

UJI PERFORMA HYBRID TURBIN ANGIN SAVONIUS-DARRIEUS EGGBEATER

Delffika Canra^{1,*}, dan Rachmatullah¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu,
Jln. Lohbener Lama No. 8, Kec. Lohbener, Kab. Indramayu, Jawa Barat, 45252

*E-mail: delffika.canra@gmail.com

Diterima: 02-12-2020

Direvisi: 25-04-2022

Disetujui: 01-06-2022

ABSTRAK

Pengembangan *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) masih menjadi tantangan beberapa peneliti di dunia dan di Indonesia. Karena potensi pesisir Indonesia umumnya memiliki kecepatan angin rata-rata 3-7 m/s yang tergolong kecepatan angin rendah dan sangat cocok dengan VAWT yang beroperasi pada kecepatan angin rendah. Menggabungkan 2 jenis VAWT yang ada saat ini merupakan salah satu usaha pengembangan pada VAWT untuk meningkatkan performa turbin angin tersebut. Hybrid VAWT Savonius-Darrieus dapat meningkatkan coefficient of performance (C_p) dimana C_p maksimum savonius adalah 30 % sedangkan darrieus 35 %. Sudah ada beberapa peneliti membuat prototipe Hybrid VAWT Savonius-Darrieus menghasilkan C_p di atas 35 %, akan tetapi ini masih jauh dari ideal C_p turbin angin disekitar 59%. Variasi perpaduan 2 jenis VAWT masih berpeluang untuk diteliti dengan berbagai variasi konstruksi dan variasi aksesoris tambahan. Metode penelitian yang akan dilakukan adalah metode eksperimen prototipe, dengan tahap desain dan pembuatan prototipe. Prototipe di uji pada laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu dengan cara meniupkan angin pada kecepatan tertentu dari wind tunnel yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu. Ada 11 sampel yang dipersiapkan yakni 4 sampel untuk 3 tingkat dan 7 sampel untuk 4 tingkat. Ada 5 sampel yang mencapai nilai C_p sebesar 0.58 mendekati nilai C_p ideal akan tetapi tidak ada terjadi peningkatan TSR pada semua sampel.

Kata Kunci: *Vertical Axis Wind Turbine; Hybrid; Savonius; Darrieus.*

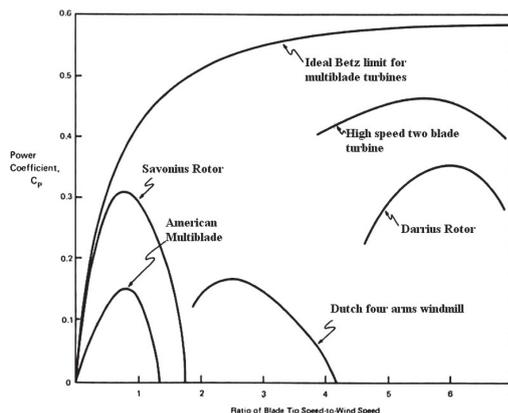
ABSTRACT

The development of the Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) is still a challenge for several researchers in the world and in Indonesia. Due to the potential of the Indonesian coast generally has an average wind speed of 3-7 m / s which is classified as low wind speed and is very suitable for VAWT which operates at low wind speeds. Combining the 2 existing VAWT types is one of the development efforts on VAWT to improve the performance of these wind turbines. Hybrid VAWT Savonius-Darrieus can increase the coefficient of performance (C_p) where the maximum C_p of savonius is 30% while Darrieus is 35%. There have been several researchers making the Savonius-Darrieus Hybrid VAWT prototype producing C_p above 35%, but this is still far from the ideal C_p of wind turbines around 59%. The combination variation of 2 types of VAWT still has the opportunity to be investigated with various variations in construction and variations in additional accessories. The research method that will be carried out is the prototype experimental method, with the design and prototyping stages. The prototype was tested at the Mechanical Engineering Laboratory of the Indramayu State Polytechnic by blowing the wind at a certain speed from the wind tunnel that had been prepared in advance. There were 11 samples prepared, namely 4 samples for 3 levels and 7 samples for 4 levels. There were 5 samples that reached a C_p value of 0.58 which was close to the ideal C_p value, but there was no increase in TSR in all samples.

