

STUDI NUMERIK PENGARUH SUDUT SILINDER PENGANGGU DI DEPAN *RETURNING BLADE* TURBIN ANGIN *SAVONIUS* DENGAN *FIN TYPE MYRING* $n=1$

Ahmad Bay Haqi Mubarak^{1*}, Projek Priyonggo Sumangun L,S.T., M.T.², Dr. Priyo Agus
Setiawan, S.T., M.T.³

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

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

Abstract In previous experimental studies, Savonius wind turbine research has been carried out by adding fins and disturbance cylinders in front of the returning blade using the myring $n = 1$ equation, the performance is proven to increase. The method used is Computational Fluid Dynamics (CFD) to validate the experimental results, knowing the value of coefficient of torque (C_t) and coefficient of power (C_p). The simulated Savonius wind turbine has a diameter ratio (d_s/D) of 0.4 and a spacing ratio (S/d) of 1.7 and uses angle variations of 45°, 50°, 55°, and 60°. The wind speed variation is 6 m/s. The best performance of the turbine occurred at an angle variation of 60° in front of the returning blade and wind speed of 6m/s. The percentage increase was 30.31% with a Coefficient of Power (C_p) value of 0.422 at a TSR of 0.8, compared to a turbine without a disturbance cylinder.

Keyword: Numerical, Computational Fluid Dynamics (CFD), Savonius Wind Turbine, Myring, Confounding cylinder.

Nomenklatur

n	: Putaran turbin (RPM)
v	: Kecepatan angin (m/s)
T	: Torsi turbin (Nm)
C_p	: Coefficient of power
TSR	: Tip speed ratio
C_t	: Coefficient of torque
D	: Diam eter 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

Kebutuhan energi Listrik semakin meningkat dengan adanya penambahan jumlah populasi didunia dan pesatnya ilmu pengetahuan. Sehingga pemanfaatan sumber energi yang dapat diperbarui perlu dilakukan, yaitu salah satu energi angin [1].

Alur dari konversi energi yaitu ada dua yang dimulai dari aliran angin menggerakkan rotor atau baling-baling, sehingga rotor berputar searah dengan angin. Putaran tersebut lalu diteruskan ke generator, yang pada akhirnya menghasilkan arus listrik. [2].

Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) seperti turbin Savonius memiliki desain yang sederhana dan dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah. Berbeda dengan turbin sumbu

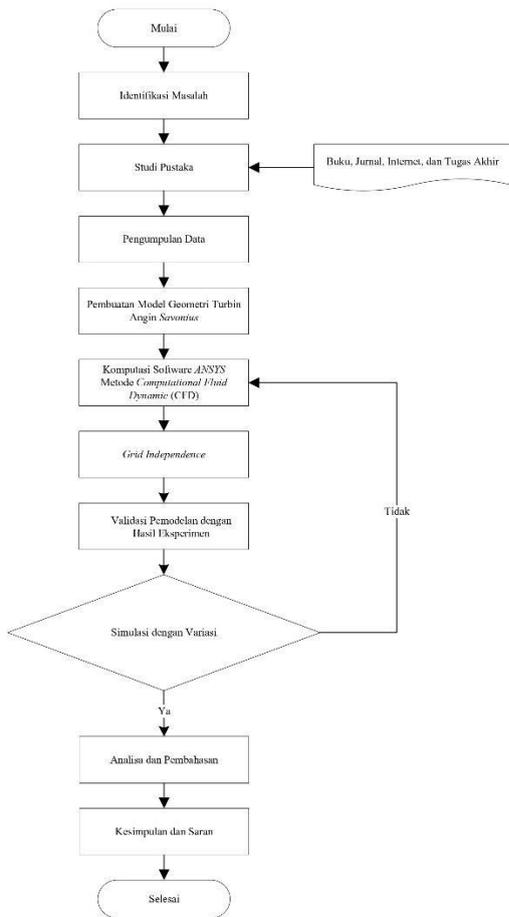
horizontal, turbin ini memiliki putaran yang lebih rendah, torsi yang tinggi, serta tidak bergantung pada arah angin [3].

Dalam penelitian sebelumnya, hasil akhir menunjukkan bahwa pada sudut silinder 60° dengan kecepatan angin 6 m/s, nilai C_p tertinggi mencapai 0,394 dengan TSR sebesar 0,688. Kinerja ini mengalami peningkatan sebesar 88,80%. [4].

Dapat disimpulkan bahwa penelitian tersebut digunakan dalam acuan pengembangan selanjutnya untuk meningkatkan dan mendapatkan efisiensi serta performansi yang lebih baik dari turbin angin *Savonius*. Simulasi dilakukan menggunakan bantuan *software* berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi tersebut digunakan untuk memperoleh nilai C_t dan C_p , serta untuk memvalidasi hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan variasi sudut silinder pengganggu 45°, 50°, 55°, dan 60°.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 merupakan proses pengerjaan simulasi numerik.



