

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE WIND DEFLECTOR EFFECT ON SAVONIUS-DARRIEUS TURBINE PERFORMANCE

Yiyin Klistafani<sup>1)</sup>, Firman<sup>1)</sup>, Nur Rahmah H. Anwar<sup>1)</sup>, Andi Muh. Aqmal Insan F<sup>2)</sup>, dan Muh. Arfandi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>2)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

Experimental investigation into the effect of a wind deflector on Savonius-Darrieus turbine is a combination of hybrid turbine and wind deflector technology innovation which are expected to have positive impact on increasing wind turbine performance. The stages of experimental investigation are conducting field observations, designing a Savonius-Darrieus hybrid, designing a wind deflector with plate angle of 0°, testing a hybrid VAWT without and with a wind deflector. Based on the results obtained, the addition of a wind deflector on the Savonius-Darrieus hybrid turbine is able to produce a larger turbine rotor rotation value than the hybrid turbine without a wind deflector. The increment percentage of Savonius-Darrieus hybrid turbine performance due to the addition of a wind deflector is very dependent on the input wind speed received. The highest performance increase was obtained by 59.62% when the turbine was operating in 3 m/s wind speed.

**Keywords:** Hybrid, VAWT, Wind Deflector, Wind Energy

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini sedang berusaha mencapai kemandirian dan ketahanan energi nasional, seperti yang tercantum pada PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Perpres RUEN menjabarkan salah satu prioritas pengembangan energi Indonesia yaitu penggunaan energi terbarukan yang maksimal dengan memperhatikan tingkat keekonomian [1]. Dengan demikian, Indonesia masih harus menggali dan mengembangkan segala macam potensi energi terbarukan agar dapat mengatasi krisis energi yang berkepanjangan. Salah satu potensi energi terbarukan yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kebutuhan energi di Indonesia adalah energi angina. Energi angin tidak hanya dapat mengatasi keterbatasan pembangkit listrik secara menyeluruh, namun juga dapat digunakan dalam skala kecil, contohnya untuk sektor perumahan [2]. Energi angin mendapatkan perhatian yang besar karena tingginya potensi yang dimiliki dan menjadikan industri mengalami pertumbuhan tercepat di bidang energi terbarukan dengan lebih dari 30% tingkat pertumbuhan tahunan (*annual growth rate*) [3]. Potensi energi angin di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal, khususnya potensi energi angin di daerah perkotaan (*urban area*). Bangunan-bangunan tinggi di daerah kota sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bangunan yang mampu memenuhi kebutuhan energinya sendiri (*Self Energy Powered Houses*).

*Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* merupakan tipe turbin yang sangat relevan untuk dikembangkan di Indonesia karena sangat sesuai dengan karakteristik angin di Indonesia, khususnya pada urban area, dimana kecepatan angin fluktuatif dan arah angin yang selalu berubah-ubah. *VAWT* sangat sesuai untuk dibangun dan diaplikasikan pada daerah dengan iklim tropis dan berangin karena *VAWT* tidak mengalami perubahan performa meskipun arah angin datang berubah-ubah [4].

*VAWT* adalah perangkat pembangkit listrik yang kompetitif karena kesederhanaan struktural, kemandirian arah angin, tidak diperlukan *yaw mechanism*, perawatan lebih mudah, *gearbox* dan generator di ground level, dan emisi kebisingan yang lebih rendah. Namun *VAWT* juga masih memiliki kelemahan, dimana *blade tip vortex* akan selalu terbentuk di ujung kedua *blade* selama berotasi. Hal tersebut menyebabkan kerugian torsi dan menurunnya performa turbin angin [5]. Selain itu kemampuan *self-starting* dari *VAWT* masih sangat buruk [6].

Beberapa peneliti telah mencoba untuk mengidentifikasi prinsip terbaik dari operasional *VAWT* untuk dapat meningkatkan karakteristik kinerjanya [7-9]. Wong et al [10] telah menginvestigasi perbedaan kinerja dari *VAWT* tipe *Darrieus* tanpa dan dengan tambahan *wind deflector*. Hasil yang didapatkan yaitu *VAWT* dengan *deflector* memiliki peningkatan nilai rata-rata koefisien torsi hingga 47,10% dibandingkan dengan *VAWT* tanpa *deflector*. Hosseini dan Goudarzi [11] juga telah melakukan perbandingan kinerja *VAWT* tipe

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Yiyin Klistafani, Telp 085648965909, [yiyin\\_klistafani@poliupg.ac.id](mailto:yiyin_klistafani@poliupg.ac.id)

Darrieus dengan VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus*. Hasil yang didapatkan yaitu VAWT tipe hybrid mampu melakukan *self-starting* sedangkan VAWT tipe *Darrieus* tidak mampu melakukan hal tersebut.

