

**STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI
SIDE-BY-SIDE DENGAN PUTARAN SEARAH**

PROYEK AKHIR



Oleh :
Ahmad Radix Dharma Cahyo
NIT : 30421028

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2024**

**STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI
SIDE-BY-SIDE DENGAN PUTARAN SEARAH**

PROYEK AKHIR

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



Oleh :
Ahmad Radix Dharma Cahyo
NIT : 30421028

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI *SIDE-BY-SIDE* DENGAN PUTARAN SEARAH

Oleh:

Ahmad Radix Dharma Cahyo

NIT. 30421018

Disetujui untuk diujikan pada :

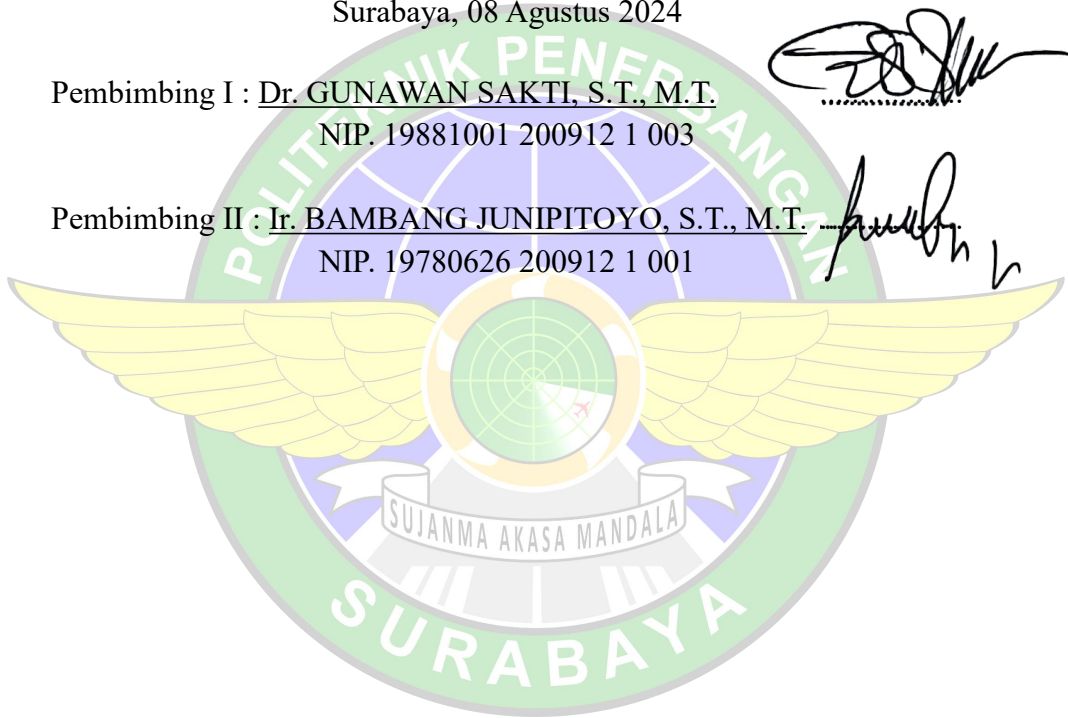
Surabaya, 08 Agustus 2024

Pembimbing I : Dr. GUNAWAN SAKTI, S.T., M.T.

NIP. 19881001 200912 1 003

Pembimbing II : Ir. BAMBANG JUNIPITOYO, S.T., M.T.

NIP. 19780626 200912 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI *SIDE-BY-SIDE* DENGAN PUTARAN SEARAH

Oleh:

Ahmad Radix Dharma Cahyo

NIT. 30421028

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Proyek Akhir
Program Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara

Politeknik Penerbangan Surabaya
pada tanggal : 08 ,Agustus 2024

Panitia Penguji :

1. Ketua : Dr. Ir, SETYO HARYADI, S.P., S.T., M.T.
NIP. 19790824 200912 1 001

2. Sekretaris : RIFDIAN I. S., S.T., M.M., M.T.
NIP. 19810629 200912 1 002

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

Ketua Program Studi
D3 Teknik Pesawat Udara

Nyaris Pambudiyatno S.SiT, M.mTr
NIP. 19820525 2005021 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha Esa karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul” STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI *SIDE-BY-SIDE* DENGAN PUTARAN SEARAH” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan bagi taruna Diploma III Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini, terutama kepada:

1. Bapak Ahmad Bahrawi SE,MT. selaku direktur Politeknik Penerbangan Surabaya
2. Bapak Nyaris Pambudiyatno S.SiT, M.mTr. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara
3. Bapak Dr. Gunawan Sakti ST.MT. selaku dosen pembimbing proyek akhir
4. Bapak Ir. Bambang Junipitoyo ST.MT. selaku dosen pembimbing penulisan proye akhir
5. Segenap dosen, instruktur, dan pegawai Politeknik Penerbangan Surabaya

Penulis menyadari bahwa masih terdapat beberapa hal yang memerlukan perbaikan dalam penyusunan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati menerima dan menerima segala kritik dan saran yang datang dari berbagai sumber untuk membantu penyusunan Tugas Akhir yang akan lebih baik.

