

Studi Numerik Pengaruh Variasi Jarak *Stagger* Silinder Di Depan *Returning Blade* Terhadap Performa Turbin Angin *Savonius* Dengan *Fin Tipe Myring* $n=1$

Umar Fahmi Muhtadin ^{1*}, Ir. Emie Santoso, M.T. ², Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. ³

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

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: umarfahmi04@student.ppns.ac.id^{1*}; emie.santoso@ppns.ac.id²; priyo.as@ppns.ac.id³

Abstract - Improved Savonius wind turbine performance was achieved by incorporating a fin type myring $n = 1$ with varying cylinder stagger lengths ahead of the returning blade. 3D Computational Fluid Dynamics (CFD) numerical simulation research constituted the next set of tests. In addition to verifying the experimental data, the simulation allowed us to visualise the turbine flow, calculate the coefficients of torque and power, and check the results. Turbine dimensions were 0.4 m in diameter and 1 m in height, and the fin type was myring. Stagger cylinders with S/D values of 1.4, 1.7, 2.0, and 2.3 varied in distance. When comparing Savonius wind turbines with myring $n=1$ and no stagger cylinder, at a distance variation of $S/D = 1.4$, the final result shows that the former has the biggest performance improvement, at 4.04%. At a tip-speed ratio (TSR) of 0.8, the coefficient of power (Cp) is 0.3371.

Keywords : Savonius Wind Turbine, Numerical, Fin, Myring, Cylinder Stagger, Computational Fluid Dynamics (CFD).

Nomenclature

Nomenclature menjelaskan data dan simbol yang digunakan dalam artikel

Cp	=	Coefficient of Power
Ct	=	Coefficient of Torque
TSR	=	Tip speed ratio
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

Kebutuhan energi di Indonesia meningkat. Penggunaan energi listrik dari bahan bakar fosil semakin meningkat setiap tahun karena pertumbuhan populasi, ekonomi, dan konsumsi energi. Ketergantungan masyarakat pada listrik dari bahan bakar fosil menyebabkan seringkali pemadaman listrik dan dampak negatif pada perekonomian. Dalam mengatasi hal ini, pemerintah perlu fokus pada penciptaan energi alternatif, seperti energi angin, untuk menggantikan energi fosil. Meskipun potensi energi angin di Indonesia besar, penggunaannya untuk produksi listrik telah menurun. Pengembangan turbin angin skala kecil bisa

menjadi solusi untuk memanfaatkan potensi angin yang tersedia sepanjang tahun.

Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil membutuhkan transformasi, pemeliharaan, dan penciptaan sumber energi terbarukan yang baru. Semua perkembangan ini harus memperhitungkan "tiga E": energi, ekonomi, dan lingkungan. Jadi, dengan bantuan energi terbarukan, kita seharusnya dapat mengumpulkan data dalam jumlah besar dengan harga murah dan tanpa berdampak negatif terhadap lingkungan. (Culp, 1991).

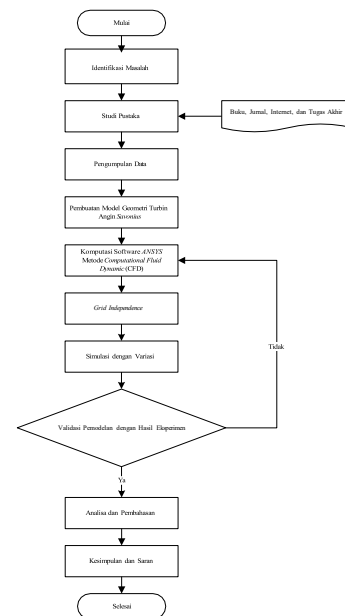
Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) memiliki struktur sederhana dan dapat beroperasi pada berbagai arah angin dengan kecepatan rendah dan torsi tinggi. Studi eksperimen sebelumnya (Hendarto, 2023) menunjukkan bahwa Savonius wind turbine Coefficient of Power (Cp) dan Coefficient of Torque (Ct) dapat ditingkatkan dengan menambahkan fin dan menyesuaikan jarak stagger silinder. Dibandingkan dengan turbin tanpa silinder, kinerja optimal dicapai ketika variasi $S / d = 1,4$ menghasilkan peningkatan Ct sebesar 15,01% dan Cp sebesar 89,95%. Ringkasan:

Untuk meningkatkan kinerja, penelitian eksperimental baru (Harmaji, 2023) menempatkan silinder pengganggu di depan bilah balik setiap turbin *Savonius* dan menambahkan satu sirip ke setiap bilah. Dimensi turbin sebesar 40 cm dan variasi kecepatan sebesar 5 m/s, 6 m/s, dan 7 m/s memberikan kinerja yang optimal, dengan peningkatan CT sebesar 21,47% dan Cp sebesar 89,80%. Jika Anda ingin membuat turbin lebih efisien, di sini adalah tempat yang tepat untuk melihatnya. Penelitian selanjutnya akan memvalidasi penelitian sebelumnya dengan mensimulasikan turbin *Savonius Myring N=1* pada kecepatan 6 m/s menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) dengan variasi S/d 1.4, 1.7, 2.0, dan 2.3. Temuan dari simulasi eksperimental dan numerik dibandingkan dengan validasi nilai *Coefficient of Power* (Cp) dan *Coefficient of Torque* (Ct), dan korelasi antara perubahan jarak yang terhuyung-huyung menjadi fokus penelitian ini. Mengubah jarak silinder yang terhuyung-huyung di depan bilah balik dan menganalisis nomor Ct dan Cp dari simulasi turbin angin *Savonius* dengan sirip *Myring n=1* adalah tujuan sekunder dari penelitian ini.

Dalam penelitian ini, kita akan mengkaji kinerja turbin angin *Savonius* dalam situasi dengan dan tanpa variasi jarak sirip dan silinder yang terhuyung-huyung. Fokus utama adalah analisis visualisasi aliran untuk pemahaman pola aliran turbin. Harapannya, penelitian ini akan berkontribusi dalam pengembangan teknologi turbin angin *Savonius*, terutama terkait peningkatan performa dan efisiensi. Batasan penelitian meliputi penggunaan turbin *Savonius* dua sudu dengan penambahan *fin*, asumsi aliran *steady-state* pada kecepatan 6 m/s, dan simulasi 3D dengan CFD. Diharapkan penelitian ini memberikan wawasan mendalam mengenai pengaruh *fin* dan *stagger* silinder terhadap performa turbin. Utilisasi metode dan teknologi spesifik diharapkan memberikan hasil yang akurat dalam meningkatkan efisiensi turbin *Savonius* secara keseluruhan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini disajikan dalam diagram alir agar mudah diikuti dan dipahami, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Dimensi Turbin Angin *Savonius*

Data dimensi turbin angin *Savonius* untuk diperiksa melalui simulasi:

Diameter turbin (D)	= 400 mm
Diameter sudu (d)	= 200 mm
Diameter silinder (ds)	= 160 mm
Tinggi sudu (y)	= 130 mm
Tinggi turbin (H)	= 400 mm
Rasio jarak silinder (S/D)	= 1,4; 1,7; 2,0; dan 2,3.

2.2 Persamaan TSR, Ct dan Cp

Berikut ini adalah persamaan TSR, Ct, dan Cp :

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

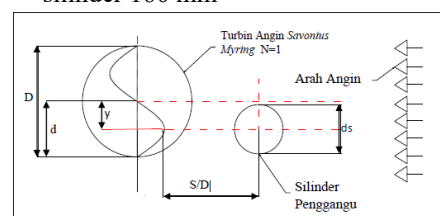
$$Ct = \frac{4T}{\rho v^2 D^2 H} \quad (2)$$

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

2.3 Metode Simulasi Numerik

A. Pembuatan Domain

Turbin angin *Savonius* eksperimental memiliki diameter 400 mm, panjang sirip, dan variasi silinder yang terhuyung-huyung, sesuai dengan gambar model dengan $i=1$ dan $n=1$. Berikut adalah skema pengujian dengan diameter *stagger* silinder 160 mm

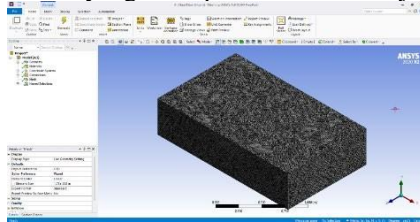


Gambar 2 Skema Simulasi 2D

B. Meshing

Jaring yang dibuat menggunakan pendekatan meshing segiempat digunakan dalam simulasi ini. Daerah pemintalan

yang lebih padat dan lebih halus dibandingkan dengan area fluida dan area bilah yang lebih padat membentuk jaring.



Gambar 3 Detail Meshing

2.4 Perhitungan NTS (Number of Timestep) Dan TSS (Time Step Size)

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

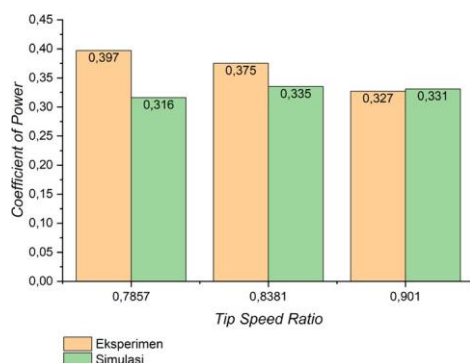
$$TSS = \frac{1}{(0,15915 \times \omega) \times NTS} \quad (5)$$

Tabel 1 Nilai NTS dan TSS untuk Simulasi

TSR	v (m/s)	D (m)	(rad/s)	N (RPM)	NTS	TSS (s)
0,40	6	0,4	12,000	114,600	4126	0,0145
0,60	6	0,4	18,000	171,900	6188	0,0097
0,80	6	0,4	24,000	229,200	8251	0,0073
1,00	6	0,4	30,000	286,500	10314	0,0058
1,20	6	0,4	36,000	343,800	12377	0,0048

2.5 Validasi Model

Keakuratan model dalam mensimulasikan lingkungan diperiksa dengan memvalidasinya terhadap data eksperimen. Koefisien daya garis tren (Cp) dikembangkan dengan membandingkan rasio kecepatan ujung yang disimulasikan dengan temuan eksperimental yang menjadi patokan untuk memvalidasi model. Grafik tersebut menampilkan validasi CP-TSR di dalam penelitian ini, yang membandingkan temuan simulasi dengan hasil eksperimen.