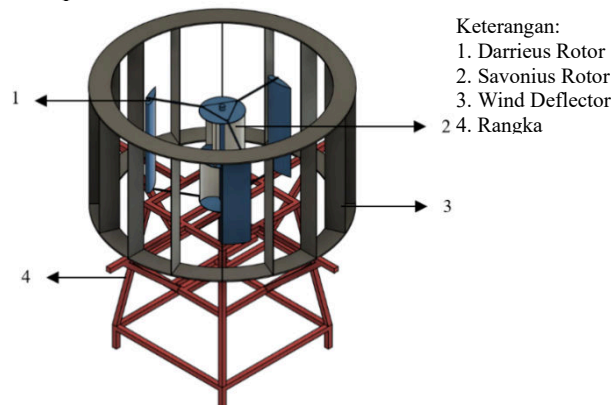
Berdasarkan pemaparan yang telah diuraikan maka sangat menarik untuk dicermati bahwa inovasi dan pengembangan VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus* masih sangat diperlukan. Penelitian ini menekankan pada penggabungan dua inovasi teknologi yaitu VAWT tipe *hybrid* dan *wind deflector* sebagai terobosan baru dalam menciptakan inovasi teknologi mutakhir yang diharapkan lebih dapat mengoptimalkan kinerja sistem.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuat desain konstruksi dari konfigurasi VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus* yang dilengkapi dengan *wind deflector* dan menganalisis pengaruh penambahan *wind deflector* terhadap performa VAWT tipe *hybrid Savonius-Darrieus*.

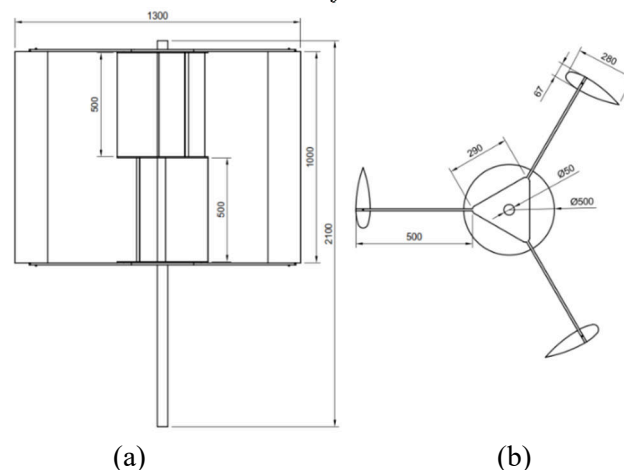
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *wind deflector* dilakukan di Lab Teknik Konversi Energi dan menggunakan fasilitas Bengkel Las dan juga Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin. Pengujian turbin angin dilakukan di lokasi dengan potensi kecepatan angin yang tinggi guna memudahkan dalam menganalisis kinerja turbin angin sebelum diaplikasikan pada atap bangunan. Pengujian turbin angin dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Untia, Makassar. Observasi lapangan terlebih dahulu dilakukan untuk mengamati potensi dan karakteristik angin di lokasi pengambilan data.

