

KAJIAN KINERJA TURBIN AIR SAVANIUS dengan VARIASI STAGGER ANGLE dengan SUDU KOMBINASI MYRING n=1 dan n=2 PADA S/d = 0,75

Alfin Ardianto¹, Priyo Agus Setiawan¹, Nopem Ariwiyono¹, Emie Santoso¹, Projek Priyonggo, S. L¹,
Adi Wirawan Husodo¹, Subagio Soim¹, Heroe Poernomo¹, Eky Novianarenti¹, Daisy KRA¹

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Kota Surabaya, Indonesia
Email: priyo.as@ppns.ac.id

Abstrak

Kajian eksperimen dilakukan dengan memvariasikan stagger angle pada S/d = 0,75 konstan. Bentuk sudu turbin *Savonius* menggunakan persamaan *Myring* dan menempatkan silinder sirkular pada daerah *advancing*. Kajian eksperimen dilakukan pada sudu kombinasi *Myring* n=1 pada sisi cekung dan n=2 pada sisi cembung. Silinder berdiameter 12 cm ditempatkan pada sisi *advancing* dengan memvariasikan sudut stagger 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° dan 90°. Model uji berukuran tinggi dan diameter masing-masing sebesar 0,40 m dan *flowing tank* memiliki ukuran lebar dan tinggi masing-masing 1 m dan diuji pada arus 0,2 m/s. Hasil diperoleh bahwa silinder sirkular diletakan pada sisi *advancing* pada stagger $\gamma = 60^\circ$ menghasilkan koefisien daya tertinggi 0,1515 atau meningkat sebesar 10,27% dibandingkan dengan tanpa silinder.

Kata Kunci: *Savonius*, silinder, *advancing*, *flowing tank*, koefisien daya.

Abstract

The experimental study was conducted by varying stagger angle at a constant S/d = 0,75. The shape of *Savonius* turbine blade was determined by using *Myring* equation and the circular cylinder was placed at the *advancing* side. The study was conducted on combined *Myring* blade n=1 on concave and n=2 on convex side. Its cylinder diameter was 12 cm and placed on the *advancing* side by varying the stagger angle of 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° and 90°. The test model had a height and diameter of 0.40 m. The *flowing tank* width and height were 1 m. Then, it was tested at the flow current of 0.2 m/s. The final result obtained was the circular cylinder that was placed on the *advancing* side at the stagger of 60° would produce the highest coefficient of power of 0.1515 or had an increase of 10.27% compared to no cylinder used.

Keywords: *Savonius*, cylinder, *advancing*, *flowing tank*, coefficient of power.

1. PENDAHULUAN

Penelitian yang mendukung peningkatan kinerja turbin *Savonius* sangat banyak dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan 2 sudu *Savonius* yang dikutip pada penelitian [1]. Modifikasi dapat dilakukan dengan mengubah bentuk [2], [3], [4], dan [5]. Modifikasi dilakukan dengan memvariasikan jumlah sudu [1], dan modifikasi dengan menambahkan pengganggu [6], [7], [8], [9], dan [10]. Modifikasi bentuk sudu turbin untuk meningkatkan kinerja dengan menggunakan variasi n pada persamaan *Myring*. Penelitian menunjukkan Cp terbaik pada n=1 sebesar 0,2573 atau meningkat 10,98% lebih besar dari turbin *Myring* n = 2 yang disebut dengan

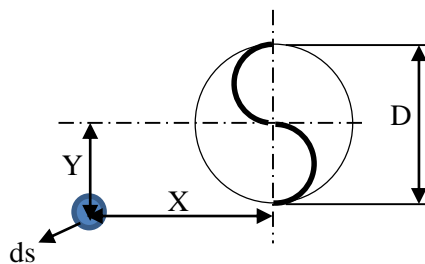
Savonius konvensional [2]. Pembuatan turbin *Savonius* merujuk pada persamaan *Myring* seperti ditampilkan pada rumus (1).

$$y = b \left[1 - \left(\frac{x}{a} \right)^2 \right]^{1/n} \quad (1)$$

Studi mengenai turbin angin *Savonius* dilakukan dengan menggunakan sudu kombinasi dengan menggunakan sudu eliptik agar mampu meningkatkan kinerja *Savonius* dan meningkat sebesar 11 % dibandingkan turbin konvensional dan meningkat 5,5 % dari turbin *Savonius* sudu eliptikal [3].

