

# Studi Numerik Pengaruh Variasi Rasio Diameter Silinder Sirkular Terhadap Performa Turbin Angin Savonius Overlap

Yuanditma Pranaja Kastara M.<sup>1\*</sup>, Emie Santoso<sup>2</sup>, Priyo Agus Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [yuanditmapranaja@student.ppns.ac.id](mailto:yuanditmapranaja@student.ppns.ac.id)<sup>\*</sup>; [emie.santoso@ppns.ac.id](mailto:emie.santoso@ppns.ac.id)<sup>\*</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>\*</sup>

---

**Abstract** - Experimental research on the performance of savonius wind turbine has been carried out with additional overlap ratios and various diameter ratio of circular cylinder in front of returning blade. The validation of experimental results can be displayed by making numerical study research with Computational Fluid Dynamics (CFD) method. This method can also be used to obtain coefficient of power. Numerical studies were conducted using savonius wind turbines with 0,3 overlap ratio and also 0,4 meter of diameter and height. The various of circular cylinder diameter is  $ds/D = 0,3; 0,4; 0,5; \text{ and } 0,6$ . The wind speed is set at 5 m/s. The highest increase of performance savonius overlap wind turbines is 3,51% in the variations of  $ds/D = 0,4$  to savonius overlap wind turbines without circular cylinder with 0,324 coefficient of power ( $C_p$ ) at Tip Speed Ratio 1.

**Keyword** : Numerical, Computational Fluid Dynamics (CFD), Savonius wind turbine, Overlap, Circular cylinder

---

## Nomenclature

TSR	: Tip speed ratio
n	: Putaran turbin (RPM)
$v$	: Kecepatan angin (m/s)
$C_t$	: Coefficient of torque
$C_p$	: Coefficient of power
T	: Torsi turbin (Nm)
$\rho$	: Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )
D	: Diameter turbin (m)
H	: Tinggi turbin (m)
N	: Jumlah putaran
NTS	: Number of time step
TSS	: Time step size (s)
$\omega$	: Kecepatan sudut turbin (rad/s)
$\theta$	: Derajat waktu langkah putaran

## 1. PENDAHULUAN

Terdapat dua jenis turbin angin berdasarkan letak porosnya, yaitu turbin turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Salah satu turbin angin sumbu vertikal adalah turbin savonius [1]. Modifikasi turbin dilakukan untuk meningkatkan performa dengan cara menambahkan overlap [2], myring [3][4][5][6], dan fin. Penambahan variasi silinder sirkular juga dapat meningkatkan performa turbin angin savonius [7][8]. Variasi silinder sirkular seperti

sudut stagger, jarak silinder, dan rasio diameter silinder sirkular yang ditempatkan di depan advancing blade atau returning blade juga dapat meningkatkan kinerja turbin angin savonius [9][10][11].

Studi eksperimen pengaruh sudut stagger di depan advancing blade pada turbin air savonius myring  $n=1$  dan  $n=2$  didapatkan coefficient of power ( $C_p$ ) tertinggi pada sudut stagger  $60^\circ$  dan diameter silinder sirkular  $ds/D = 0,3$  dengan nilai 0,1515 pada TSR 0,516 [12].

Studi eksperimen pengaruh penambahan silinder sirkular dengan diameter 16 cm dan jarak 20 cm pada sisi advancing blade turbin air savonius didapatkan peningkatan coefficient of power ( $C_p$ ) dengan nilai 0,1924 pada TSR 0,633 [13].

Studi eksperimen pengaruh penambahan silinder sirkular bervariasi diameter  $X/D = 0,5$  dan  $Y/D = 0,7$  pada sisi advancing blade turbin air savonius didapatkan peningkatan coefficient of power ( $C_p$ ) pada diameter silinder sirkular  $ds/D = 0,4$  dengan nilai 0,25 pada TSR 0,73 [14].

Studi numerik pengaruh variasi sudut dan diameter stagger pada sisi returning blade turbin air savonius myring  $n=1$  dan  $n=2$  didapatkan peningkatan coefficient of power ( $C_p$ ) pada  $ds/D$

= 0,4 dengan sudut 60° sebesar 19,9007% dari turbin air *savonius* tanpa *stagger* [15].