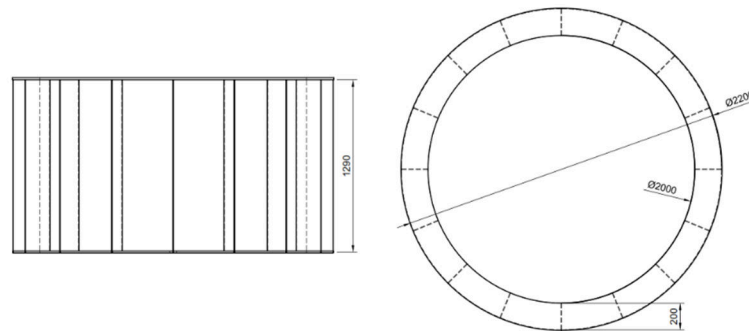
Turbin angin yang dirancang adalah turbin angin sumbu vertikal (VAWT) tipe *hybrid Savonius-Darrieus*, dimana dilakukan penggabungan dua jenis turbin yaitu turbin Savonius dan turbin Darrieus. Dasar penentuan dimensi turbin angin Savonius merujuk pada penelitian Hasrofiddin [12]. Konstruksi *Wind deflector* dirancang dengan sudut kemiringan plat *deflector* yaitu sebesar 0°. Penentuan dimensi *wind deflector* merujuk pada penelitian sebelumnya [13]. Gambar desain alat menggunakan bantuan *software Fusion* dan *Sketchup*. Desain VAWT tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *Wind Deflector* dapat dilihat pada Gambar 1. Detail dimensi dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 1. Desain *Vertical Axis Wind Turbine* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan penambahan *Wind Deflector*



Gambar 2. Detail Dimensi VAWT Tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* (a) tampak depan dan (b) tampak atas



Gambar 3. Detail Dimensi *Wind Deflector* (a) tampak depan dan (b) tampak atas

Prosedur pengujian alat dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama dalam pengujian adalah memastikan terlebih dahulu rangka-rangka yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat, turbin angin dapat berputar dengan baik pada porosnya, serta memastikan *wind deflector* terpasang dengan baik. Tahapan berikutnya yaitu pengambilan data kecepatan angin, putaran poros, dan temperatur udara. Pengujian dilakukan dalam dua variasi, yaitu turbin angin *hybrid* tanpa dan dengan *wind deflector*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil konstruksi *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* tanpa dan dengan *wind deflector* dapat dilihat pada Gambar 4. Turbin Savonius dipasang tepat dibagian pusat tengah turbin Darrieus. *Wind deflector* yang dirancang dan dibuat berupa konstruksi melingkar dengan enam belas (16) sirip pelat vertikal.



Gambar 4. Konstruksi *VAWT* tipe *Hybrid Savonius-Darrieus* (a) tanpa *Wind Deflector* dan (b) dengan *Wind Deflector*

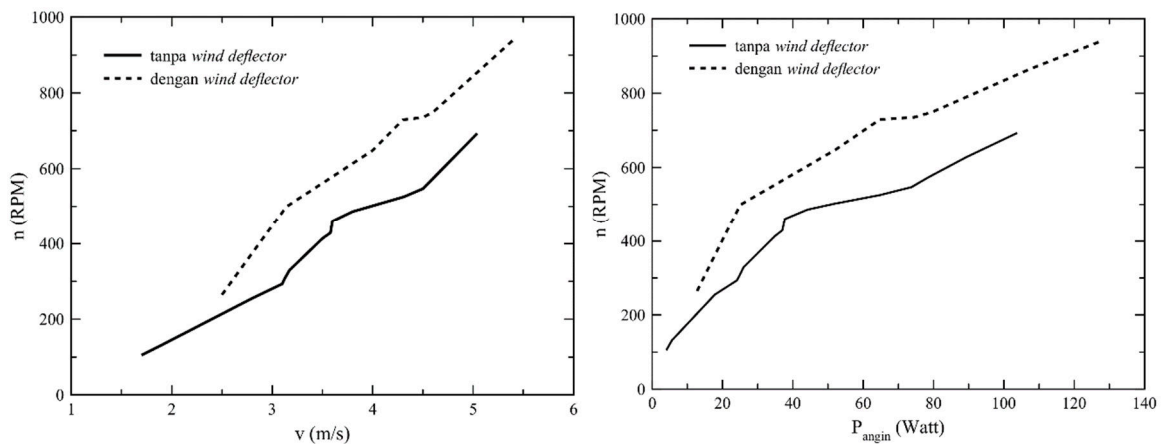
Hasil observasi lapangan terkait kecepatan angin di Palabuhan Untia dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data yang didapat, kecepatan angin mulai meningkat signifikan pada pukul 10.37 WITA dengan kecepatan minimal 1,828 m/s hingga 4,008 m/s. Kecepatan angin tertinggi yaitu 6,499 m/s yang terjadi pada pukul 14.12 - 14.17 WITA. Pada rentang waktu itu pula kecepatan rata-rata angin tertinggi didapatkan. Merujuk pada Tabel 1 maka dapat diketahui bahwa kecepatan angin rata-rata mulai stabil dan bagus pada pukul 10.37 – 16.54 WITA. Sehingga pada waktu tersebut sangat sesuai untuk dilakukan pengujian turbin angin. Penentuan waktu dalam pencatatan data didasarkan pada observasi fenomena angin di pelabuhan, sehingga tidak berdasarkan interval waktu tertentu yang teratur namun berdasarkan waktu real fenomena perubahan kecepatan angin.