Keywords: *Vertical Axis Wind Turbine; Hybrid; Savonius; Darrieus.*

1. PENDAHULUAN

Turbin angin savonius merupakan salah satu jenis *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Turbin ini telah banyak dipelajari sejak tahun 1920 sampai saat ini oleh banyak peneliti. Cara kerja dari VAWT Savonius ini sendiri berdasarkan perbedaan dari gaya *drag* yang mengenai permukaan setengah lingkaran dari rotor. Jumlah dari gaya drag yang mengenai inilah yang bila bernilai positif akan mampu memutar poros turbin [1]. Secara teoritis hubungan nilai C_p (*coefficient of performance*) dan *tip speed ratio* (TSR) untuk rotor savonius dapat dilihat pada gambar 1, untuk turbin angin savonius memiliki nilai C_p yang rendah yaitu kira-kira 0.3 sementara ideal C_p adalah 0.5929. Menurut teori betz's [2] maksimum energy yang dihasilkan oleh angin terhadap putaran rotor idealnya adalah 59.29%. Sementara menurut grafik, savonius memiliki nilai C_p maksimum 30%. Sedangkan VAWT lainnya yakni darrieus memiliki C_p yang lebih besar sekitar 35 % dengan TSR yang lebih cepat dari pada savonius. Dengan menggabungkan 2 jenis VAWT ini berpeluang untuk menaikkan C_p .



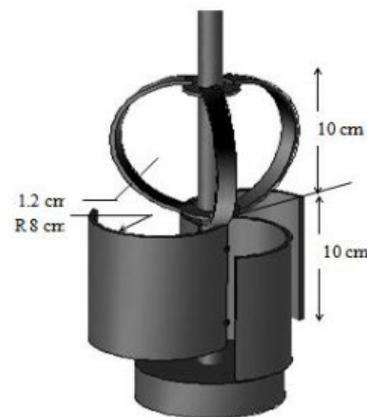
Gambar 1. Hubungan C_p dengan TSR

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang hybrid VAWT darrieus yang dipasangkan antara 2 tingkat turbin savonius yang memiliki *self starting* dan efisiensi yang baik pada kecepatan angin rendah [3]. Hybrid savonius dan darrieus, gabungan kedua bentuk rotor akan memiliki *self starting* yang lebih baik, lebih stabil dan menyerap lebih banyak tenaga angin [4]. Efek end plate pada rotor savonius memberikan peningkatan pada mekanikal power rotor, begitu juga dengan overlap pada konstruksi savonius akan

memberikan efek pada peningkatan energy mekanik dan savonius 2 tingkat memberikan nilai spesifik power lebih tinggi dibanding savonius satu tingkat pada dimensi yang sama [5,6]. Rotor savonius yang memiliki end plate memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan rotor tanpa end plate [5]. Kedalaman lengkungan sudu savonius juga mempengaruhi daya serap angin [7].



Gambar 2. Konstruksi Savonius 4 tingkat [9]



Gambar 3. Desain Hybrid VAWT Savonius-Darrieus [6]

Maksud dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan performa dari VAWT hingga bisa membangkit listrik dan bisa diaplikasikan di pantai utara khususnya Indramayu.

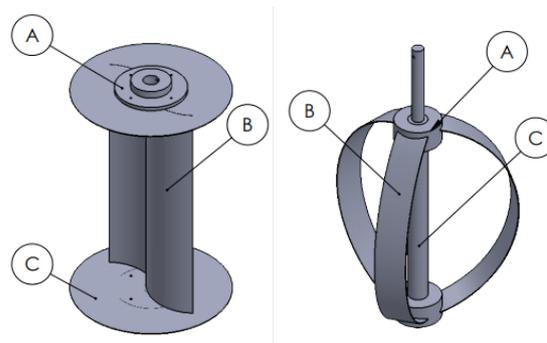
Penelitian Ruzita membahas tentang rancangan rotor turbin angin hybrid savonius