Kinerja turbin *Savonius* dikaji secara numerik dengan menempatkan silinder pada sisi *advancing* pada X/D=0,5 dan Y/D=0,7 dengan memvariasikan diameter turbin (ds/D) 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 dan 0,9 pada bilangan

Reynolds $4,32 \times 10^5$. Variabel X, Y, D, ds dan D dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan benda kerja

Peningkatan kinerja terjadi pada $ds/D = 0,7$ dengan *coefficient of power* (C_p) sebesar 18,04% pada Peletakan silinder di sisi *advancing*, terbukti efektif meningkatkan C_p [4]. Simulasi numerik dengan menempatkan silinder di depan *advancing* dilakukan dengan memvariasikan diameter silinder ds/D menunjukkan bahwa terbaik pada sudut *stagger* 60° dengan meningkatnya kecepatan di sisi cembung daerah *attached flow*. Penelitian lainnya juga dilakukan dengan memvariasikan jarak X/D dengan hasil C_p terbaik pada $X/D = 0,5$ dengan peningkatan koefisien daya (C_p) 17,31% pada TSR 0,9 [5]. Tip speed ratio atau TSR merupakan rasio antara kecepatan turbin *Savonius* terhadap kecepatan fluida. Persamaan menghitung TSR dilihat pada persamaan (2), koefisien torsi (C_t) pada rumus (3) dan koefisien daya (C_p) pada rumus (4).

$$TSR = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot U} \quad (2)$$

Dimana, D adalah diameter rotor dalam m, U adalah kecepatan aliran air dalam m/s, dan ω adalah kecepatan sudut dalam rad/s.

Persamaan koefisien torsi (C_t) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$C_t = \frac{T}{\frac{1}{4} \rho A_s D U^2} \quad (3)$$

Persamaan dari koefisien daya atau C_p dapat ditentukan sebagai berikut:

$$C_p = TSR \cdot C_t \quad (4)$$

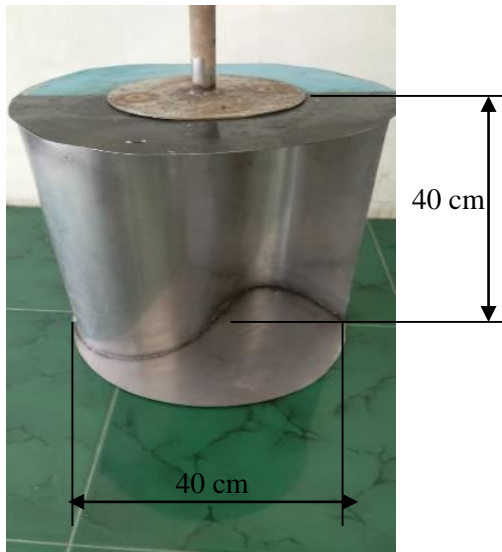
Subekti, dkk [6] melakukan kajian penambahan silinder dan *deflector* mampu meningkatkan kinerja *Savonius* pada sudut *deflector* 45° . Setiawan, dkk [11] mengkaji aliran yang melintasi *Savonius* diganggu pada sisi *returning* mampu meningkatkan kinerja pada *stagger* 60° . Penelitian mengenai *Myring* blade $n = 1$ menghasilkan kinerja lebih baik dibandingkan dengan konvensional oleh Setiawan, dkk [12]. Yuwono, dkk [13] menunjukkan bahwa dengan menempatkan silinder pada *upstream returning* menghasilkan kinerja terbaik pada $S/D = 1,4$.

Dari penelitian sebelumnya, dapat dikembangkan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja Turbin air *Savonius* dengan menggunakan sudu kombinasi pada *Myring* $n=1$ dan $n=2$ yang diganggu oleh silinder pada sisi *advancing* dengan memvariasikan sudut *stagger*.

2. METODE

2.1 Turbin *Savonius*

Objek penelitian yang digunakan adalah turbin *Savonius* dengan kombinasi *Myring* $n=2$ pada sisi cekung dan $n=1$ pada sisi cembung yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Turbin *Savonius*

Silinder pengganggu dengan ds/D 0,3, diameter turbin 12 cm, variasi sudut *Stagger* 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° dan S/D 0,75 konstan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Silinder

2.2 Alat Pengujian

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah *tachometer*, *current meter*.

Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putar dari benda yang berputar. *Tachometer* memiliki kemampuan baca 0,05 m sampai 7,6 m dengan akurasi 0.01%. *Tachometer* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



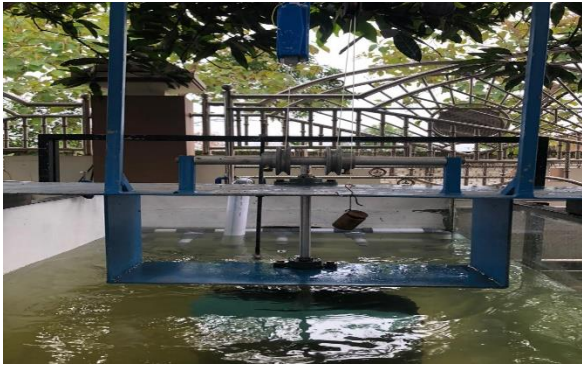
Gambar 4. *Tachometer*

Current meter berfungsi untuk mengukur kecepatan arus air dalam *flow tank*, dengan menggunakan baling-baling untuk mengukur kecepatan arus air pada titik tertentu saat *current meter* ditempatkan dalam saluran uji. *Current meter* dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Current Meter*

Flow tank terdiri dari beberapa komponen yaitu sistem perpipaan dan pompa, saluran kanal dengan posisi terbuka, dan *nozzle*. Komponen tersebut seperti pada Gambar 6, 7, 8, dan 9.



Gambar 6. Test Section



Gambar 7. Flow Tank Tampak Samping



Gambar 8. Flow Tank Tampak Depan

Nosel yang digunakan pada eksperimen terbuat dari PVC dengan diameter berbeda, yaitu 2 in dan 1 in serta beberapa aksesoris tambahan seperti *elbow 90°*, *reducer* dan *tee*. Nosel dapat dilihat pada Gambar 9.

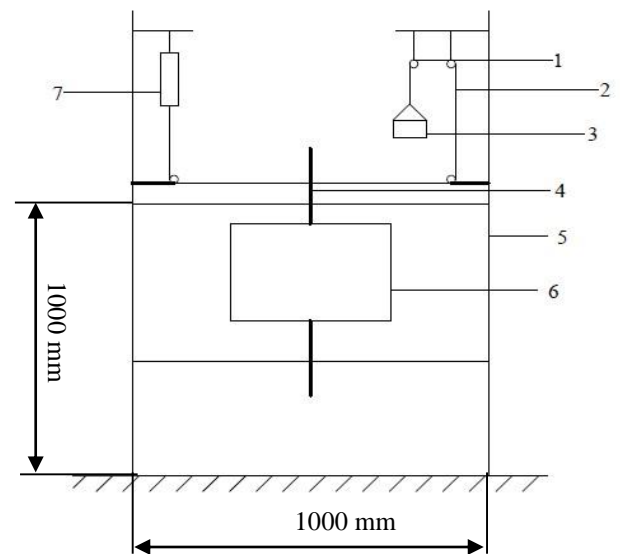


Gambar 9. Nosel berbahan Pipa PVC

2.3 Seting Peralatan

Pengaturan eksperimen dengan menggunakan sistem seperti pada Gambar 10. Keterangan Gambar 10 sebagai berikut:

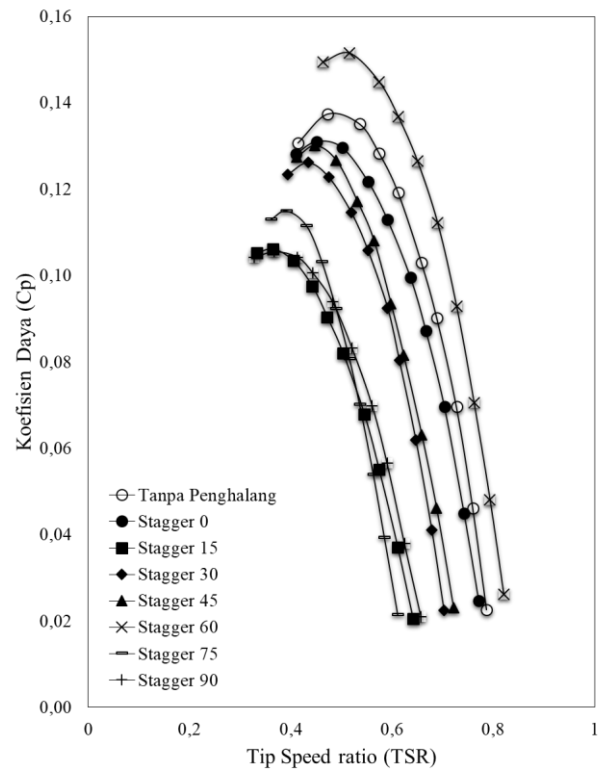
1. Puli
2. Nilon dengan diameter 1 mm
3. Timbangan
4. Poros
5. Penyangga
6. *Savonius*
7. *Spring balance*



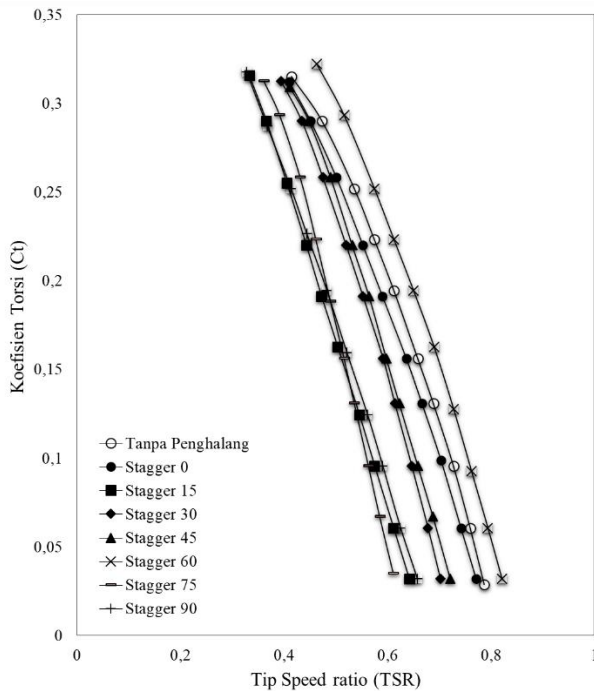
Gambar 10. Pengaturan eksperimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

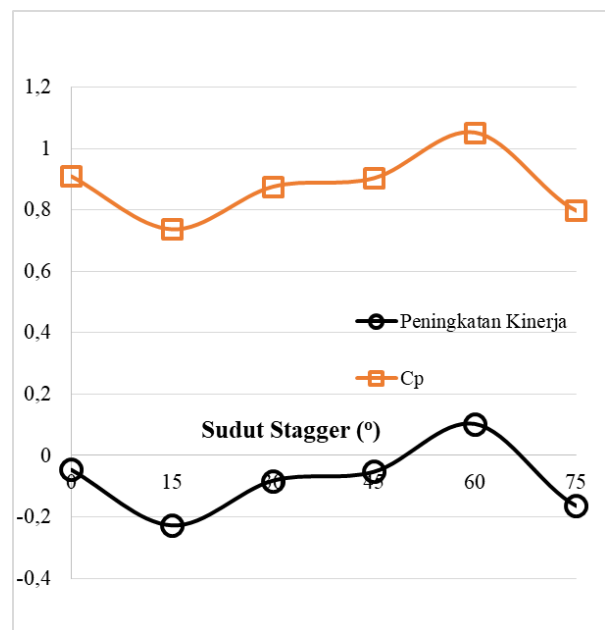
Koefisien torsi dan daya terhadap *tip speed ratio* dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 11 dan 12. Gambar 11 menunjukkan kurva C_t terhadap TSR. Kurva menunjukkan koefisien torsi atau C_t meningkat dengan menurunnya nilai *Tip Speed Ratio* atau TSR yang dapat ditunjukkan pada $\gamma=60^\circ$, diperoleh C_t terbaik dibandingkan dengan variasi lainnya. Sedangkan pada Gambar 12 menunjukkan semakin menurunnya nilai *Tip Speed Ratio* (TSR), maka koefisien daya (C_p) semakin mendekati puncak dan nilai C_p semakin menurun dengan menurunnya TSR. Pada grafik untuk variasi stagger $\gamma = 60^\circ$ diperoleh C_p terbaik dibandingkan dengan variasi lainnya. Namun, nilai *Tip Speed Ratio* atau TSR tertentu, nilai koefisien daya (C_p) memiliki tren menurun setelah mencapai puncak dan nilai putaran turbin akan mendekati berhenti akibat penambahan beban pada turbin. Peningkatan koefisien daya (C_p) atau disebut dengan kinerja dalam % ditampilkan seperti pada Gambar 13.