Tabel 1. Data observasi kecepatan angin di Pelabuhan Untia, Makassar, Indonesia

Waktu (WITA)	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)	Kecepatan Angin Minimal (m/s)	Kecepatan Angin Maksimal (m/s)
09.44 - 09.49	1,938	1,184	2,768
09.55 - 10.00	1,939	1,222	2,555
10.10 - 10.15	2,523	1,745	3,347
10.37 - 10.42	3,151	1,828	4,008
11.00 - 11.05	3,385	2,599	4,174
11.38 - 11.43	3,314	1,986	4,479
11.51 - 11.56	3,857	2,554	4,890
12.25 - 12.30	3,533	2,456	4,416
12.47 - 12.52	3,898	2,383	5,265
13.16 - 13.21	3,596	2,875	4,448
13.46 - 13.51	4,769	3,694	5,661
14.12 - 14.17	5,193	3,956	6,499
16.23 - 16.28	4,274	3,021	5,288
16.54 - 16.59	3,167	1,938	4,076
17.16 - 17.21	1,874	1,080	2,643
17.50 - 17.55	1,077	0	1,751
18.08 - 18.23	0,367	0	1,289
18.55 - 19.00	0,011	0	0,658

Keterangan: Data observasi diambil pada Tanggal 27 Agustus 2021

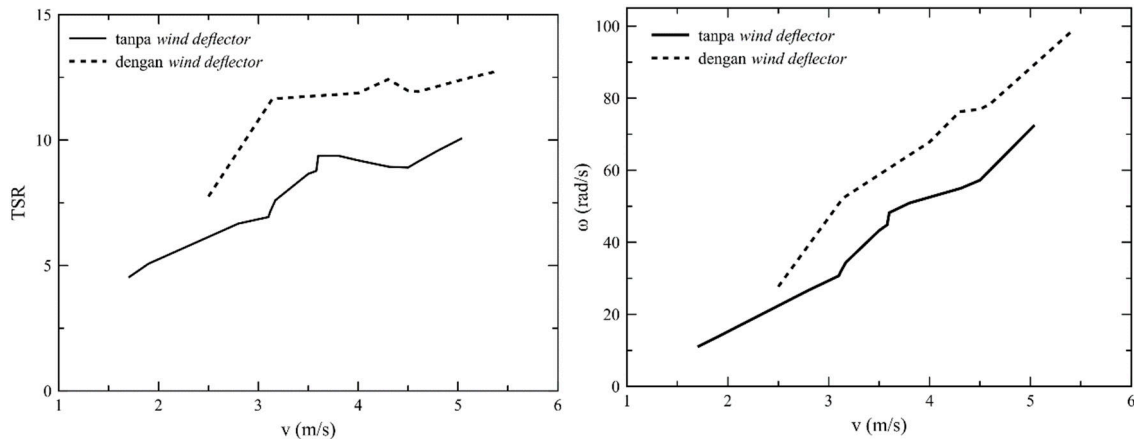
Grafik hubungan kecepatan angin dengan putaran rotor pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa dan dengan *wind deflector* dapat dilihat pada Gambar 5(a) sedangkan grafik hubungan daya angin dengan putaran rotor dapat dilihat pada Gambar 5 (b). Terlihat pada Gambar 5 bahwa nilai putaran rotor meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Daya angin juga sangat ditentukan oleh besarnya kecepatan angin, sehingga semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula daya angin yang dihasilkan dan tentunya hal ini berdampak pada peningkatan nilai putaran rotor turbin. Nilai putaran rotor yang dihasilkan oleh turbin *hybrid* dengan *wind deflector* lebih besar dibandingkan jika tidak menggunakan *wind deflector* ditinjau pada saat kecepatan angin yang sama. Hal ini dikarenakan *wind deflector* mampu mengarahkan angin dengan cara mendefleksikan angin menuju pusat turbin. Sehingga kecepatan angin yang tepat diterima sudu turbin (setelah melalui *wind deflector*) meningkat dan lebih optimal dalam memutar poros turbin.