Gambar 1 Diagram alir

2.1 Persamaan TSR, Ct, dan Cp

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

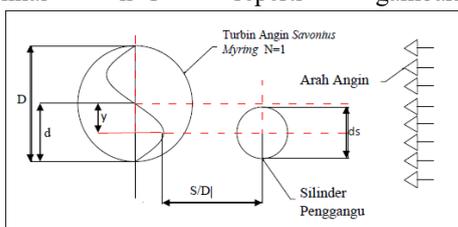
$$Ct = \frac{4 \times T}{\rho \times v^2 \times D^2 \times H} \quad (2)$$

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

2.2 Simulation Metode

A. Domain Model

Model turbin angin *Savonius* yang disimulasikan memiliki ukuran yang sama seperti eksperimen yang sudah dilakukan yang dapat dilihat pada Tabel 1. Berikut ini adalah pengujian turbin angin *Savonius* menggunakan persamaan *Myring* dengan nilai $n=1$ seperti gambar2.



Gambar 2 Skema pengujian 2D

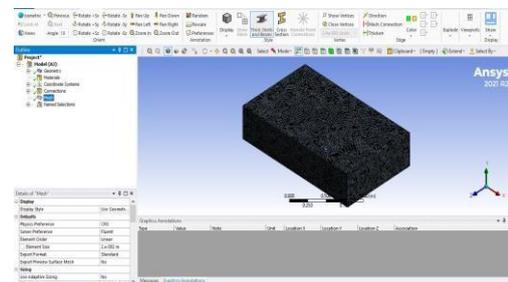
Pada Tabel 1 merupakan dimensi turbin yang digunakan dalam simulasi numerik.

Tabel 1 Dimensi turbin

D	=	400 mm
d	=	200 mm
H	=	400 mm
Ds	=	160 mm
s/d	=	1,7

B. Meshing dan boundary condition

Dalam simulasi seperti Gambar 3, pengaturan *meshing* dilakukan dengan ukuran elemen *size* 0,015 mm, sehingga area turbin lebih padat dan halus. Pada Tabel 2 merupakan pemilihan penentuan *boundary condition*.



Gambar 3 Meshing

Tabel 2 Penentuan *boundary condition*

No	Surface	Specify Boundary Types
1.	Inlet	Velocity
2.	Outlet	Pressure
3.	Turbine Blade	Wall
4.	Wall	Symmetry
5.	Rotation and static	Interface

2.3 Grid Independence

Grid independence digunakan untuk mengetahui ukuran *element mesh* yang optimal dalam pembuatan model untuk simulasi. Pendekatan disimulasikan dengan kecepatan angin 6 m/s dan variasi sudut silinder pengganggu sebesar 60° pada TSR 0,688, serta menggunakan tiga variasi ukuran elemen *size*.

Tabel 3 Grid independence simulasi

Pendekatan meshing				
6 m/s, 60°				
TSR 0.688				
Element size	CP Simulasi	CP Eksperimen	CT simulasi	Ct Eksperimen
0.015	0.415	0.394	0.603	0.573
0.0175	0.372	0.394	0.541	0.573
0.02	0.368	0.394	0.535	0.573

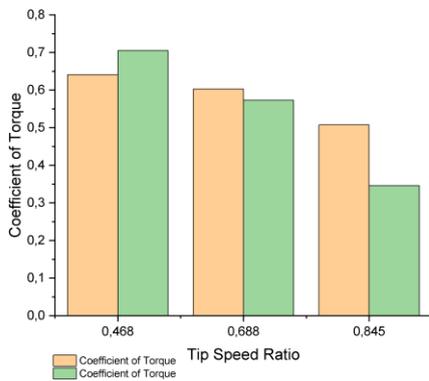
Dari tabel 2 dapat dilihat nilai Cp simulasi yang paling mendekati dengan Cp eksperimen terdapat pada *element size* 0,015. Sehingga *element size* yang digunakan untuk simulasi berikutnya *element size* 0,015 m.

2.4 Model Validation

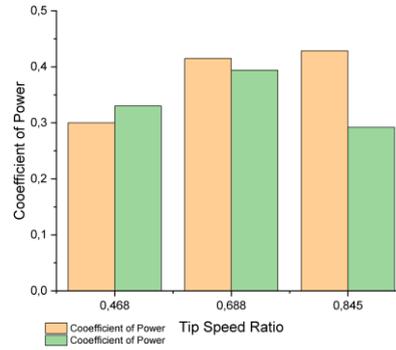
Validasi model dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi yang sudah dilakukan apakah nilai Ct dan Cp sudah sesuai dengan hasil eksperimen sebelumnya. Pada Tabel 3, Gambar 4, dan Gambar 5 merupakan hasil simulasi dengan bentuk *trendline* antara hasil simulasi dengan eksperimen memiliki bentuk *trendline* yang menyerupai, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil simulasi yang sudah dilakukan hasilnya sesuai. Grafik perbandingan Ct dan Cp terhadap TSR antara simulasi dan hasil eksperimen.

