

STUDI NUMERIK PENGARUH VARIASI RASIO DIAMETER STAGGER SILINDER DI DEPAN *RETURNING BLADE* TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE *OVERLAP MYRING* $n=1$

Muhammad Endy Rifa'i^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Eky Novianarenti³

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

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

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

Email: muhammadendy@student.ppns.ac.id^{1*}; priyo.as@ppns.ac.id²; Eky.Novianarenti@ppns.ac.id³

Abstract - The coefficient of power Savonius wind turbine improved in experimental studies that added overlap using myring equation $n = 1$ and variation in the stagger cylinder diameter ratio in front of the returning blade. 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 model. Simulations were carried out to determine the value of the coefficient of power the turbine. The turbine has the same diameter (D) and height of 0,4 meters with the addition of overlap myring $n = 1$. The variation stagger cylinder diameter (ds) ratio (ds/D) 0,4; 0,5; 0,6; 0,7. The final results show that the performance of the turbine at a ratio diameter stagger cylinder 0,4 can achieve the highest increase of 11% compared to the Savonius wind turbine without a stagger cylinder with the coefficient of power (C_p) value of 0,298 at Tip Speed Ratio 0,8.

Keyword: Computational Fluid Dynamics (CFD), Savonius wind turbine, Overlap myring $n=1$, Stagger cylinder, Diameter Ratio.

Nomenclature

n	: Putaran turbin (RPM)
v	: Kecepatan angin (m/s)
T	: Torsi turbin (Nm)
C_p	: Coefficient of power
TSR	: Tip speed ratio
S/d	: Rasio jarak stagger silinder dengan puncak advancing blade
C_t	: 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

Penggunaan bahan bakar fosil mengalami penurunan dari tahun ke tahun, namun ada kebutuhan yang semakin besar untuk sumber energi alternatif guna memenuhi kebutuhan energi dunia, seperti energi terbarukan. Air dan angin dianggap sebagai sumber energi terbarukan terbaik guna menghasilkan daya listrik dengan menggunakan turbin sebagai pembangkit listrik

[1].

Turbin angin merupakan jenis kincir angin yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan posisi porosnya, terdapat dua tipe turbin angin, yaitu turbin angin dengan sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT*) dan turbin angin dengan sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine-VAWT*). Turbin angin dengan sumbu vertikal dikenal dengan berbagai nama dan bentuk, salah satunya adalah turbin Savonius. [2].

Eksperimen turbin angin Savonius dengan variasi overlap ratio 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 menghasilkan eksperimen terbaik yang didapatkan pada variasi overlap ratio 0,30 dengan hasil Coefficient of Power (C_p) tertinggi dari rata-rata kecepatan angin 1 m/s sampai dengan 7 m/s sebesar 0,29 [3].

Selanjutnya, eksperimen turbin angin Savonius diameter 400 mm dan rasio overlap 0,3 dengan kecepatan angin 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s serta variasi silinder pengganggu 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 menghasilkan eksperimen terbaik setelah menambahkan overlap dan memvariasikan rasio diameter silinder pengganggu di depan *returning blade* tercapai pada rasio diameter silinder pengganggu $ds/D=0,4$ dengan kecepatan angin 5 m/s. Pada kondisi ini, nilai Coefficient of Power

(Cp) yang dihasilkan sebesar 0,399 pada nilai *Tip Speed Ratio*(TSR) 0,834 [4].