tipe U 4 tingkat dengan H-Darrieus yang digunakan sebagai pembangkit listrik untuk daerah yang mempunyai kecepatan angin rendah, diketahui savonius memiliki *self starting* yang baik pada kecepatan rendah. Tujuan penelitiannya adalah meningkatkan performa turbin angin untuk menghasilkan energy listrik dengan penambahan bentuk sudu H-Darrieus dan bilah membuka pada *end plate rotor* turbin angin. Metoda yang digunakan adalah metoda ekperimental dengan membandingkan hasil pengujian antara savonius 4 tingkat (lih. Gambar.2) dengan penambahan sudu H dan *end plate* bilah membuka. Dari hasil pengujian didapat nilai C_p untuk turbin angin Hybrid antara savonius dengan H-darrieus lebih tinggi dibandingkan savonius saja yaitu Hybrid =0.157 dan savonius =0.192. Self starting rotor meningkat dengan penambahan *end plate* bagian atas dengan bukaan bilah. Rotor mulai berputar pada kecepatan 1,3m/s. Daya mekanik rotor pada kecepatan angin 4,5m/s adalah 8.214 watt [6].

Menurut K.K. Sharma bahwa kombinasi *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) rotor Savonius dan Darrieus memiliki banyak keunggulan dibandingkan desain masing-masing, seperti *starting torque* rendah, *power coefficient* yang tinggi, bisa bergerak pada kecepatan angin rendah dll. Namun, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada kombinasi rotor untuk kelayakan di lingkungan berkecepatan angin rendah. Upaya yang dilakukan adalah mengukur kinerja gabungan rotor Darrieus-Savonius berbilah tiga, dengan Darrieus dipasang di atas rotor Savonius (lih. Gambar 3), untuk variasi *overlap* dari 10,8% menjadi 25,8%. *coefficient of performance* (C_p) dan *coefficients of torque* (C_t) dihitung dalam kisaran *Tip Speed Ratio* (TSR) yang rendah untuk setiap variasi *overlap*. Ditemukan bahwa C_p meningkat dengan meningkatnya *overlap*. Namun, ada nilai *overlap* yang optimum yang mana, C_p maksimum, setelah maskimal, C_p mulai berkurang. Tren serupa juga terjadi pada C_t . C_p maksimum 0,53 diperoleh pada TSR 0,604 untuk *overlap* 16,8%. Performa rotor juga dibandingkan dengan versi lain dari desain hybrid ini dengan Savonius terpasang di atas rotor Darrieus [9-11].

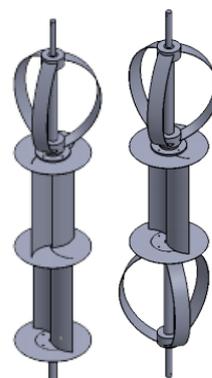
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis akan melakukan eksperimen variasi konstruksi Hybrid VAWT Savonius-Darrieus mulai dari 3 tingkat hingga 4 tingkat.



Gambar 4. Desain Turbin Savonius dan Darrieus

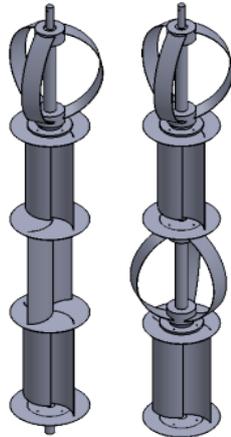
Dimensi prototipe dirancang sesuai dengan penelitian sebelumnya yakni diameter rotor savonius 200 mm dan aspek rasio 1 : 4 [7], sedangkan tinggi rotor darrieus 100 mm dan ketebalan plat 3 mm [6]. Turbin memiliki hub penghubung dengan turbin lainnya (lih. Gambar 4 (A)), sedangkan B adalah Sudu dan C merupakan Endplate pada Savonius serta poros pada Darrieus dari turbin. Percobaan akan difokuskan pada variasi *multistage* dari 2 jenis VAWT ini. Mulai dari 3 tingkat hingga 4 tingkat varian yang akan di ujicobakan.