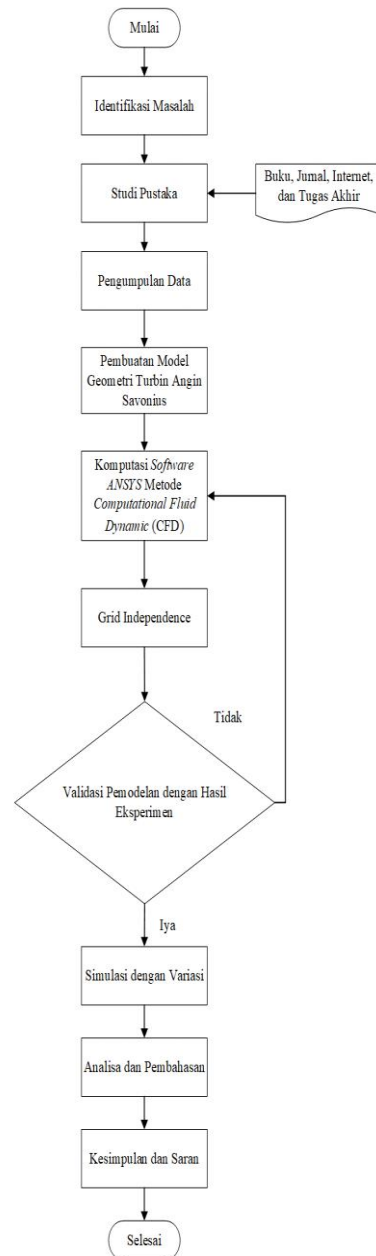
Studi numerik pengaruh variasi sudut dan diameter *stagger* pada sisi *advancing blade* turbin air *savonius myring* n=1 dan n=2 didapatkan peningkatan *coefficient of power* (Cp) pada ds/D = 0,4 dengan sudut 60° sebesar 35,86% dari turbin air *savonius* tanpa *stagger* [16].

Studi numerik pengaruh variasi jarak silinder sirkular pada sisi *advancing blade* turbin air *savonius*, simulasi ini menggunakan *transient simulation* [17]. Nilai *coefficient of power* (Cp) tertinggi pada X/D = 0,5 dengan nilai 0,250 pada TSR 0,9 [18].

Berdasarkan penelitian diatas, dalam penelitian ini dilakukan simulasi terhadap turbin *savonius overlap* dengan penambahan variasi rasio diameter silinder sirkular di depan *returning blade* [19]. Turbin angin *savonius* dua sudu [20] digunakan dalam simulasi ini dengan *overlap* 0,3. Simulasi dilakukan dengan *software* berbasis *Computational Fluids Dynamics* (CFD) untuk mendapatkan nilai *coefficient of power* (Cp) dari turbin [21].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai mana berikut :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### 2.1 Dimensi Turbin Angin Savonius Overlap

Berikut adalah data dimensi turbin angin *savonius* yang akan diuji menggunakan simulasi numerik [22] :

Diameter Turbin (D)	: 400 mm
Diameter Sudu (d)	: 260 mm
Tinggi Turbin	: 400 mm
Overlap (e)	: 120 mm

### 2.2. Persamaan TSR, Ct, dan Cp

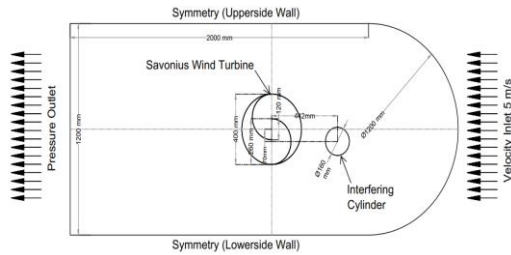
Berikut ini adalah persamaan dari TSR [23], Ct dan Cp [24]:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot v} \quad (1)$$

$$C_t = \frac{4T}{\rho v^2 D^2 H} \quad (2)$$

$$C_p = TSR \cdot C_t \quad (3)$$

### 2.3 Skema Pengujian



Gambar 2 Skema Pengujian Turbin Angin savonius Overlap dengan Silinder Sirkular  $d_s/D = 0,4$

### 2.4 Simulasi Numerik

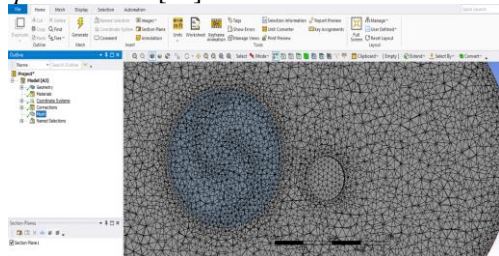
Pada tahap ini, dilakukan simulasi menggunakan software ANSYS menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* sebagai berikut :

#### A. Pembuatan Domain

Proses pembuatan model turbin angin savonius dilakukan menggunakan software *Autodesk Inventor* yang kemudian di *import* pada software ANSYS untuk mengatur kondisi batas yang disesuaikan dengan kondisi pengujian simulasi.