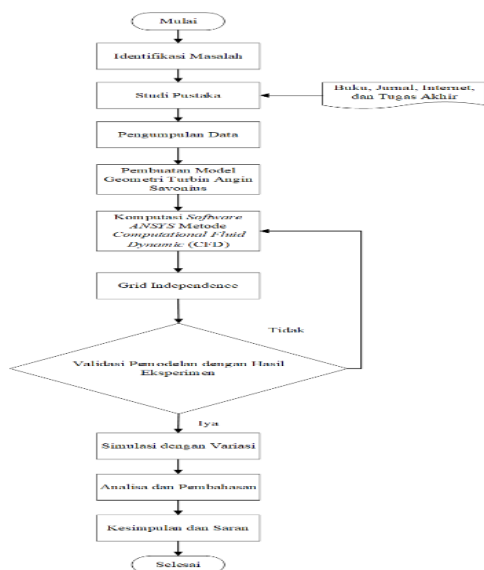
Eksperimen yang dilakukan menggunakan turbin angin *Savonius* dengan diameter dan tinggi masing-masing 40 cm, di mana perubahan sudu dilakukan berdasarkan persamaan *Myring* dengan $n=1$ dan penambahan overlap ratio sebesar 0,3 pada sudu turbin. Silinder pengganggu ditempatkan dengan rasio jarak $S/d = 1,7$, dan variasi rasio diameter $ds/D = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$. Kecepatan angin divariasikan pada 5 m/s, 6 m/s, dan 7 m/s. Hasilnya menunjukkan bahwa performa terbaik dicapai pada rasio diameter silinder pengganggu $ds/D = 0,4$ dengan kecepatan angin 6 m/s, menghasilkan *Coefficient of Torque* (Ct) sebesar 9,58% dan *Coefficient of Power* (Cp) sebesar 21,56%. [5].

Berdasarkan penelitian di atas, dapat dikembangkan menjadi penelitian baru dengan simulasi penambahan persamaan *Myring* $n=1$ dengan rasio overlap e/D sebesar 0,3 serta dilakukan penambahan stagger silinder didepan *returning blade* yang rasio jaraknya S/d 1,7 untuk memperoleh nilai dari *Coefficient of Torque* (Ct) dan *Coefficient of Power* (Cp) menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil validasi nilai *Coefficient of Torque* (Ct) dan *Coefficient of Power* (Cp) pada turbin *Savonius* tipe *Overlap Myring* $n=1$ dengan variasi rasio diameter stagger silinder terbaik, serta mengevaluasi nilai *Coefficient of Torque* (Ct) dan *Coefficient of Power* (Cp) berdasarkan hasil simulasi turbin *Savonius* tipe *Overlap Myring* $n=1$ dengan variasi rasio diameter stagger silinder yang ditempatkan di depan *returning blade*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.1 Dimensi Turbin Angin *Savonius* *Overlap*

Dimensi turbin angin *Savonius* yang akan diuji melalui simulasi numerik adalah sebagai berikut:

Diameter (D)	: 400 mm
Diameter sudu (d)	: 260 mm
Tinggi (H)	: 400 mm
Rasio overlap (e/D)	: 0,3
Jarak stagger silinder dari puncak returning blade	: 442 mm

2.2 Persamaan TSR, Ct, dan Cp

Berikut merupakan persamaan dari TSR [7], Ct, dan Cp [8]:

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

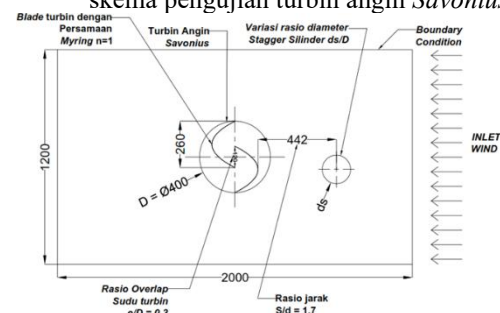
$$Ct = \frac{4T}{\rho v^2 D^2 H} \quad (2)$$

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

2.3 Metode Simulasi Numerik

A. Pembuatan Domain

Gambar model turbin angin *Savonius* yang diuji memiliki diameter 400 mm, overlap ratio sebesar 0,3, dan variasi rasio diameter stagger silinder $ds/D = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$. Berikut adalah skema pengujian turbin angin *Savonius*:



Gambar 2 Skema pengujian turbin angin *Savonius* dengan overlap dan rasio diameter stagger silinder sebesar 0,4.

B. Meshing

Dalam simulasi ini, dilakukan *auto meshing* dengan mengatur *element size* dengan *size meshing* terbaik yang diperoleh dari *grid independence*.