Surabaya, Agustus 2024

Ahmad Radix Dharma Cahyo

ABSTRAK

STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS KONFIGURASI *SIDE-BY-SIDE* DENGAN PUTARAN SEARAH

Oleh:

Ahmad Radix Dharma Cahyo

NIT: 30421028

Untuk memenuhi komitmen Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris, Indonesia telah mulai menerapkan kebijakan *net zero emission* (NZE). Salah satu upaya penerapan kebijakan NZE adalah transisi energi melalui peralihan energi fosil ke Energi Baru Terbarukan (EBT). Salah satu penerapan energi baru terbarukan (EBT) pada sektor pembangkit listrik diantaranya adalah penggunaan energi angin. Turbin angin Savonius sebagai salah satu alat konversi energi angin memiliki keunggulan dapat berputar pada laju aliran fluida yang rendah dan tidak terpengaruh dari datangnya arah angin, dan tidak memerlukan *starting device* eksternal untuk memulai putarannya. Dalam penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi turbin, dua buah turbin angin Savonius dipasang berdekatan pada putaran searah dengan pendekatan metode analisa secara numerik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja optimal turbin angin Savonius pada konfigurasi *side-by-side*.

Metode simulasi numerik dilakukan dengan kecepatan angin yang digunakan $V=5$ m/s dengan kedua arah turbin Savonius berlawanan arah jarum jam. Jarak poros turbin S dinyatakan dalam perbandingan jarak poros turbin terhadap diameter sudu turbin $S/D=5,5$. Diameter sudu turbin $D=60$ mm. Penelitian akan membandingkan hasil *Coefficient of power, Coefficient of moment, Coefficient of drag, torque, contour velocity and pressure*. Penelitian dilakukan secara numerik dua dimensi 2D menggunakan *k-ε enhance wall treatment turbulence model* dengan menggunakan software ANSYS 18.2.

Hasil pada studi numerik ini dua buah turbin Savonius yang dipasang *side-by-side* dengan putaran searah mampu meningkatkan performa turbin Savonius karena intervensi aliran diantara keduanya. Untuk hasil penelitian ini mampu meningkatkan *coefficient* turbin Savonius karena jarak dengan *wall* semakin sempit.

Kata kunci: *Coefficient of Power, Coefficient of Moment, drag, torque* kecepatan aliran angin, *side-by-side*, turbin Savonius.

ABSTRACT

NUMERICAL STUDY OF TWO SAVONIUS TURBINE CONFIGURATIONS SIDE-BY-SIDE WITH UNIDIRECTIONAL ROTATION

By:

Ahmad Radix Dharma Cahyo

NIT: 30421028

To fulfil its Kyoto Protocol and Paris Agreement commitments, Indonesia has begun implementing a net zero emission (NZE) policy. One of the efforts to implement the NZE policy is the energy transition through the transition of fossil energy to New Renewable Energy (EBT). One of the applications of new renewable energy (EBT) in the power generation sector includes the use of wind energy. Savonius wind turbine as one of the wind energy conversion devices has the advantage of being able to rotate at low fluid flow rates and is not affected by the arrival of wind direction, and does not require an external starting device to start its rotation. In this study, to increase the efficiency of the turbine, two Savonius wind turbines are installed close together in a unidirectional rotation with a numerical analysis method approach. The purpose of this study is to determine the optimal performance of Savonius wind turbines in side-by-side configuration.

The numerical simulation method is carried out with the wind speed used $V = 5 \text{ m / s}$ with both directions of the Savonius turbine counterclockwise. The turbine shaft distance S is expressed as the ratio of turbine shaft distance to turbine blade diameter $S/D=5.5$. Turbine blade diameter $D = 60 \text{ mm}$. The research will compare the results of Coefficient of power, Coefficient of moment, Coefficient of drag, torque, contour velocity and pressure. The research was conducted numerically in two dimensions 2D using $k-\epsilon$ enhanced wall treatment turbulence model using ANSYS 18.2 software.