Gambar 5. Contoh Desain VAWT Hybrid 3 tingkat

Metode eksperimen, prototipe disimulasikan di laboratorium teknik mesin Politeknik Negeri Indramayu menggunakan *wind tunnel* yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu. Material untuk rotor yang akan digunakan adalah aluminium karena ringan dan mudah dibentuk

dan difabrikasi. Simulasi ini untuk mengambil data putaran rotor yang dapat dihasilkan dan kecepatan angin yang melewati turbin angin. Data putaran rotor dapat diolah untuk mencari TSR dan Cp. Jumlah sampel yang dipersiapkan adalah 4 sampel untuk 3 tingkat dan 7 sampel untuk 4 tingkat.

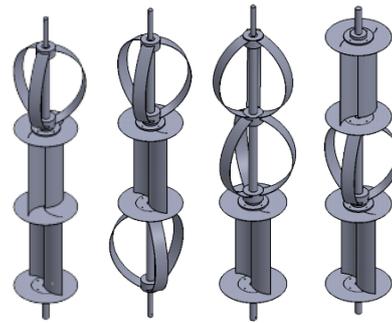


Gambar 6. Contoh Desain VAWT Hybrid 4 tingkat

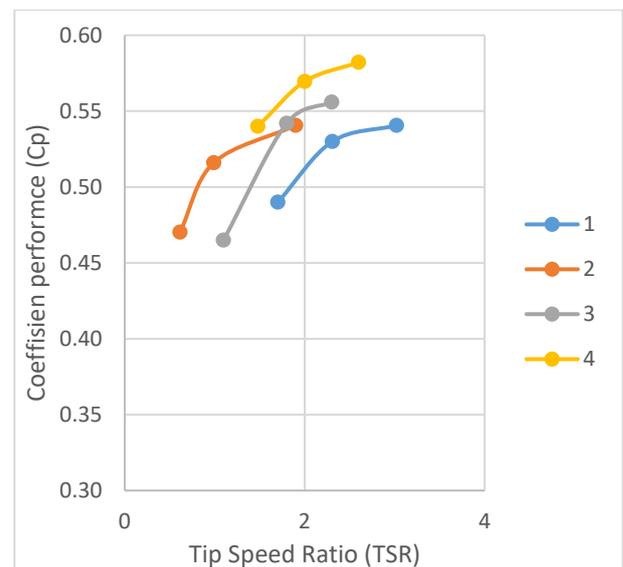
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan sampel 3 tingkat sebanyak 4 sampel dapat dilihat pada gambar 8 menunjukkan bahwa ada peningkatan nilai Cp dibandingkan dengan grafik pada gambar 1 dan mengalami sedikit penurunan TSR apabila dibandingkan dengan TSR darrieus. Peningkatan Cp yang signifikan terjadi pada sampel nomor 4 sebesar 0.58 yang sangat mendekati dari Cp ideal 0.5929.

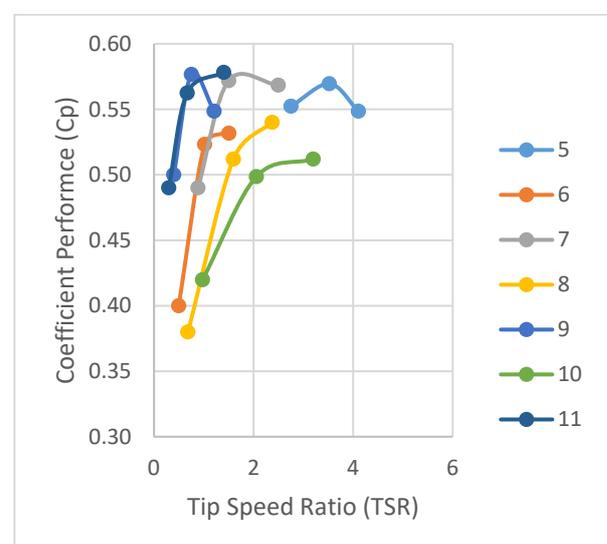
Apabila semua sampel 3 tingkat dibandingkan, maka nilai Cp tertinggi terdapat pada sampel nomor 4 sedangkan nilai TSR tertinggi terdapat pada sampel nomor 1. Secara konstruksi sampel nomor 1 dan 4 memiliki 2 *savonius rotor* sedangkan sampel nomor 2 dan 3 hanya 1 *savonius rotor* (lih. Gambar 7). Hal ini dapat disimpulkan bahwa *savonius rotor* sangat membantu dalam peningkatan nilai Cp karena sudu savonius lebih banyak menyerap energi angin dibandingkan dengan sudu darrieus.



