

# Studi Numerik Pengaruh Jarak Silinder Pengganggu terhadap *Returning Blade* pada Performa Turbin Angin *Savonius Fin*

Mokhamad Prayitno<sup>1\*</sup>, Priyo Agus Setiawan<sup>2</sup>, Nopem Ariwiyono<sup>3</sup>

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

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

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

Email: [mprayitno@student.ppns.ac.id](mailto:mprayitno@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [nopem@ppns.ac.id](mailto:nopem@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

---

**Abstract** - The performance of Savonius wind turbine has increased in the previous experimental studies with 1 additional fin and various disturbing cylinder distance in front of returning blade. Although the performance has increased, validation is needed through experiments. Therefore, further research is needed. The research uses Computational Fluid Dynamic (CFD) with 3-dimensional model to obtain an increase on the turbine performance. In this simulation the solver chosen is pressure based with transient time mode. In the Savonius wind turbine simulation, the model used is the realizable k-epsilon model. Numerical method can validate experimental study. The turbine uses 1 additional fin with 40 cm in diameter and height. The variation of disturbing cylinder distance is  $S/d = 1.4$ ;  $S/d = 1.7$ ;  $S/d = 2.0$ ;  $S/d = 2.3$  with wind speed of 5 m/s. Simulations are also carried out to determine the value of Coefficient of Power (Cp). The final result is there is 5,40% increase on the turbine performance at the distance  $S/d = 1,7$ , 5 m/s speed, and 1,0 TSR. The Coefficient of Power (Cp) simulation value is 0,389.

**Keyword** : Numerical, Computational Fluid Dynamics (CFD), Savonius Wind Turbine, Fin, Disturbing Cylinders.

---

## Nomenclature

TSR	: Tip speed ratio
n	: Putaran turbin (RPM)
v	: Kecepatan angin (m/s)
Ct	: Coefficient of torque
Cp	: Coefficient of power
T	: Torsi turbin (Nm)
$\rho$	: Massa jenis udara (kg/m <sup>3</sup> )
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

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu alternatif dari sumber tenaga listrik. Turbin angin adalah contoh dari pembangkit listrik tenaga angin. Ada 2 jenis dalam turbin angin *Savonius* seperti horizontal dan vertikal dimana posisi rotor yang berbeda [1]. Namun performa dari turbin tersebut masih rendah dan untuk mendapatkan peningkatan performa turbin dilakukan dengan cara memvariasi bentuk sudu turbin yaitu *overlap*[2][3], *myring*[4], dan *fin*. Elemen lain yang dapat meningkatkan performa seperti penambahan silinder pengganggu pada

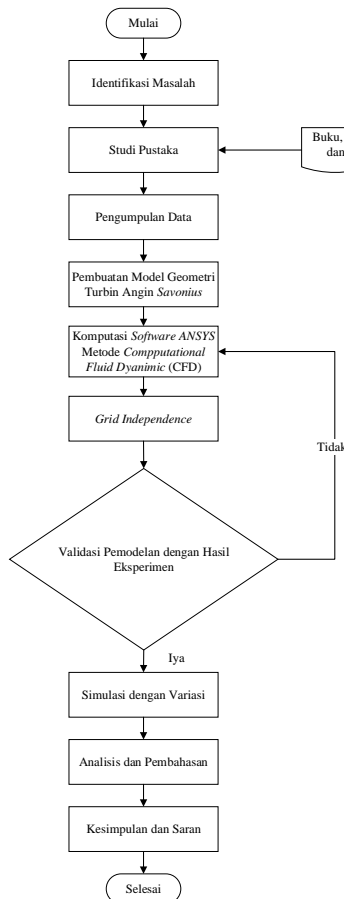
turbin angin *Savonius*[5][6][7]. Variasi silinder pengganggu juga dapat meningkatkan performa seperti sudut *stagger*[8][9][10], jarak silinder[11], dan rasio diameter[12][13] dengan diletakkan di depan *returning* atau *advancing blade*[14][15][16][17].