The results in this numerical study of two Savonius turbines installed side-by-side with unidirectional rotation can improve the performance of the Savonius turbine due to the flow intervention between the two. For the results of this research, it is able to increase the coefficient of the Savonius turbine because the distance with the wall is getting narrower.

Keywords: *Coefficient of Power, Coefficient of Moment, drag, torque, air flow velocity, side-by-side, Savonius turbine*

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Radix Dharma Cahyo
NIT : 30421040
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : STUDI NUMERIK DUA TURBIN SAVONIUS
KONFIGURASI SIDE-BY-SIDE DENGAN PUTARAN SEARAH

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 Proyek Akhir/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 Perguruan Tinggi dan Akademi Penerbangan.

Surabaya, 08 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



Ahmad Radix Dharma Cahyo
NIT. 30421028

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
1.6 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
BAB 2 LANDASAN TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Turbin Angin	Error! Bookmark not defined.
2.2 Turbin Angin Savonius	Error! Bookmark not defined.
2.3 Bilangan Reynolds	Error! Bookmark not defined.
2.4 Gaya Drag	Error! Bookmark not defined.
2.5 Torque	Error! Bookmark not defined.
2.6 Perhitungan Daya	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 Coefficient Of Moment (CoM)	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 Coefficient Of Power (CoP)	Error! Bookmark not defined.
2.7 Blockage Ratio	Error! Bookmark not defined.

2.8	<i>Coumpatational Fluid Dynamics (CFD)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7.1	<i>Pre-processing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7.2	<i>Processing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7.3	<i>Post processing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9	Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.8.1	Studi <i>Twin Rotor Turbin Savonius</i> Dengan <i>Wind-Lens</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.2	Investigasi Perfoma Turbin Angin Savonius Dengan Pemasangan I-65 ⁰	Error! Bookmark not defined.
2.8.3	Penelitian Efek Jarak Dan Arah Rotasi 2 Turbin Savonius Berdekatan	Error! Bookmark not defined.
2.8.4	Studi Aliran Melewati Dua Silinder Menggunakan Immersed Boundary	Error! Bookmark not defined.
2.8.5	Penelitian Mengenai Dua Circular Silinder Pada <i>Cross Flow</i>	Error! Bookmark not defined.
2.10	Mental Map	Error! Bookmark not defined.
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1	Rancangan Penilitan	Error! Bookmark not defined.
3.2	Tahap <i>Pre-processing</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Rancangan Turbin Savonius	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	<i>Meshing</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Grid Indepedency	Error! Bookmark not defined.
3.3	<i>Processing</i>	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	<i>Cell Zone Condition</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4	<i>Post Processing</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Instrumen Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5	Teknik Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
3.6	Waktu Dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.

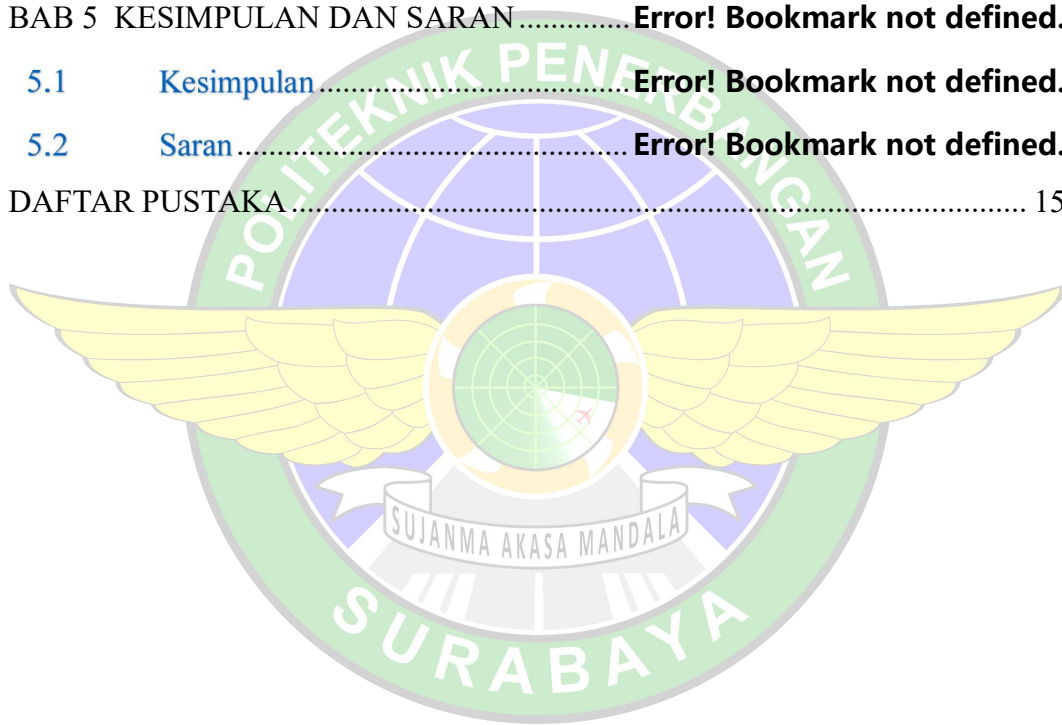
BAB 4 HASIL DAN PENELITIAN **Error! Bookmark not defined.**