Gambar 12. Grafik C_p terhadap TSR



Gambar 11. Grafik C_t terhadap TSR



Gambar 13. Peningkatan kinerja dan C_p terhadap perubahan sudut stagger

Peningkatan kinerja *Savonius* dapat dilihat pada Gambar 12. Pada berbagai variasi sudut stagger, peningkatan kinerja hanya terjadi pada sudut stagger (γ) 60° dengan nilai C_p maksimum sebesar 0.1515 pada TSR 0.5160. Hal ini menunjukkan bahwa penempatan silinder penghalang harus diperhatikan karena silinder dapat menghambat aliran menuju turbin air *Savonius*. Hasil eksperimen diperoleh bahwa pemasangan silinder penghalang berdiameter 12 cm dengan posisi sudut stagger $\gamma = 60^\circ$ dan jarak $s/D = 0.75$ memiliki koefisien daya terbaik dibandingkan dengan variasi stagger lain.

4. KESIMPULAN

Modifikasi dengan mengkombinasikan bentuk sudu dengan formula *Myring* $n=1$ dan $n=2$ mampu meningkatkan kinerja sebesar 10,27% dengan nilai koefisien daya (C_p) sebesar 0,1515 pada $\gamma = 60^\circ$ dan $S/D = 0,75$ dijaga konstan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada semua pihak yang terlibat dan mendukung penelitian ini kami ucapkan banyak terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. E. Sheldahl, L. V. Feltz and B. F. Blackwell, "Wind Tunnel Performance Data for TwoandThree-Bucket *Savonius* Rotors," *Journal of Energy*, vol. 2, pp. 160-164, 1978
- [2] W. Tian, B. Song and Z. Mao, "Numerical investigation of a *Savonius* wind turbine with elliptical blades," *Proceedings of the CSEE*, vol. 34, pp. 796–802, 2014.
- [3] A. Sanusi, S. Soeparman, S. Wahyudi & L. Yulianti, "Experimental Study of Combined Blade *Savonius* Wind Turbine," January, (2016).
- [4] C. R. Patel, V. K. Patel, S. V. Prabhu and T. I. Eldho, "Investigation of Overlap Ratio for *Savonius* Type Vertical Axis Hydro Turbine," *International Journal of Soft Computing and Engineering*, vol. 3, pp. 379 – 83, 2013.
- [5] O. B. Yaakob, D.T. Suprayogi, M. P. Abdul Ghani, and K. B. Tawi, "Experimental studies on *Savonius*-type vertical axis turbine for low marine current velocity," *IJE Transactions A: Basics* Vol. 26, No. 1, 91-98, 2013.
- [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.* 200 012029, 2018.
- [7] P. A. Setiawan, T. Yuwono and 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," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 9(2), pp. 978-985, 2019.
- [8] 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," *International Journal of Mechanical and Mechatronics*, vol. 19(01), pp. 151-159, 2019.
- [9] 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," *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1179 012107, 2019.
- [10] B. D. Altan, M. Atilgan, "An experimental and numerical study on

- the improvement of the performance of *Savonius* wind rotor”, *Energy Convers. Manag.*, vol. 49, pp. 3425–3432, 2008.
- [11] 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,” *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1764 (1) 012203, 2021.
- [12] P. A. Setiawan, M. Santoso, R. Indarti, T. Yuwono and W. A. Widodo, “An Experimental Study of the *Savonius* Water Current Turbine by means of *Myring* Equation for $n= 1$,” *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1764 (1) 012194, 2021.
- [13] T Yuwono, G Sakti, FN Aulia, AC Wijaya, “Improving the performance of *Savonius* wind turbine by installation of a circular cylinder upstream of returning turbine blade,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 59(6), pp. 4923-4932, 2020.