Gambar 7. Konstruksi sampel nomor 1, 2, 3 dan 4



Gambar 8. Grafik Perbandingan TSR-CP sampel 3 tingkat



Gambar 9. Grafik Perbandingan TSR-CP sampel 4 tingkat

Hasil percobaan sampel 4 tingkat sebanyak 11 sampel dapat dilihat pada gambar 9 bahwasanya sama dengan sampel 3 tingkat, ada peningkatan nilai C_p dibandingkan dengan grafik pada gambar 1 dan mengalami sedikit penurunan TSR apabila dibandingkan dengan TSR darrieus. Dari semua sampel 4 tingkat, tidak ada yang menonjol signifikan peningkatan nilai C_p tetapi sampel nomor 5 memiliki nilai TSR yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.

Yang unik dari hasil percobaan ini adalah adanya penurunan nilai C_p pada beberapa sampel setelah mencapai nilai C_p maksimal. Hal ini tidak terlihat pada percobaan sampel 3 tingkat. Dan banyak sampel yang mencapai nilai C_p hingga 0.58 dibandingkan dengan sampel 3 tingkat. Adapun sampel yang mencapai nilai C_p diatas 0,55 adalah sampel nomor 5, 7, 9, dan 11.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan C_p yang signifikan pada beberapa variasi *multistage savonius-darrieus eggbeater* hingga mencapai 0.58. Akan tetapi menurunkan nilai TSR apabila dibandingkan dengan TSR *Darrieus rotor*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada tim dan semua pihak yang mendukung penelitian ini. tidak lupa terimakasih untuk P3M Polindra dan DPRM yang mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D.S.Hasan, R. Hantoro, G. Nugroho, "Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2 no. 2, pp B-350-B-355, 2013.

[2] Betz't theory, 1966. Introduction to the theory of flow machines. Oxort: Pergamon Press.

[3] Gupta, R. Das, R. Gautam, S. S. Deka, "CFD Analysis of a Two bucket Savonius Rotor for Various Overlap Conditions", *ISESCO JOURNAL of Science and Technology*, vol 8 (13), 2012, 67-74

[4] Kadam, A A. S.S Patil. "A review study on savonius wind rotor for accessing the power performance". *IOSR Jurnal of mechanical and civil engineering*. ISSN(e).2278-1684, PP: 18-24.

[5] Mahmoud N.H., A.A. El-Haroun, E. Wahba, M.H. Nasef. "An experimental study on improvement of Savonius rotor performance", *Alexandria Engineering Journal* , (51), 2012, 19–25.

[6] R. Sumiati, Hanif, "Rancangan Bangun Rotor Turbin Angin Hybrid Savonius Tipe U Empat Tingkat Dengan H-Darrieus", *Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)* pp 39-43, 2015.

[7] D. Canra, E. Haris, M. Rahmi. "Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe U Berbasis Software". *Jurnal Teknologi Terapan. Politeknik Negeri Indramayu*. Vol. 4 (2).pp 93-101. 2018.

[8] Mohamed Hasan A. M , "Design Optimazation of Savonius and Wells Turbines", Desertation University of Magdeburg, 2011.

[9] KK. Sharma, A Biswas, R. Gupta. "Performance measurement of a three bladed combined Darrieus - Savonius Rotor". *International Journal Of Renewable Energy Research*, Srinagar India, 2013: 885-891.

[10] Effendi, R., Hendra, F., Iyang, R., Pengembangan Desain Prototipe Turbin Angin Sumbu Vertikal Savonius untuk Lampu Penerangan Jalan Umum Berdaya 30 Watt, *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi - SEMRISTEK 2018 ISTN Pascasarjana*, Jakarta, 2018; 123-134.

[11] S. Mahmud, L. Sampebatu, S.C. Kwang. "Mechanical Power Efficiency of Modified Turbine Blades". *The 6th International Conference on Theoretical and Applied Physics (The 6th ICTAP)*. pp 040006-1 – 040006-8. 2017.