- 4.1 Analisa *Coefficient Of Momment* (CoM) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Analisa *Coefficient Of Power* (CoP) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Analisa *Coefficient Of Drag* **Error! Bookmark not defined.**
- 4.4 Analisa *torque* **Error! Bookmark not defined.**
- 4.5 Validasi Data Menggunakan *Pressure And Velocity Contour* **Error! Bookmark not defined.**

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN **Error! Bookmark not defined.**

- 5.1 Kesimpulan **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2 Saran **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA 15



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 : Efisiensi turbin angin **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 : Gaya pada turbin Savonius **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 : Skema turbin angin Savonius **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 : Parameter pada sudu rotor turbin Savonius .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 : Schemathic wind-lens **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 : Schematic computational domain dan boundary conditions **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 : Grafik instantaneous torque coefficient **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 : Grafik power coefficient terhadap tip speed ratio **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 : Skematik konfigurasi turbin Savonius **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 : Grafik coefficient of moment **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 : Konfigurasi mesh **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 : Grafik coefficient of power **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 : Konfigurasi pada penelitian **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 : Rotasi *twin* turbin Savonius **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 : power coefficient pada eksperimental A . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 : *power coefficient* pada eksperimental B **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 : *power coefficient* pada eksperimental C **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18 : Skematik turbin ganda **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19 : Gambaran kontur *instantaneous vorticity* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 20 : Konfigurasi multi silinder **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 21 : Variasi konfigurasi aliran pada *side-by-side* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 22 : *First harmonic* pada *vortex shedding*. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 23 : Second harmonic pada vortex shedding **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 24 : Proses sinkronisasi *vortex streets* (a) *anti phase* (b) in phase **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 1 : Diagram alur penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 2 : Skematik dan parameter penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 3 : *Mesh* secara keseluruhan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 4 : *Mesh* pada *rotating zone* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 5 : *Mesh* pada turbin Savonius **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 6 : Grafik jumlah elemen *mesh* terhadap *Coefficient Of Momment* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 : Grafik *Coefficient of momment* terhadap sudut azimuth **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 : Grafik *Coefficient of power* terhadap sudut azimuth. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 : Grafik *drag* terhadap sudut azimuth **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 : Grafik *torque* terhadap sudut azimuth **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 : *Velocity and pressure* turbin tunggal **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 : *Velocity and pressure* turbin ganda **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : Parameter rotor turbin Savonius **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 2 : Parameter *wind-lens* yang digunakan pada penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 1 : Spesifikasi turbin Savonius pada penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 2 : Kecepatan putaran turbin Savonius dan *time step size* **Error! Bookmark not defined.**

