

Kaji Eksperimental Turbin Angin Hybrid Savonius-Darrieus Eggbeater Bertingkat Banyak

Delffika Canra¹, Suliono², Ruzita Sumiati³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252

¹E-mail: delffika.canra@gmail.com

³Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang, Padang 25166

Ruzita.sumiati@gmail.com

ABSTRAK

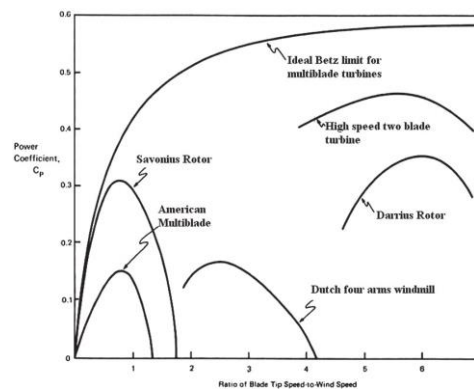
Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) masih menjadi tantangan beberapa peneliti di dunia dan di Indonesia. Karena potensi pesisir Indonesia umumnya memiliki kecepatan angin rata-rata 3 – 7 m/s yang tergolong kecepatan angin rendah dan sangat cocok dengan VAWT yang beroperasi pada kecepatan angin rendah. 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 (Cp) dimana Cp maksimum savonius adalah 30 % sedangkan darrieus 35 %. 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 sebanyak 11 sampel (4 sampel untuk 3 tingkat dan 7 sampel untuk 4 tingkat). 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. Angin yang keluar dari Turbin akan diukur menggunakan Anemometer, data ini akan diolah dan dianalisa. Dari 11 sampel ada 5 sampel yang mencapai nilai Cp sebesar 0.58 mendekati nilai Cp ideal akan tetapi tidak ada terjadi peningkatan TSR pada semua sampel.

Kata kunci

Vertical wind turbine, Savonius, Darrieus, Hybrid Wind Turbine, Coefficient of Performance

1. PENDAHULUAN

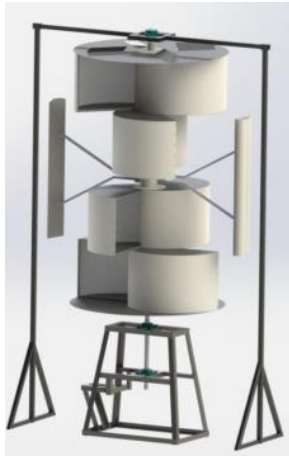
Turbin angin savonius merupakan salah satu jenis *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Turbin ini telah banyak dipelajari sejak tahun 1920 sampai saat ini oleh banyak peneliti. Cara kerja dari VAWT Savonius ini sendiri berdasarkan perbedaan dari gaya *drag* yang mengenai permukaan setengah lingkaran dari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



Gambar 1. Hubungan Cp dengan TSR

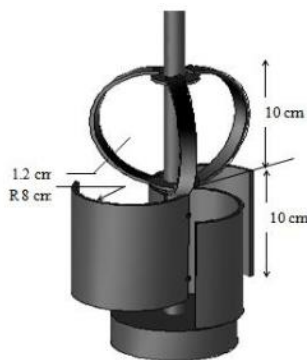
Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang hybrid VAWT darrieus yang dipasangkan antara 2 tingkat turbin savonius yang memiliki *self starting* dan efisiensi yang baik pada kecepatan angin rendah [3]. Hybrid savonius dan darrieus, gabungan kedua bentuk rotor akan memiliki *self starting* yang 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 [1] [5]. Kedalaman lengkungan sudu savonius juga mempengaruhi daya serap angin [7]. Maksud dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan performa dari VAWT hingga bisa membangkit listrik dan bisa diaplikasikan di pantai utara khususnya Indramayu.



Gambar 2. Konstruksi savonius 4 tingkat [8]

Penelitian Ruzita [8] 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.