Tabel 4 Validasi model Ct dan Cp

Validasi Model					
Mesh 0.015					
6 m/s, 60°					
TSR	Ct Simulasi	Ct Eksperimen	Cp Simulasi	Cp Eksperimen	% Error CT
0.468	0.641	0.705	0.300	0.330	9.08
0.688	0.603	0.573	0.415	0.394	5.24
0.845	0.507	0.346	0.429	0.292	46.57



Gambar 4 Grafik validasi Ct



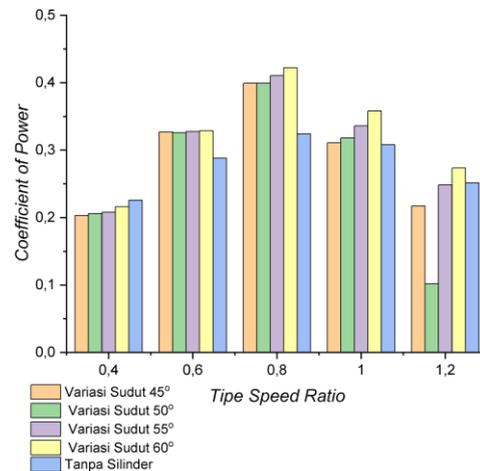
Gambar 5 Grafik validasi Cp

3. Result

Pada Tabel 4 dan Gambar 6 merupakan hasil yang diperoleh dari simulasi yang memiliki karakteristik berbeda setiap variasinya. Performa terbaik terjadi pada variasi sudut 60° pada TSR 0,8. Kenaikan sebesar 30,31% dengan nilai Cp 0,422.

Tabel 5 Hasil nilai Cp

Hasil Nilai coefficient of torque (Cp) pada setiap variasi				
Variasi	TSR	Cp	Prosentase (%)	Keterangan
Tanpa Silinder	0.80	0.324	-	-
Variasi Sudut 45°	0.80	0.399	23.15	Naik
Variasi Sudut 50°	0.80	0.399	23.15	Naik
Variasi Sudut 55°	0.80	0.410	26.61	Naik
Variasi Sudut 60°	0.80	0.422	30.31	Naik



Gambar 6 Grafik Cp terhadap TSR dengan variasi sudut

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan analisis yang sudah dilakukan, maka:

1. Hasil dari simulasi yang sudah dilakukan memiliki nilai yang hamper sama dengan eksperimen. Hal ini dapat dibuktikan dengan bentuk *trendline* pada grafik Ct dan Cpterdhadap TSR.

2. Hasil dari simulasi numerik menunjukkan bahwa menggunakan silinder pengganggu pada simulasi memiliki performa lebih baik dibandingkan dengan turbin yang tidak menggunakan silinder pengganggu.
3. Performa terbaik terjadi pada variasi sudut 60° pada TSR 0,8. Kenaikan sebesar 30,31% dengan nilai C_p 0,422.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

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 Projek Priyonggo Sumangun L, ST.,MT. 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 A 2020 terutama untuk tim *Savonius* yang menjadi keluarga dan saling mendukung selama kuliah dan pengerjaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Dewita, “Jurnal Material dan Energi Indonesia Pemerintah Indonesia berencana untuk memasang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Sementara survey dari Lembaga Penerbangan dan

- [2] Antariksa Nasional (LAPAN) melakukan rendahnya distribusi kecepatan angin di Indones,” p. 17, 2015. M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, “Study of Wind Energy Potency in Sulawesi and Maluku,” *Meteorol. Dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, 2011.
- [3] J. Sargolzaei and A. Kianifar, “Modeling and simulation of wind turbine Savonius rotors using artificial neural networks for estimation of the power ratio and torque,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 17, no. 7, pp. 1290–1298, 2009, doi: 10.1016/j.simpat.2009.05.003.
- [4] B. yanuar Saputro, *KAJIAN EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT STAGGER SILINDER DI DEPAN RETURNING BLADE TURBIN ANGIN*. 2023.
- [5] 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.
- [6] P. A. Setiawan, T. Yuwono, and W. A. Widodo, “Numerical simulation on improvement of a Savonius vertical axis water turbine performance to advancing blade side with a circular cylinder diameter variations,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 200, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/200/1/012029.