#### B. Meshing

Pada tahap ini akan ditentukan bentuk, jumlah dan ukuran elemen yang diperlukan ditentukan sesuai dengan kebutuhan untuk mendapatkan hasil yang tepat dan optimal. Pada pembuatan mesh ini dipilih *unstructured mesh* dengan metode *meshing quadrilateral* [25].



Gambar 3 Detail Meshing pada Domain Rotating

### 2.5 Perhitungan NTS dan TSS

$$NTS = N \frac{360}{\theta} \quad (4)$$

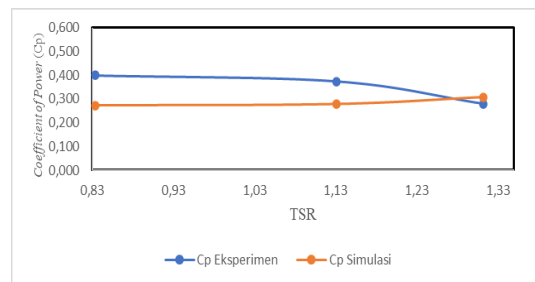
$$TSS = \frac{N}{0.15915 \cdot \omega \cdot NTS} \quad (5)$$

Tabel 1 Nilai NTS dan TSS dari Hasil Perhitungan

TSR	v (m/s)	D (m)	$\omega$ (rad/s)	N (RPM)	NTS	TSS (s)
0,4	5	0,4	10,00	95,49	3437,75	0,01745
0,6	5	0,4	15,00	143,24	5156,62	0,01164
0,8	5	0,4	20,00	190,99	6875,49	0,00873
1	5	0,4	25,00	238,73	8594,37	0,00698
1,2	5	0,4	30,00	286,48	10313,24	0,00582

### 2.6 Validasi Model

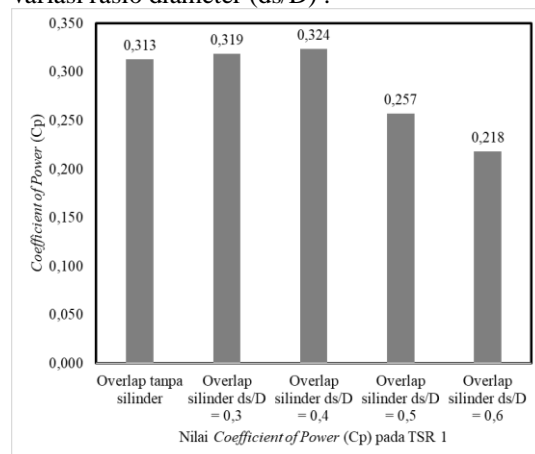
Pada simulasi ini, hasil simulasi divalidasi dengan hasil eksperimen menggunakan *software*. Kurva CP-TSR yang dihasilkan dari simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimen digunakan sebagai acuan untuk memvalidasi model. Proses validasi model dapat dikatakan valid jika hasil simulasi kurva  $C_p - TSR$  mendekati atau memiliki kesamaan dengan hasil eksperimen. Validasi dilakukan dengan membandingkan tiga variasi TSR yaitu TSR 0,83; TSR 1,13; TSR 1,31 terhadap hasil eksperimen.



Gambar 4 Grafik Validasi Nilai  $C_p - TSR$  Hasil Simulasi dengan Hasil Eksperimen

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua variasi disimulasikan, langkah selanjutnya dilakukan komparasi antara *coefficient of power (Cp)* dari semua variasi. Nilai *coefficient of power (Cp)* pada setiap variasi rasio diameter silinder sirkular memiliki perbedaan karakteristik masing-masing. Performa tertinggi dari turbin angin savonius overlap terjadi pada variasi rasio diameter silinder sirkular  $d_s/D = 0,4$ . Berikut adalah grafik *coefficient of power (Cp)* terhadap TSR pada variasi rasio diameter ( $d_s/D$ ) :