Eksperimen turbin angin *Savonius fin* variasi jarak silinder pengganggu di depan *returning blade* [18] dengan jarak  $S/d = 1,4$ ;  $S/d = 1,7$ ;  $S/d = 2,0$ ;  $S/d = 2,3$  dan untuk kecepatan angin sebesar 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s mendapatkan nilai performansi turbin angin *Savonius* berupa *Coefficient of Torque* (Cp) yaitu pada variasi  $S/d = 1,7$  dengan kecepatan 5 m/s sebesar 0,395.

Berdasarkan riset eksperimen turbin angin *Savonius fin* variasi jarak silinder pengganggu di depan *returning blade* sebagai rujukan pengembangan selanjutnya untuk mendapatkan performa atau kinerja dari turbin angin *Savonius* dengan penambahan *fin* yang lebih baik. Maka, dilakukan simulasi dengan jumlah sudu 2 buah[19] menggunakan jumlah *fin* sebanyak 1[20] pada turbin terhadap *Coefficient of Power* (Cp) dengan bantuan software berbasis *Computational Fluid Dynamic* (CFD)[21].

## 2. METODOLOGI

Tahapan pelaksanaan riset pada tugas akhir ini adalah diagram alir penelitian sebagai berikut :



Gambar 1 Flowchart penelitian

### 2.1 Dimensi Turbin Angin Savonius Fin

Data dimensi turbin angin Savonius yang akan diuji menggunakan simulasi numerik adalah sebagai berikut:

- Diameter turbin (D) : 0,4 meter
- Diameter sudu turbin (d) : 0,2 meter
- Tinggi turbin (H) : 0,4 meter
- Jumlah fin setiap sudu : 1 fin
- Tinggi fin : 0,2 meter

### 2.2 Persamaan TSR, Ct, dan Cp

Berikut ini adalah persamaan dari TSR, Ct, dan Cp [22] [23]:

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

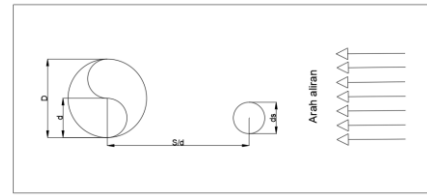
$$Ct = \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot v^2 \cdot D^2 \cdot H} \quad (2)$$

$$Cp = TSR \cdot Ct \quad (3)$$

### 2.3 Simulasi Numerik

#### A. Pembuatan Domain

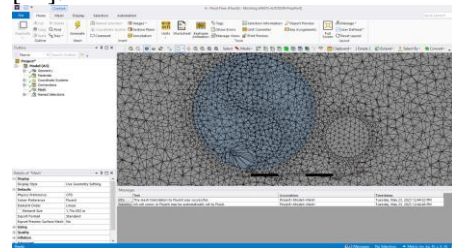
Pembuatan pemodelan geometri turbin angin Savonius menggunakan software Autodesk Inventor yang kemudian di import pada ANSYS Space Claim untuk memudahkan proses meshing dan mengatur kondisi batas (boundary condition) yang disesuaikan dengan kondisi pengujian eksperimen.



Gambar 2 Diagram skema simulasi turbin angin Savonius

#### B. Meshing

Tahap mesh adalah tahap yang paling susah, jika terjadi kesalahan maka meshing akan gagal atau berhenti. Hal ini terjadi maka harus mengulang pada meshing. Perlu dilakukan dengan cermat dan teliti saat melakukan meshing. Jumlah elemen meshing besar maka akan hasil menjadi semakin halus dan akurat [24].



Gambar 3 Detail meshing pada domain rotating

### 2.4 Perhitungan TSS dan NTS

Persamaan dari time step size (TSS) dan number of time step (NTS) dapat ditentukan sebagai berikut [25] :

$$NTS = N \frac{360}{\theta} \quad (3)$$

$$TSS = \frac{N}{0,15915 \cdot \omega \cdot NTS} \quad (4)$$

TSS dan NTS dapat dihitung jika sudah mendapatkan nilai dari RPM. Nilai tersebut merupakan bentuk konversi dari nilai  $\omega$  dalam rad/s. perhitungan nilai  $\omega$  harus mendapatkan nilai TSR, kecepatan fluida, dan diameter turbin dari eksperimen. Nilai NTS dan TSS digunakan sebagai input pada software simulasi sehingga nilai TSR simulasi yang dihasilkan dapat mendekati hasil dari eksperimen. Nilai TSS dan NTS dihitung menggunakan persamaan rumus 3 dan 4. Berikut ini adalah perhitungan nilai NTS dan TSS pada TSR 0,80 dengan diameter turbin 0,4 m dan kecepatan fluida 5 m/s adalah sebagai berikut :