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

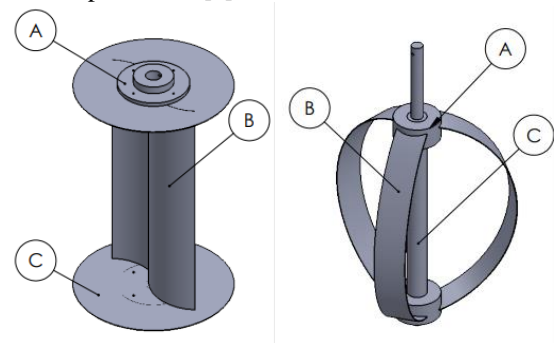
Menurut K.K. Sharma [6] bahwa kombinasi *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) rotor Savonius dan Darrieus memiliki banyak keunggulan dibandingkan desain masing-masing, seperti *starting torque* rendah, *power coefficient* yang tinggi, bisa bergerak pada kecepatan angin rendah dll. Namun, masih perlu dilakukan 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.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakter dari Turbin Angin Hybrid bertingkat banyak ini dalam pencapaian C_p dan TSR yang terbaik.

2. METODE PENELITIAN

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

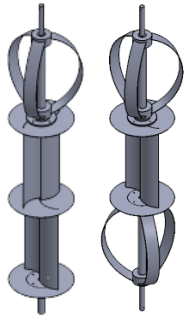
Dua rotor Savonius dan Darrieus akan dikombinasikan dalam satu turbin dan juga divariasikan dalam beberapa sampel 3 tingkat dan 4 tingkat. Dimensi prototipe dirancang sesuai dengan penelitian sebelumnya yakni diameter rotor savonius 200 mm dan aspek rasio 1 : 4 [7], sedangkan tinggi rotor darrieus 100 mm dan ketebalan plat 3 mm [6].



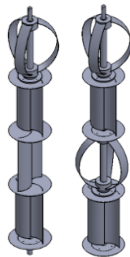
Gambar 4. Desain Turbin Savonius dan Darrieus

Turbin memiliki hub penghubung dengan turbin lainnya yang ditunjukkan dalam 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



Gambar 6. Contoh Desain VAWT Hybrid 4 tingkat

Metode eksperimen, prototipe disimulasikan di laboratorium teknik mesin Politeknik Negeri Indramayu menggunakan *wind tunnel* yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu. Alat ukur yang digunakan adalah Anemometer untuk melihat kecepatan angin masuk dan keluar dari turbin. 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.

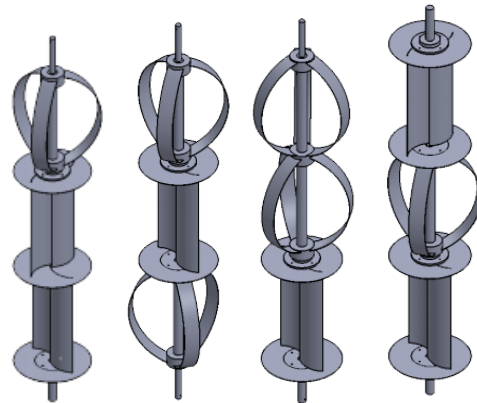
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan sampel 3 tingkat sebanyak 4 sampel dapat dilihat pada tabel 1 dan 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.

Tabel 1. Data Hasil Percobaan Sampel 3 tingkat

Sam pel	A [m ²]	v ₁ [m/s]	v ₂ [m/s]	ω [rpm]	TSR	Cp
1	0,136	4	1,9	43,34	0,17	0,490
		5	3	73,46	0,23	0,530
		6	3,3	115,43	0,30	0,541
2	0,138	4,5	2,96	17,6	0,06	0,470
		5	3,03	31,5	0,10	0,516
		6	3,3	46,17	0,19	0,541
3	0,138	5	2,3	34,93	0,11	0,465
		5,5	2,8	45,17	0,18	0,542
		6	3,1	74,17	0,23	0,556
4	0,136	4	1,6	37,67	0,15	0,540
		5	2,4	70,77	0,20	0,570
		6	2,6	84,13	0,26	0,582

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* seperti yang ditunjukkan pada 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.