Gambar 5. (a) Grafik hubungan kecepatan angin dengan putaran rotor turbin dan (b) Grafik hubungan daya angin dengan putaran rotor

Begitupun jika dilihat pada gambar 5 (b), dengan inputan daya angin yang sama, turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan *wind deflector* lebih mampu memutar rotor turbin dengan cepat dibandingkan tanpa *wind deflector*. Oleh karena itu, *wind deflector* dinilai sangat efektif dan mampu meningkatkan performa turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dari perspektif putaran rotor yang dihasilkan.

Grafik hubungan antara kecepatan angin dengan nilai *tip speed ratio* (TSR) dapat dilihat pada gambar 6 (a). Pada prinsipnya nilai *tip speed ratio* dipengaruhi oleh kecepatan angin, putaran rotor, dan diameter rotor turbin. Sehingga gambar 6 (a) dapat dilihat adanya peningkatan nilai TSR seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Karena parameter putaran rotor turbin juga mempengaruhi besarnya nilai TSR, maka seperti yang telah dijelaskan pada gambar 5 bahwa putaran rotor turbin *hybrid* menunjukkan tren yang bagus pada saat turbin dilengkapi dengan *wind deflector*, oleh karenanya nilai TSR yang dihasilkan oleh turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan menggunakan *wind deflector* lebih besar dibandingkan dengan turbin *hybrid* tanpa *wind deflector* pada kecepatan angin yang sama.



Gambar 6. (a) Grafik hubungan kecepatan angin dengan *tip speed ratio* (TSR) dan (b) Grafik hubungan kecepatan angin dengan kecepatan sudut sudu turbin

Grafik hubungan kecepatan angin dengan kecepatan sudut sudu turbin dapat dilihat pada gambar 6 (b). Terlihat pada gambar bahwa kecepatan sudut sudu turbin *hybrid* yang dilengkapi dengan *wind deflector* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan turbin *hybrid* tanpa *wind deflector*. Hal ini dikarenakan kecepatan sudut sudu turbin dipengaruhi oleh parameter putaran rotor turbin. Dikarenakan penambahan *wind deflector* mampu meningkatkan putaran rotor turbin maka berdampak juga pada peningkatan kecepatan sudut sudu (*blade*) turbin. Berdasarkan analisis parameter-parameter tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* dengan *wind deflector* lebih baik dibandingkan dengan turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa menggunakan *wind deflector*.

Persentase peningkatan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* akibat adanya penambahan *wind deflector* sangat bergantung pada input kecepatan angin yang diterima. Tabel 2 menyajikan data perbandingan kinerja *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* dengan dan tanpa *wind deflector* pada variasi kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s. Tiga variasi kecepatan angin tersebut berdasarkan data observasi yang merupakan kecepatan angin yang mendominasi selama pengujian turbin angin. Penambahan *wind deflector* pada *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* mampu meningkatkan kinerja turbin sebesar 59,62% pada kecepatan angin 3 m/s. Sedangkan pada saat kecepatan angin 4 m/s, peningkatan kinerja yang dihasilkan yaitu sebesar 29,215%. Persentase peningkatan kinerja menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan angin. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2 bahwa pada kecepatan angin 5 m/s, peningkatan kinerja yang dihasilkan akibat penambahan *wind deflector* sebesar 23,789%.

Tabel 2. Data perbandingan kinerja *VAWT hybrid Savonius-Darrieus* dengan dan tanpa *wind deflector*

Kecepatan Angin (m/s)	Parameter	<i>VAWT hybrid Savonius-Darrieus</i>		Peningkatan Kinerja (%)
		tanpa <i>Wind Deflector</i>	dengan <i>Wind Deflector</i>	
3	Putaran Rotor, $n$ (RPM)	280,53	447,781	59,62
	Kecepatan Sudut Rotor, $\omega$ (rad/s)	29,362	46,868	
	<i>Tip Speed Ratio</i> , TSR	6,851	10,936	
4	Putaran Rotor, $n$ (RPM)	501,8	648,4	29,215
	Kecepatan Sudut Rotor, $\omega$ (rad/s)	52,522	67,866	
	<i>Tip Speed Ratio</i> , TSR	9,191	11,877	
5	Putaran Rotor, $n$ (RPM)	682,17	844,45	23,789