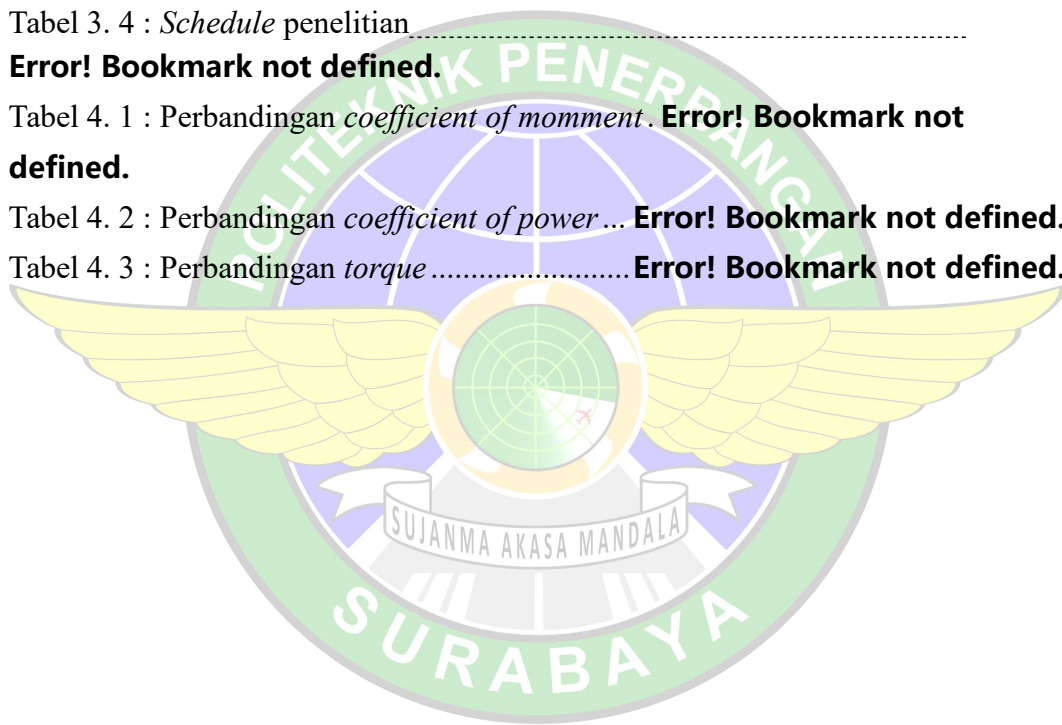
Tabel 3. 3 : Spesifikasi laptop **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 4 : *Schedule* penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 : Perbandingan *coefficient of momment* . **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 : Perbandingan *coefficient of power* ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 : Perbandingan *torque* **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). 2019. Indonesia Energi Outlook 2019: The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Choon, M. J., Purnadiana, F. R., Noor, D. Z., Horng, T. L., Chau, S. W., & Odhiambo, E. 2015. Numerical study of flow past two counter rotating cylinders using immersed boundary method. *Journal of Marine Science and Technology (Taiwan)*, 23(5), 761–773. <https://doi.org/10.6119/JMST-015-0617-1>
- Hesami, A., Nikseresht, A. H., & Mohamed, M. H. 2022. Feasibility study of twin-rotor Savonius wind turbine incorporated with a wind-lens. *Ocean Engineering*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110654>
- Jang, C. M., Kim, Y. G., Kang, S. K., & Lee, J. H. (2016). An experiment for the effects of the distance and rotational direction of two neighboring vertical Savonius blades. *International Journal of Energy Research*, 40(5), 632–638. <https://doi.org/10.1002/er.3454>
- Kementrian ESDM. 2022. Data penggunaan energi fosil tahun 2022. ESDM 2019. Jakarta.
- Sakti, G., & Yuwono, T. (2019). Performance Study of Installed an I-65o Type Cylinder at The Upstream of Returning Blade of Savonius Wind Turbine, Comparison With Conventional Savonius Wind Turbine. *IPTEK The Journal For Technology and Science*, 30(2), 56. <https://doi.org/10.12962/j20882033.v30i2.4991>

Sumner, D. (2010). Two circular cylinders in cross-flow: A review. *Journal of Fluids and Structures*, 26(6), 849–899.
<https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2010.07.001>



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



AHMAD RADIX DHARMA CAHYO, lahir di Surabaya 2 Juli 2003, anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Nur Cahyo dan Ibu Titik Nurhayati. Bertempat tinggal di Kelurahan Sekardangan Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. memulai pendidikan di TK Insan Kamil lulus tahun 2009 melanjutkan Pendidikan sekolah dasar di SD Sabilillah pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2015. Setelah itu masuk SMP Insan

Kamil pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya masuk ke SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo pada tahun 2018 dan lulus pada tahun 2021.

Kemudian pada tahun 2021 diterima sebagai taruna Politeknik Penerbangan Surabaya pada Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara Angkatan VII Bravo sampai dengan saat ini. Selama mengikuti pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, mengikuti *On The Job Training* (OJT) pertama di Akademi Penerbang Banyuwangi pada 1 APRIL hingga 30 JUNI 2024.

Setelah menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, penulis ingin bekerja di Airlines dan menjadi seorang insan perhubungan yang bertanggung jawab, disiplin dan bisa berguna bagi Bangsa dan Negara. Kemudian tidak lupa penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang selalumemberikan rahmat,taufik, dan hidayah-Nya serta tidak lupa kepada orang tua yang selalu mendukung di setiap kegiatan penulis mulai dari awal hingga sekarang. Tidak ada nafas sedikitpun tanpa ada ridho dan izin Allah. Begitupun dengan musibah, tidak ada satupun tanpa kehendak-Nya. Allah tidak semata-mata mendatangkan cobaan dan musibah tanpa ada suatu pembelajaran dan sesuai dengan kemampuan hamba-Nya.