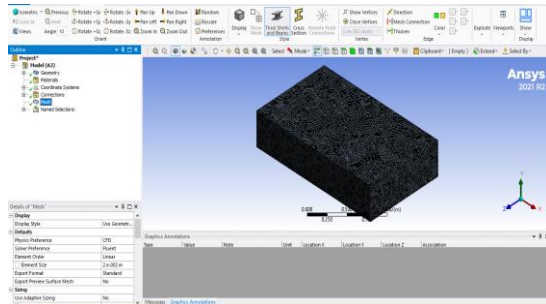
Tabel 2.1 *Grid Independence* Simulasi

TSR	Nodes	Coefficient of Power		Error (%)
		Simulasi	Eksperimen	
TSR 1,009				
Mesh 0,015	168765	0.160	0.176	8.8
Mesh 0,0175	126001	0.173		2.00
Mesh 0,02	90889	0.147		16.3

Berdasarkan gambar 2.1 tabel 2.1 dapat dilihat nilai *Coefficient of Power* (Cp) simulasi TSR 1,009 yang paling mendekati dengan nilai *Coefficient of Power* (Cp) eksperimen terdapat

pada *mesh* 0,0175 dengan persentase error terkecil yaitu sebesar 2,0 % Sehingga *mesh* yang digunakan untuk simulasi berikutnya adalah *mesh* dengan *element size* 0,0175.

Simulasi untuk mencari *meshing* terbaik dilakukan dengan melihat presentase error, dan diambil error yang paling rendah persentasenya. Hasil dari *grid independece* dibuat acuan untuk nilai *meshing* simulasi selanjutnya.



Gambar 3 Meshing

2.4 Perhitungan NTS (Number of Timestep) dan TSS (Time Step Size) [9]

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

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

Tabel 2.2 Nilai NTS dan TSS untuk Simulasi

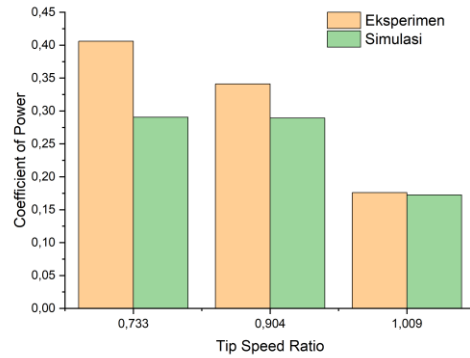
TSR	NTS	TSS (s)
0.2	2062.8	0.02909
0.4	4125.6	0.01454
0.6	6188.4	0.00970
0.8	8251.2	0.00727
1	10314	0.00582
1.2	12376.8	0.00485

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model dianggap valid jika hasil simulasi pola kurva Ct-TSR dan Cp-TSR mendekati atau mirip dengan hasil eksperimen. Validasi nilai perbandingan Ct-TSR dan Cp-TSR dari simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimen pada penelitian ini ditampilkan dalam tabel dan grafik. Persentase kesalahan perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimen dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Presentase error nilai Cp – TSR simulasi dengan eksperimen pada semua mesh

Cp		Cp Simulasi variasi nilai mesh					
TSR	Eksperimen	0.015	% Error	0.0175	% Error	0.02	% Error
0.733	0.406	0.315	22.5	0.290	28.5	0.294	27.6
0.904	0.341	0.280	17.8	0.289	15.2	0.263	22.9
1.009	0.176	0.160	8.8	0.173	2.0	0.147	16.3



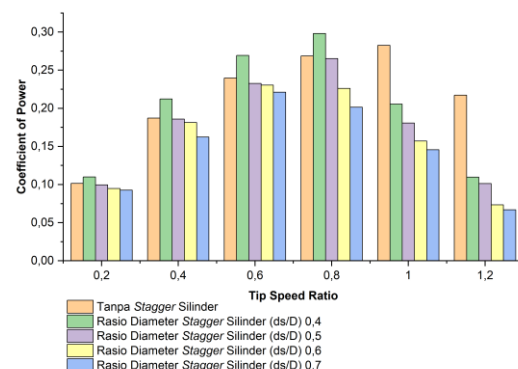
Gambar 4 Grafik validasi nilai Cp dengan TSR

Hasil validasi nilai *Coefficient of Torque* dan *Coefficient of Power* untuk turbin angin Savonius tipe *Overlap Myring* $n=1$ dengan variasi rasio diameter terbaik antara eksperimen dan simulasi numerik dapat ditemukan pada tabel 2.3 serta grafik pada gambar 4 dan 5. Dari tabel dan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen dan simulasi numerik tidak menunjukkan perbedaan signifikan, dengan nilai error terkecil sebesar 2%.

Analisis hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *Coefficient of Power* (Cp) untuk setiap variasi jarak stagger silinder memiliki karakteristik yang berbeda. Peningkatan performa terlihat pada variasi ds/D 0,4. Berikut ini adalah grafik Cp sebagai fungsi dari TSR:

Tabel 3.1 Hasil nilai Cp simulasi

Hasil Nilai <i>Coefficient of Power</i> semua simulasi variasi				
Variasi	TSR	Cp	Persentase(%)	Keterangan
Tanpa stagger silinder	0.8	0.269	-	-
$ds/D = 0,4$	0.8	0.298	11%	Naik
$ds/D = 0,5$	0.8	0.265	-1%	Turun
$ds/D = 0,6$	0.8	0.226	-16%	Turun
$ds/D = 0,7$	0.8	0.201	-25%	Turun



Gambar 5 Grafik coefficient of power (Cp) terhadap TSR dengan variasi sudut

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil validasi nilai *Coefficient of Torque* dan *Coefficient of Power* untuk turbin angin Savonius tipe *overlap Myring* $n=1$ dengan

variasi rasio diameter terbaik menunjukkan kesesuaian antara hasil eksperimen dan simulasi numerik, dengan nilai error terkecil 2%, sebagaimana terlihat pada tabel 2.3 serta grafik gambar 4 dan 5.

2. Simulasi menunjukkan bahwa turbin angin Savonius tipe Overlap Myring $n=1$ dengan rasio diameter stagger silinder $ds/D = 0,4$ memiliki nilai C_p yang lebih tinggi dibandingkan tanpa stagger silinder, dengan peningkatan performa mencapai 11%. Nilai C_p adalah 0,298 pada TSR 0,8.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik
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 penelitian ini.
4. Ibu Eky Novianarenti ST., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian penelitian ini.

6. PUSTAKA

- [1] [Setiawan, P. A., Husodo, A. W., & Hamzah, F. (2022). *Performance Analysis of Savonius Turbine Disturbed by Cylinder in Front of Returning with Variation of Distance to Perpendicular Fluid Flow*. 11(10), 761–766. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.11.10.761-766>.
- [2] Latif, M. (2013). Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 10(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v10i3.1030>.
- [3] Tania, R., Florin, R. L., Adriana, I. V. D., Roxana, M., Ancuta, A., & Florin, D. (2018). *Experimental investigation on the influence of Overlap Ratio on Savonius Turbines Performance*. *International Journal of Renewable Energy Research*, 8(3), 1791–1799. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v8i3.7764.g7480>.
- [4] Pratama, W. A. (2022). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Rasio Diameter Silinder Pengganggu Di Depan *Returning Blade* Terhadap Performa Turbin Angin *Savonius* Dengan Penambahan *Overlap Ratio*. In *Jurnal Teknik ITS* (Vol. 5, Issue 2).
- [5] Harmaji, N. D. W. I. (2023). KAJIAN EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI [6] W. Tian, B. Song, J. H. Vanzwieten, and P. Pyakurel, “Computational Fluid Dynamics Prediction of a Modified Savonius Wind Turbine with Novel Blade Shapes,” vol. 8, pp. 7915–7929, 2015, doi: 10.3390/en8087915.
- [6] M. Y. A. Sectio, *PENGANGGU DI DEPAN RETURNING BLADE TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN PENAMBAHAN OVERLAP RATIO*. 2022.
- [7] 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.
- [8] Eric Hau, “Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics,” *Spectrum*, 2005.
- [9] 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.