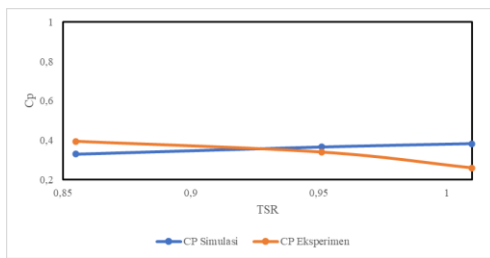
Tabel 1 Hasil Perhitungan NTS dan TSS

TSR	NTS	TSS (s)
0,40	3438	0,01745
0,60	5157	0,01164
0,80	6875	0,00873
1,00	8594	0,00698

1,20	10313	0,00582
------	-------	---------

### 2.5 Validasi

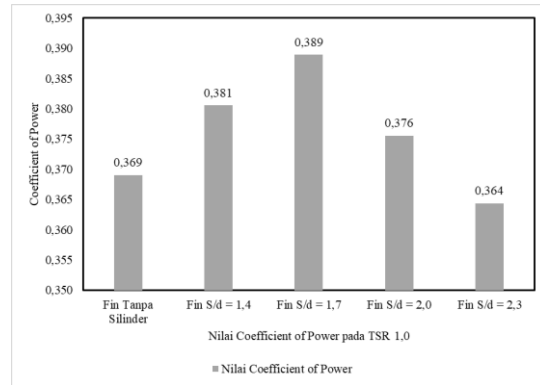
Hasil dari validasi model untuk mengetahui simulasi yang telah dilakukan sudah mendekati dengan eksperimen. Validasi model dilakukan pada kondisi turbin angin pada jarak S/d 1,7. Pola kurva *coefficient of power* ( $C_p$ ) terhadap *tip speed ratio* (TSR) yang dihasilkan dari simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimen dan dijadikan dasar acuan untuk proses validasi. Model dapat dikatakan valid jika hasil simulasi pola kurva  $C_p$  - TSR sudah mendekati atau memiliki kemiripan dengan hasil dari eksperimen. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi turbin angin *Savonius fin* dengan penambahan silinder pengganggu di depan *returning blade* jarak S/d 1,7 pada mesh 0,0175 m dengan 3 variasi TSR yaitu TSR 0,8549; TSR 0,9512; TSR 1,01 terhadap hasil dari eksperimen. Grafik validasi perbandingan  $C_p$  – TSR dari simulasi dengan hasil eksperimen pada penelitian ini ditunjukkan pada grafik.



Gambar 4 Grafik perbandingan nilai  $C_p$  - TSR antara simulasi dengan eksperimen

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah seluruh variasi yang telah disimulasikan, maka selanjutnya akan dilakukan analisis nilai *coefficient of power* dari semua simulasi. Nilai *coefficient of power* pada setiap variasi memiliki karakteristik masing-masing. Pada gambar grafik 5 dapat diketahui bahwa pada simulasi tersebut dapat meningkatkan nilai *coefficient of power* dibandingkan dengan turbin angin *Savonius Fin* tanpa silinder.



Gambar 5 Grafik *coefficient of power* terhadap TSR pada variasi jarak (S/d)

Pada grafik diatas mendapatkan bahwa pada simulasi variasi jarak silinder pengganggu di depan *returning blade* dengan S/d 1,7 memiliki kenaikan nilai *coefficient of power* paling tinggi pada TSR 1 yaitu sebesar 5,40 % dari turbin angin *Savonius Fin* tanpa silinder pengganggu.

### 4. KESIMPULAN

Tabel 2 Hasil nilai *coefficient of power* turbin angin *Savonius*

Hasil Nilai <i>coefficient of torque</i> pada setiap variasi				
Variasi	TSR	$C_p$	Presentase (%)	Ket
Fin tanpa silinder	1,00	0,369	0	-
Fin S/d = 1,4	1,00	0,381	3,13	Naik
Fin S/d = 1,7	1,00	0,389	5,40	Naik
Fin S/d = 2,0	1,00	0,376	1,77	Naik
Fin S/d = 2,3	1,00	0,364	-1,27	Turun

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Validasi nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ) variasi jarak silinder pengganggu yang terbaik antara eksperimen dan simulasi numerik bahwa hasil yang didapatkan dari simulasi numerik tidak jauh berbeda dengan hasil eksperimen. Hal ini dapat dilihat pada grafik  $C_p$  – TSR dengan bentuk *trendline*.
- Hasil simulasi nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ) bahwa turbin angin *Savonius fin* dengan penambahan silinder pengganggu mendapatkan koefisien torsi lebih tinggi daripada turbin angin *Savonius fin* tanpa silinder,
- Nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ) terbaik antara turbin angin *Savonius fin* dengan penambahan variasi jarak silinder pengganggu dan turbin angin *Savonius fin* tanpa silinder bisa disimpulkan bahwa turbin angin *Savonius fin* variasi jarak silinder pengganggu S/d = 1,7

mendapatkan kenaikan sebesar 5,40 % dari turbin angin *Savonius fin* tanpa silinder sebesar 0,389 pada TSR 1,0.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

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. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Nopem Ariwiyono, ST., 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 mahasiswa Teknik Permesinan Kapal Angkatan 2019 terutama untuk tim *Savonius* yang menjadi keluarga dan saling mendukung selama kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir.

## 6. PUSTAKA

- [1] E. Cahyanti, “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SILINDER EKA CAHYANTI NRP 0211144000024 Dosen Pembimbing Prof . Dr . Ir . Triyogi Yuwono , DEA DEPARTEMEN TEKNIK MESIN Fakultas Teknologi Industri NRP 0211144000024 Dosen Pembimbing DEPARTEMEN TEKNIK MESIN Fakultas Teknologi,” 2018.
- [2] M. Y. A. Sectio, “Studi eksperimen pengaruh variasi jarak silinder pengganggu di depan returning blade terhadap performa turbin angin savonius dengan penambahan overlap ratio,” 2022.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] W. F. Prasetia, 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  $n = 2$ ”.
- [10] 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.
- [11] P. A. Setiawan, A. W. Husodo, F. Hamzah, T. Yuwono, dan W. A. Widodo, “Performance Analysis of Savonius Turbine Disturbed by Cylinder in Front of Returning with Variation of Distance to Perpendicular Fluid Flow,” *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 11, no. 10, hal. 761–766, 2022, doi: 10.18178/ijmerr.11.10.761-766.
- [12] 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.

- [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] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [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] F. Nanda Putra, "STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI JARAK SILINDER PENGANGGU DI DEPAN RETURNING BLADE TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN PENAMBAHAN FIN," 2022.
- [19] 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.
- [20] B. Anggara, I. Widiastuti, dan H. Saputro, "Numerical study of Savonius wind turbine with additional fin blade using computational fluid dynamic," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 434, no. 1, hal. 1–7, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012172.
- [21] M. Iwan Fermi, "Pemanfaatan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) Dalam Perancangan Kompur Biomassa," *J. Teknobiologi*, no. 1, hal. 15–19, 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>.
- [22] V. Valentino, M. I. Yusuf, dan A. Hiendro, "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Untuk Penerangan Penginapan Di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas," *Univ. Tanjungpura Pontianak*, 2021.
- [23] Eric Hau, "Wind Turbines Fundamental, Technologies, Application, Economics. Spectrum," *Spectrum*, 2005.
- [24] Y. N. . B. U. . I. M. Burhanudin, "Estimasi Hambatan Total Kapal Tanker Kvlcc2M Dengan Menggunakan Cfd," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, hal. 428–438, 2015.
- [25] 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," *Tjyybjb.Ac.Cn*, vol. 27, no. 2, hal. 58–66, 2019.