Kecepatan Sudut Rotor, $\omega$ (rad/s)	71,4	88,385
Tip Speed Ratio, TSR	9,99	12,374

#### 4. KESIMPULAN

Studi eksperimen pengaruh penambahan wind deflector pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* telah dilakukan dengan. Studi ini memberikan hasil positif terhadap inovasi peningkatan kinerja turbin. Beberapa kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut: 1) Penambahan *wind deflector* pada turbin *hybrid Savonius-Darrieus* mampu menghasilkan nilai putaran rotor turbin yang lebih besar dibandingkan dengan turbin *hybrid Savonius-Darrieus* tanpa *wind deflector*; 2) Peningkatan nilai putaran rotor turbin memberikan dampak terhadap kenaikan nilai kecepatan sudut sudu rotor dan nilai tip speed ratio, sehingga penambahan *wind deflector* dinilai sangat efektif dalam meningkatkan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus*; 3) Persentase peningkatan kinerja turbin *hybrid Savonius-Darrieus* akibat adanya penambahan *wind deflector* sangat bergantung pada input kecepatan angin yang diterima. Peningkatan kinerja tertinggi didapatkan sebesar 59,62% pada saat turbin beroperasi dengan kecepatan angin 3 m/s. Sedangkan pada kecepatan angin 5 m/s, peningkatan kinerja turbin yaitu 23,789%.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, "Indonesia Energy Outlook – Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat," *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*, ISBN 978-602-1328-05-7, 2008.
- [2] A. Rachman and A. Indra, "Analisis dan pemetaan potensi energi angin di Indonesia= Mapping and analysis of wind energy potential in Indonesia," 2012.
- [3] G. P. C. T. Hutomo, G. S. T. A. Bangga, and H. Sasongko, "CFD studies of the dynamic stall characteristics on a rotating airfoil," in *Applied Mechanics and Materials*, 2016, vol. 836, pp. 109–114.
- [4] M. Johari, M. Jalil, and M. F. M. Shariff, "Comparison of horizontal axis wind turbine (HAWT) and vertical axis wind turbine (VAWT)," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4.13, pp. 74–80, 2018.
- [5] Y. Jiang, C. He, P. Zhao, and T. Sun, "Investigation of Blade Tip Shape for Improving VAWT Performance," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 3, p. 225, 2020.
- [6] M. H. Mohamed, "Performance investigation of H-rotor Darrieus turbine with new airfoil shapes," *Energy*, vol. 47, no. 1, pp. 522–530, 2012.
- [7] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, "An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades," *Energy procedia*, vol. 68, pp. 297–304, 2015.
- [8] R. Gupta, A. Biswas, and K. K. Sharma, "Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius–three-bladed Darrieus rotor," *Renew. Energy*, vol. 33, no. 9, pp. 1974–1981, 2008.
- [9] A. Dessoky, G. Bangga, T. Lutz, and E. Krämer, "Aerodynamic and aeroacoustic performance assessment of H-rotor darrieus VAWT equipped with wind-lens technology," *Energy*, vol. 175, pp. 76–97, 2019.
- [10] K. H. Wong, W. T. Chong, S. C. Poh, Y.-C. Shiah, N. L. Sukiman, and C.-T. Wang, "3D CFD simulation and parametric study of a flat plate deflector for vertical axis wind turbine," *Renew. energy*, vol. 129, pp. 32–55, 2018.
- [11] A. Hosseini and N. Goudarzi, "Design and CFD study of a hybrid vertical-axis wind turbine by employing a combined Bach-type and H-Darrieus rotor systems," *Energy Convers. Manag.*, vol. 189, pp. 49–59, 2019.
- [12] D. Hasrofiddin, "Perancangan Turbin Angin Tipe Hybrid Savonius Darrieus Sumbu Vertikal," *Jurnal Teknik Elektro UMRAH*, pp. 1-10, 2019.
- [13] I. H. Siregar, "Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Dua Tingkat Dengan Bilah Profile Modified NACA 0018 Dengan dan Tanpa Wind Deflector," *J. Tek. Mesin OTOPRO*, vol. 8, pp. 126–138, 2013.

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada unit Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan hibah dana PNBPD/DIPA 2021 Politeknik Negeri Ujung Pandang kepada penulis sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik.