

Studi Numerik Pengaruh Jarak Silinder Pengganggu Pada Sisi Returning Blade Terhadap Coefficient of Power (Cp) Turbin Angin Savonius Overlap

Fariz Andika Firmansyah^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Projek Priyonggo Sumangun L³

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Perpipaian, Jurusan Teknik Perpipaian Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: farizandika@student.ppns.ac.id^{1*}; priyo.as@ppns.ac.id^{2*}; projek.priyonggo@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - The coefficient of power Savonius wind turbine improved in experimental studies that added overlap and variation in the distance of the disruptive cylinder in front of the returning blade. However, further research needs to be done to validate the experimental results. This research is in the form of a numerical study using the 3-dimensional Computational Fluid Dynamics (CFD) method. In this simulation, the solver chosen is pressure based with a transient time mode. In addition, the model used is the k-epsilon realizable model. Simulations were carried out to determine the value of the coefficient of power the turbine. The turbine has the same diameter and height of 0.4 meters with the addition of overlap. The variation in the distance of the disruptive cylinder used is $S/d = 1.4$; $S/d = 1.7$; $S/d = 2$ and $S/d = 2.3$. The final result shows that the performance of the turbine can reach the highest increase of 3.51% compared with overlapped Savonius wind turbine without cylinder at a distance of $S/d = 1.7$. The coefficient of power (Cp) value is 0.324 at Tip Speed Ratio 1.

Keyword: Numerical, Computational Fluid Dynamics (CFD), Savonius wind turbine, Overlap, Disruptive cylinder.

Nomenclature

n	: Putaran turbin (RPM)
v	: Kecepatan angin (m/s)
T	: Torsi turbin (Nm)
Cp	: Coefficient of power
TSR	: Tip speed ratio
Ct	: Coefficient of torque
D	: Diameter turbin (m)
H	: Tinggi turbin (m)
ρ	: Massa jenis udara (kg/m ³)
N	: Jumlah putaran
NTS	: Number of time step
TSS	: Time step size (s)
ω	: Kecepatan sudut turbin (rad/s)
θ	: Derajat waktu langkah putaran

1. PENDAHULUAN

Klasifikasi turbin angin berdasarkan sumbu diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu sumbu horizontal dan vertikal [1]. Savonius adalah salah satu turbin angin dengan sumbu vertikal. Performa turbin angin dapat

ditingkatkan dengan melakukan variasi terhadap bentuk sudu turbin seperti *overlap* [2], *myring*, dan *fin* [3]–[6] atau variasi terhadap penambahan silinder pengganggu [7], [8]. Variasi dalam penambahan silinder juga dapat dilakukan pada segi sudut *stagger*, jarak silinder, dan rasio diameter silinder yang dapat diletakkan di depan *returning* maupun *advancing blade* [9]–[11].

Eksperimen turbin air *savonius* dengan nilai *myring* $n=1$ dan $n=2$ memvariasikan sudut *stagger* di depan *advancing blade* menghasilkan peningkatan performa turbin pada $ds/D = 0,3$ dan sudut 60° dengan nilai Cp sebesar 0,1515 [12].

Eksperimen turbin air *savonius* dengan variasi penambahan sirkular silinder dengan diameter 16 cm dan jarak 20 cm sisi *advancing blade* menghasilkan peningkatan performa turbin dengan nilai Cp sebesar 0,1924 pada TSR 0,633 [13].

Eksperimen turbin air *savonius* dengan penambahan silinder sirkular dengan variasi diameter $X/D = 0,5$ dan $Y/D = 0,7$ sisi *advancing blade* menghasilkan peningkatan performa turbin

dengan nilai C_p sebesar 0,16 pada TSR 0,49 [14].

Studi numerik turbin air *savonius myring* $n=1$ dan $n=2$ dengan variasi sudut dan diameter *stagger* sisi *returning blade* menghasilkan peningkatan performa turbin pada diameter *stagger* 16 cm dengan sudut 0° sebesar 19,90% dari turbin air *savonius* tanpa *stagger* [15].

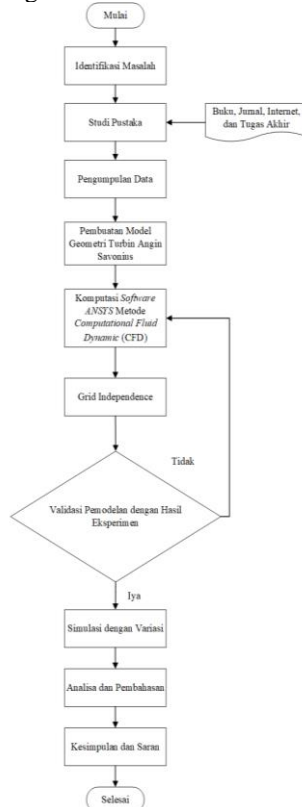
Studi numerik turbin air *savonius myring* $n=1$ dan $n=2$ dengan variasi sudut dan diameter *stagger* sisi *advancing blade* menghasilkan peningkatan performa turbin pada $ds/D = 0,4$ dengan sudut 60° sebesar 35,86% dari turbin air *savonius* tanpa *stagger* [16].

Studi numerik turbin air *savonius* menggunakan variasi jarak pada silinder pengganggu di depan *advancing blade* menghasilkan *coefficient power* terbaik pada $X/D = 0,5$ dengan nilai 0,250 pada TSR 0,9 [17]. Simulasi tersebut menggunakan *transient simulation* [18].

Dari penelitian diatas, dapat dikembangkan menjadi penelitian baru terhadap simulasi turbin angin *savonius* 2 sudu [19] berprofil *overlap ratio* 0,3. Variasi dilakukan pada variasi jarak silinder pengganggu di depan *returning blade* [20] untuk memperoleh nilai dari *coefficient of power* dengan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) [21].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.1 Dimensi Turbin Angin Savonius Overlap

Data dimensi dari turbin angin *savonius* yang akan diuji menggunakan simulasi numerik adalah sebagai berikut [22]:

Diameter (D)	: 400 mm
Diameter sudu (d)	: 260 mm
Tinggi (H)	: 400 mm
Rasio <i>overlap</i> (e/D)	: 0,3
Diameter silinder (ds)	: 160 mm

2.2 Persamaan TSR, Ct, dan Cp

Berikut ini adalah persamaan dari TSR [23], C_t , dan C_p [24]:

$$TSR = \frac{\omega \cdot R}{v} \quad (1)$$

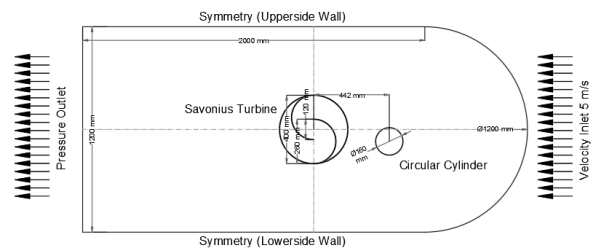
$$C_t = \frac{4T}{\rho v^2 D^2 H} \quad (2)$$

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

2.3 Metode Simulasi Numerik

A. Pembuatan Domain

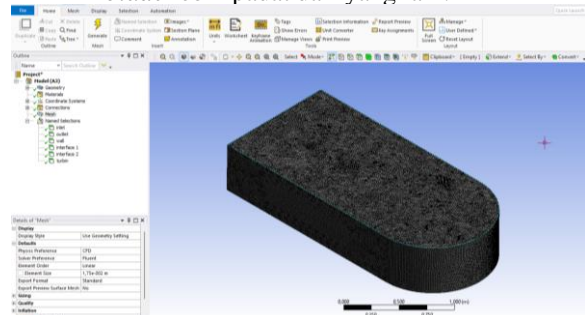
Gambar model turbin angin *savonius* yang uji memiliki diameter 400 mm, *overlap ratio* 0,3 dan silinder pengganggu berdiameter 160 mm. Berikut adalah skema pengujian dengan jarak silinder pengganggu $S/d = 1,7$:



Gambar 2 Skema pengujian turbin angin *savonius overlap* dengan jarak silinder pengganggu $S/d = 1,7$

B. Meshing

Pada simulasi ini, *mesh* yang digunakan adalah *mesh* dengan metode *quadrilateral meshing* [25]. *Mesh* diatur sehingga area yang berputar lebih padat dan halus daripada area fluida, dan area *blade* lebih padat dari yang lain.



Gambar 3 Meshing

2.4 Perhitungan NTS (Number of Timestep) dan TSS (Time Step Size) [26]

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

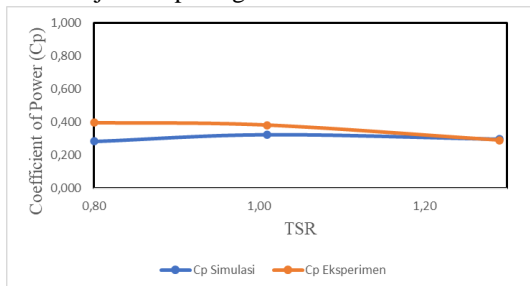
$$TSS = \frac{N}{0,15915 \omega \times NTS} \quad (5)$$

Tabel 1 Nilai NTS dan TSS untuk Simulasi

TSR	NTS	TSS (s)
0,4	3437	0,01745
0,6	5156	0,01164
0,8	6875	0,00873
1	8594	0,00698
1,2	10313	0,00582

2.5 Validasi Model

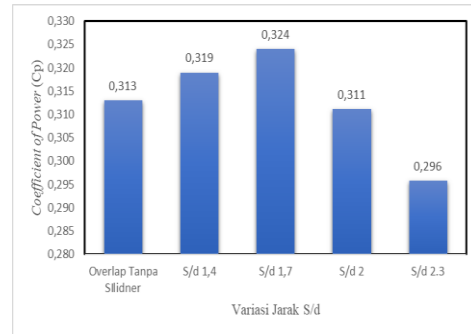
Validasi model dilakukan untuk mengetahui hasil simulasi sudah mendekati dengan hasil eksperimen. *Trend line coefficient of power (Cp)* didapatkan dari perbandingan *tip speed ratio* simulasi dengan hasil eksperimen yang menjadi dasar acuan untuk validasi model. Grafik validasi perbandingan Cp - TSR dari simulasi dengan hasil eksperimen pada penelitian ini ditunjukkan pada grafik.



Gambar 4 Grafik validasi Cp terhadap TSR antara simulasi dan eksperimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis hasil simulasi didapatkan nilai *coefficient of power (Cp)* dari tiap variasi jarak silinder pengganggu memiliki kerasteristik yang berbeda-beda. Peningkatan performa terjadi pada variasi jarak S/d = 1,7. Berikut adalah grafik *coefficient of power (Cp)* terhadap TSR pada variasi jarak (S/d) :



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

4. KESIMPULAN

Tabel 2 Nilai *coefficient of power (Cp)* turbin angin *savonius overlap*

Hasil Nilai <i>coefficient of power (Cp)</i> pada setiap variasi				
Variasi	TSR	Cp	Persentase (%)	Keterangan
Overlap Tanpa Silinder	1,00	0,313	0	-
Overlap Silinder S/d = 1,4	1,00	0,319	1,91	Naik
Overlap Silinder S/d = 1,7	1,00	0,324	3,51	Naik
Overlap Silinder S/d = 2	1,00	0,311	-0,59	Turun
Overlap Silinder S/d = 2,3	1,00	0,296	-4,15	Turun

Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil validasi nilai *coefficient of power (Cp)* untuk variasi jarak silinder pengganggu terbaik antara eksperimen dan simulasi numerik dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi numerik tidak terlalu jauh dari hasil eksperimen yang telah dilakukan.
2. Hasil simulasi nilai *coefficient of power (Cp)* bahwa turbin angin Savonius overlap dengan penambahan silinder pengganggu mendapatkan *coefficient of power* lebih tinggi daripada turbin angin Savonius overlap tanpa silinder.
3. Pada variasi jarak silinder pengganggu S/d = 1,7 mengalami kenaikan *coefficient of power (Cp)* sebesar 3,51% dibandingkan tanpa silinder.

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 Projek Priyonggo S. L, 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 kelas D4 ME B 2019 terutama untuk tim *Savonius* yang menjadi keluarga dan saling mendukung selama kuliah dan pengerjaan penelitian.

6. PUSTAKA

- [1] Zain Lillahulhaq, "02111650020011 - Master_Thesis," 2019.
- [2] R. Tania, R. L. Florin, I. V. D. Adriana, M. Roxana, A. Ancuta, and D. Florin, "Experimental investigation on the influence of Overlap Ratio on Savonius Turbines Performance," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 1791–1799, 2018, doi: 10.20508/ijrer.v8i3.7764.g7480.
- [3] P. A. Setiawan, M. Santoso, R. Indarti, N. Ariwiyono, T. Yuwono, and 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, and 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, "SILINDER PENGANGGU DI DEPAN RETURNING BLADE," 2022.
- [6] O. H. Yuqa *et al.*, "STUDI NUMERIK PENGARUH VARIASI SUDUT STAGGER SILINDER SIRKULAR PADA SISI ADVANCING BLADE TERHADAP PERFORMA TURBIN AIR SAVONIUS TIPE Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :," pp. 2–7, 2019.
- [7] P. Setiawan, T. Yuwono, and 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. IJME-IJENS*, vol. 19, no. 06, p. 41, 2019.
- [8] P. Setiawan and T. Yuwono, "The Effect of Inner Fan Blade Angle to The Ventilation Rate of The Turbine Ventilator," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 227–233, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.03.10.
- [9] P. A. Setiawan, T. Yuwono, and 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 *et al.*, "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, and 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, and 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, and 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, pp. 1–3.
- [14] D. Falahudin, P. A. Setiawan, and 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," pp. 0–5.
- [15] W. F. Prasetya, P. A. Setiawan, and 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, and 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 $N = 2$," pp. 4–9.
- [17] P. A. Setiawan, T. Yuwono, W. A. Widodo, E. Julianto, and 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, pp. 978–985, 2019, doi: 10.20508/ijrer.v9i2.8890.g7662.
- [18] P. A. Setiawan, T. Yuwono, and 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, pp. 151–159, 2019.
- [19] J. Jamal, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Performansi Kincir Angin Vertikal Savonius Tipe-U," *Politek. Negeri Ujung Pandang*, vol. 6, no. 1, pp. 64–68, 2018.
- [20] S. W. Mangkunegoro, "STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SILINDER SIRKULAR SEBAGAI PENGANGGU ALIRAN DI DEPAN SISI RETURNING BLADE TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SAVONIUS," 2019.
- [21] H K Versteeg, *An Introduction to Parallel Computational Fluid Dynamics*, vol. 6, no. 4. 2005. doi: 10.1109/mcc.1998.736434.
- [22] M. Y. A. Sectio, *PENGANGGU DI DEPAN RETURNING BLADE TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN PENAMBAHAN OVERLAP RATIO*. 2022.
- [23] A. R. Fachrudin, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 3412 Dengan Sudut Pitch 00," *Info-Teknik*, vol. 19, no. 2, p. 195, 2018, doi: 10.20527/jit.v19i2.153.
- [24] Eric Hau, "Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics," *Spectrum*, 2005.
- [25] W. Wardhana and 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, pp. 5–11, 2020, doi: 10.5220/0008542700050011.
- [26] I. K. A. P. U. and M. Dendy Satrio, "The influence of time step setting on the CFD simulation result of vertical axis tidal current turbine," vol. 27, no. 2, pp. 58–66, 2019.