Gambar 5 Grafik Nilai  $C_p$  terhadap Nilai TSR 1 pada Seluruh Variasi

#### 4. Kesimpulan

Tabel 2 Hasil Nilai *Coefficient of Power* (Cp) pada Setiap Variasi

Hasil Nilai <i>Coefficient of Power</i> (Cp) pada setiap variasi				
Variasi	TSR	Cp	Persentase (%)	Keterangan
Overlap tanpa silinder	1	0,313	0,00	-
Overlap silinder ds/D = 0,3	1	0,319	1,92	Naik
Overlap silinder ds/D = 0,4	1	0,324	3,51	Naik
Overlap silinder ds/D = 0,5	1	0,257	-17,89	Turun
Overlap silinder ds/D = 0,6	1	0,218	-30,30	Turun

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan variasi rasio diameter silinder sirkular di depan *returning blade* terhadap performa turbin angin *savonius overlap* dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil validasi nilai *coefficient of power* (Cp) antara eksperimen dan simulasi dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi numerik dinyatakan valid karena bentuk *trend line* tidak terlalu jauh dari hasil eksperimen yang telah dilakukan.
2. Nilai *coefficient of power* (Cp) dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa turbin angin *savonius overlap* dengan penambahan variasi rasio diameter silinder sirkular memiliki performansi yang lebih tinggi dibandingkan turbin angin *savonius overlap* tanpa silinder sirkular.
3. Perbandingan *coefficient of power* (Cp) terbaik antara turbin angin *savonius overlap* dengan penambahan variasi rasio diameter silinder sirkular dan turbin angin *savonius overlap* tanpa silinder sirkular. Dapat disimpulkan bahwa turbin angin *savonius overlap* dengan variasi rasio diameter silinder sirkular ds/D = 0,4 mengalami peningkatan sebesar 3,51% dari turbin angin *savonius overlap* tanpa silinder sirkular dengan *coefficient of power* (Cp) sebesar 0,324 pada TSR 1.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan aman, selamat, lancar, dan barokah.
2. Orang tua yang telah membesarkan penulis, membiayai sekolah penulis, selalu memberikan banyak nasehat, semangat, doa, kasih sayang, dan meteri yang tidak dapat penulis ucapkan satu persatu.
3. Ibu Ir. Emie Santoso, M.T. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian Tugas Akhir.

4. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian Tugas Akhir.
5. Teman – teman seperjuangan kelas D4 ME 2019 terutama untuk tim *savonius* yang menjadi keluarga dan saling mendukung selama kuliah dan pengerjaan penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Latif, “Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 10, no. 3, 2013, doi: 10.17529/jre.v10i3.1030.
- [2] R. Tania, R. L. Florin, I. V. D. Adriana, M. Roxana, A. Ancuta, dan D. Florin, “Experimental investigation on the influence of Overlap Ratio on Savonius Turbines Performance,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 3, hal. 1791–1799, 2018, doi: 10.20508/ijrer.v8i3.7764.g7480.
- [3] P. A. Setiawan, M. Santoso, R. Indarti, N. Ariwiyono, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, “An Experimental Study of the Savonius Water Current Turbine by means of Myring Equation for n = 1,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1764, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012194.
- [4] P. A. Setiawan, R. Indarti, N. Ariwiyono, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, “An Experimental Study of Overlap Ratio Effect to Savonius water Current Turbine by using Myring Equation for n=1,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1764, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012198.
- [5] F. N. Putra, “Studi Ekperimen Pengaruh Variasi Jarak Silinder Pengganggu Di Depan Returning Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius Dengan Penambahan Fin,” 2022.
- [6] O. H. Yuqa *dkk.*, “STUDI NUMERIK PENGARUH VARIASI SUDUT STAGGER SILINDER SIKKULAR PADA SISI ADVANCING BLADE TERHADAP PERFORMA TURBIN AIR SAVONIUS TIPE Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :,” hal. 2–7, 2019.
- [7] P. Setiawan, T. Yuwono, dan W. Widodo, “Flow Analysis of a Circular Cylinder on the Savonius Hydrokinetic Turbine Performance Placed the Side of Advancing Blade,” *Int. J. Mech. Mechatronics Eng. IJMME-IJENS*, vol. 19, no. 06, hal. 41, 2019.

- [8] P. Setiawan dan T. Yuwono, "The Effect of Inner Fan Blade Angle to The Ventilation Rate of The Turbine Ventilator," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, hal. 227–233, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.03.10.
- [9] P. A. Setiawan, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, "Flow visualization analysis on the vertical axis Savonius water turbine by placing a cylinder in front of returning by varying stagger angle," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1764, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012203.
- [10] A. Subekti dkk., "A numerical study of the effect of a single cylinder and plate deflector toward the Savonius wind turbine performance," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1477, no. 5, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1477/5/052010.
- [11] P. A. Setiawan, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, "Numerical Study of the Stagger Angle Effect of a Circular Cylinder Installed in front of Returning Blade Toward the Vertical Axis Savonius Water Turbine Performance," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1179, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1179/1/012107.
- [12] A. Ardianto, P. A. Setiawan, dan N. Ariwiyono, "Analisa Pengaruh Sudut Stagger di Depan Advancing Blade Terhadap Performa Turbin Air Savonius Myring Blade  $n=1$  &  $n=2$ ," *Proceeding Conf. Mar. Eng. its Appl.*, vol. 3, 2020.
- [13] D. Purnanto, S. Soim, dan P. A. Setiawan, "Kajian Eksperimen Pengaruh Pemasangan Silinder Sirkular Dengan Diameter Silinder 16 Cm Dan Jarak 20 Cm Pada Sisi Advancing Blade Turbin Air Savonius," no. v, hal. 1–3.
- [14] D. Falahudin, P. A. Setiawan, dan A. Indartono, "Kajian Ekperimen Pengaruh Pemasangan Silinder Sirkular Bervariasi Diameter dengan Posisi  $X/D = 0.5$  dan  $Y/D = 0.7$  pada Sisi Advancing Blade Terhadap Performa Turbin Air Savonius," hal. 0–5.
- [15] W. F. Prasetya, P. A. Setiawan, dan P. Sidi, "ANALISA VARIASI SUDUT DAN DIAMETER STAGGER PENGHALANG PADA SISI RETURNING BLADE TERHADAP KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS DENGAN PERSAMAAN MYRING  $n = 1$  DAN  $n = 2$ ".
- [16] F. S. Fathoni, P. A. Setiawan, dan D. D. K. R. A., "Kajian Numerik Pengaruh Variasi Sudut Stagger Dan Diameter Silinder Sirkular Di Sisi Advancing Blade Terhadap Kinerja Turbin Air Savonius Bersudu Kombinasi Myring  $N = 1$  Dan  $N = 2$ ," hal. 4–9.
- [17] P. A. Setiawan, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, "Effect of a circular cylinder in front of advancing blade on the savonius water turbine by using transient simulation," *Int. J. Mech. Mechatronics Eng.*, vol. 19, no. 1, hal. 151–159, 2019.
- [18] P. A. Setiawan, T. Yuwono, W. A. Widodo, E. Julianto, dan M. Santoso, "Numerical study of a circular cylinder effect on the vertical axis savonius water turbine performance at the side of the advancing blade with horizontal distance variations," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 9, no. 2, hal. 978–985, 2019, doi: 10.20508/ijrer.v9i2.8890.g7662.
- [19] F. M. Mahardina dan T. Y. Yuwono, "Studi Eksperimen Pengaruh Silinder Sirkular Didepan Returning Blade Turbin Angin Savonius Terhadap Performa Turbin dengan Rasio  $S/D = 1,6$  dan  $d/D = 0,5$ ," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, hal. 1–6, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.53928.
- [20] J. Jamal, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Performansi Kincir Angin Vertikal Savonius Tipe-U," *Politek. Negeri Ujung Pandang*, vol. 6, no. 1, hal. 64–68, 2018.
- [21] J. Blazek, *Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications: Third Edition*. 2001. doi: 10.1016/C2013-0-19038-1.
- [22] W. A. Pratama, *Studi Eksperimen Pengaruh Silinder Pengganggu Di Depan Returning Blade Turbin Angin Savonius Terhadap Performa Turbin " Studi Kasus Untuk Rasio Diameter Silinder Pengganggu Terhadap Diameter Turbin ( $d/D$ ) = 0,75 "*, vol. 5, no. 2. 2022. doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20156.
- [23] M. H. Majid, "ANALISA PENGARUH RATIO OVERLAP SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN MODEL SAVONIUS TIPE U DENGAN 2 SUDU BERBANTUAN SOFTWARE SOLIDWORKS 2018," hal. 1–15, 2018.
- [24] Eric Hau, *Wind Turbine Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. 2005.
- [25] W. Wardhana dan E. N. Fridayana, "Aerodynamic Performance Analysis of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Darrieus Type H-Rotor using Computational Fluid Dynamics (CFD) Approach," no. Senta 2018, hal. 5–11, 2020, doi: 10.5220/0008542700050011.
- [26] D. Satrio, I. K. A. P. Utama, dan

Mukhtasor, “The influence of time step setting on the CFD simulation result of vertical axis tidal current turbine,” *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 12, no. 1, hal. 91–99, 2018.