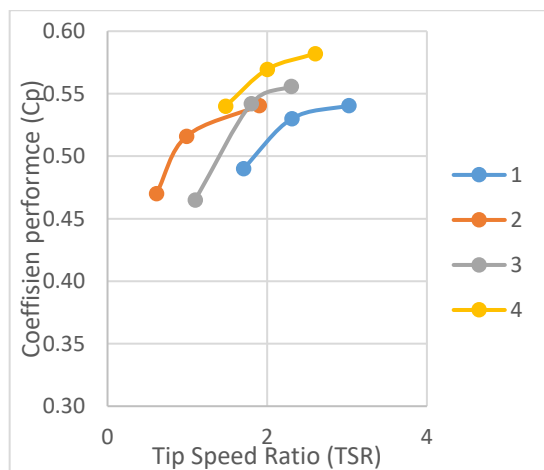


Gambar 7. Konstruksi sampel nomor 1, 2, 3 dan 4

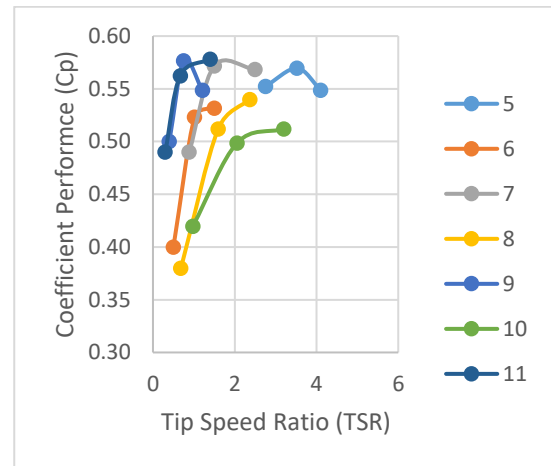
Tabel 2. Data Hasil Percobaan Sampel 4 tingkat

Sam pel	A [m ²]	V ₁ [m/s]	V ₂ [m/s]	ω [rpm]	TSR	C _p
5	0,124	4	2,1	84,13	0,28	0,55
		5	2,4	134,60	0,35	0,57
		6	3,2	188,20	0,41	0,55
6	0,125	4	-	-	0,05	0,40
		5,5	3,2	42,83	0,10	0,52
		6	3,4	69,00	0,15	0,53
7	0,124	5	2	33,87	0,09	0,49
		5,5	2,6	63,13	0,15	0,57
		6	2,9	151,13	0,25	0,57
8	0,125	5	3,6	26,13	0,07	0,38
		5,5	3,3	67,10	0,16	0,51
		6	2,9	108,83	0,24	0,54
9	0,125	4	-	-	0,04	0,50
		5,7	2,6	32,83	0,08	0,58
		6	3,2	55,50	0,12	0,55
10	0,125	4,2	3	31,30	0,10	0,42
		5	3,1	78,63	0,21	0,50
		6	3,6	173,33	0,32	0,51
11	0,125	4	-	-	0,03	0,49
		5,6	2,8	28,63	0,07	0,56
		6	2,7	64,33	0,14	0,58

Hasil percobaan sampel 4 tingkat sebanyak 11 sampel dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 9 bahwasanya sama dengan sampel 3 tingkat, ada peningkatan nilai Cp 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 Cp tetapi sampel nomor 5 memiliki nilai TSR yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.



Gambar 8. Grafik Perbandingan TSR-CP sampel 3 tingkat



Gambar 9. Grafik Perbandingan TSR-CP sampel 4 tingkat

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

4. KESIMPULAN

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

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Hasan, R. Hantoro dan G. Nugroho, "Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no. 2, pp. 350-355, 2013.
- [2] A. Betz, *Introduction to the theory of flow machines*, Oxford: Pergamon, 1966.
- [3] Gupta, R. Das dan S. Deka, "CFD Analysis of a Two bucket Savonius Rotor for Various Overlap Conditions," *ISESCO JOURNAL of Science and Technology*, vol. 8, no. 13, pp. 67-74, 2012.
- [4] Kadam dan A. Patil, "A review study on savonius wind rotor for accessing the power performance," *IOSR Jurnal of mechanical and civil engineering*, pp. 18-24.
- [5] N. Mahmoud, A. El-Haroun, E. Wahba dan M. Nasef, "An experimental study on improvement of Savonius rotor performance," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 51, pp. 19-25, 2012.
- [6] K. Sharma, A. Biswas dan R. Gupta, "Performance measurement of a three bladed combined Darrieus –

Savonius Rotor,” *International journal renewable energy researce*, vol. 3, no. 4, 2013.

- [7] D. Canra, E. Haris dan M. Rahmi, “Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe U Berbasis Software,” *Jurnal Teknologi Terapan Politeknik Negeri Indramayu*, vol. 4, no. 2, pp. 93-101, 2018.
- [8] R. Sumiati dan Hanif, “Rancangan Bangun Rotor Turbin Angin Hybrid Savonius Tipe U Empat Tingkat Dengan H-Darrieus,” *SNETO*, pp. 39-43, 2015.
- [9] m. A. Hasan, “Design Optimazation of Savonius and Wells Turbines,” Desrtation University of Magdeburg, Magdeburg, 2011.