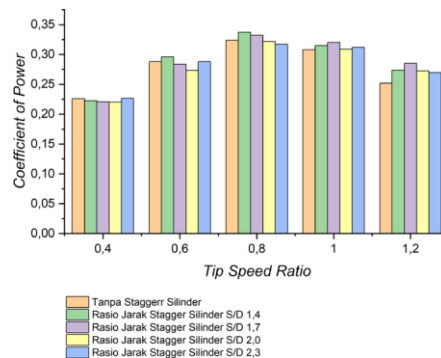


Gambar 4 Grafik *Coefficient of Power* (Cp) hasil simulasi dengan eksperimen terhadap TSR

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien daya (Cp) bertambah seiring dengan peningkatan rasio TSR, seperti yang terlihat pada grafik Ct-TSR gambar 3.1. Nilai koefisien daya (Cp) turun setelah mencapai TSR 0,8 karena performanya yang terbesar, tidak pernah. dengan rasio TSR sebesar 0,8, grafik menunjukkan bahwa koefisien daya maksimum

(Cp) sebesar 0,3371 diperoleh dengan variasi S/D = 1,4.



Gambar 5 Grafik *Coefficient of Power* (Cp) terhadap nilai TSR pada semua variasi

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil yang diperoleh dari simulasi yang dilakukan menunjukkan sedikit variasi dibandingkan dengan temuan eksperimen. Grafik CP-TSR dan Bentuk garis tren keduanya menunjukkan hal ini benar.
- Kinerja turbin angin *Savonius* ditingkatkan dibandingkan dengan turbin tanpa silinder terhuyung-huyung ketika satu versi sirip ditambahkan di bagian depan bilah balik.
- Koefisien daya (Cp) naik 4,04% dari turbin angin *Savonius* dengan sirip tanpa silinder terhuyung-huyung ketika ada variasi jarak terhuyung-huyung S / D 1,4 di depan bilah balik. Cp, koefisien daya, adalah 0,3371.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tanpa nasihat, doa, dan dorongan dari banyak orang, penulis tahu bahwa menyelesaikan buku harian ini adalah tugas yang tidak dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan kekagumannya yang mendalam kepada:

- Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan finansial, dorongan semangat, motivasi, kasih sayang, serta doa selama menjalani pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Ibu Ir. Emie Santoso, M.T. selaku dosen pembimbing I
- Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II
- Semua teman seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS ME 20
- Tim turbin angin *Savonius*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendarto, S. F. (2023). *KAJIAN EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI JARAK STAGGER SILINDER DI DEPAN RETURNING BLADE TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN FIN TIPE MYRING N = 1*.
- [2] Pritchard, P. J. (2011). *Fox and McDonald's INTRODUCTION TO FLUID MECHANICS EIGHTH EDITION*.
- [3] Priyonggo, Projek, Sumangun Lukitadi, Priyo Agus Setiawan, and Fariz Andika Firmansyah. 2023. "Simulation of Overlap Effect on Savonius Wind Turbine Performance by Varying Cylinder Distance in Front of Returning Blade." 8(4):751–57.
- [4] Safii, Maulana Jalalluddin, Priyo Agus Setiawan, and Eky Novianarenti. 2023.
- [5] Kajian Eksperimen Pengaruh Rasio Diameter Silinder Di Depan *Returning Blade* Turbin Angin *Savonius Myring N=1* Dengan *Fin*.
- [6] Sanusi, Arifin. 2017. "Simulasi Aliran Fluida Pada Blade Rotor Turbin Angin Savonius Dengan Computation Fluid Dynamics (CFD)." Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana 4(1):11–15.
- [7] Setiawan, P. A., T. Yuwono, and W. A. Widodo. 2018. "Numerical Simulation on Improvement of a Savonius Vertical Axis Water Turbine Performance to Advancing Blade Side with a Circular Cylinder Diameter Variations." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 200(1). doi: 10.1088/1755-1315/200/1/012029.
- [8] Setiawan, P. A., Yuwono, T., & Widodo, W. A. (2019). 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. *Journal of Physics: Conference Series*, 1179(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012107>
- [9] 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.
- [10] Wenehenubun, F., Saputra, A., & Sutanto, H. (2015). An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades. *Energy Procedia*, 68, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.259>.