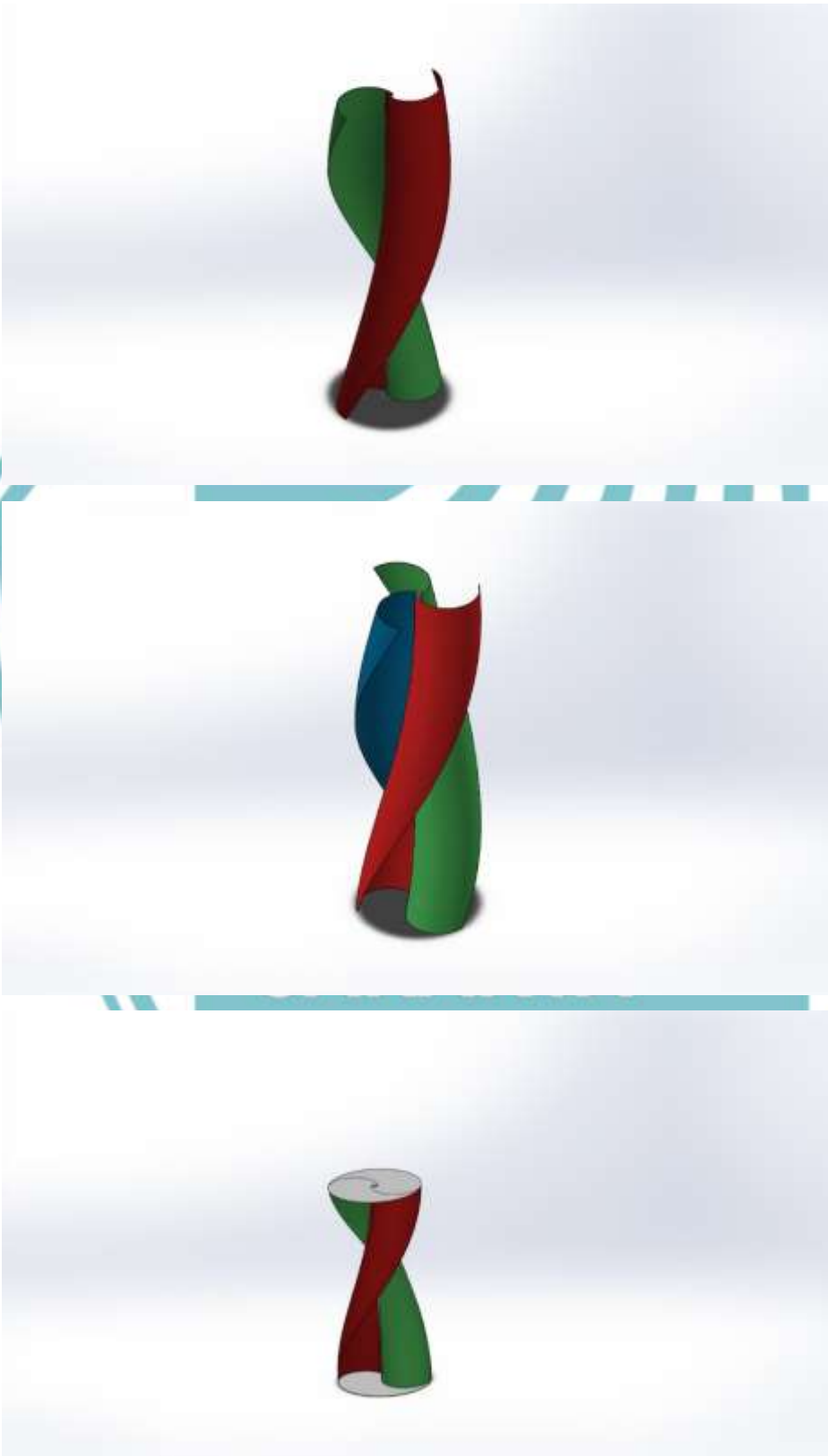


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 3 Geometri Design

#### Hak Cipta :

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





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

### Lampiran 4 Pengujian CFD

