



Planning The Effect of Angle of Attack on Darrieus Turbine Generator Power

Pengaruh *Angle of Attack* Terhadap Luaran Generator Turbin Tipe Darrieus

Arif Setyo Nugroho^{1*}, Y. Yulianto Kristiawan¹, Aris Teguh Rahayu¹

Abstract

The angle and number of wind turbine blades. The turbine used for testing is a vertical Darrieus-H type turbine with variations in the number of blades 2, 3, and 4. Blades with NACA 4415 specifications, wind speeds with variations of 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, and 8 m/s. The source of the wind using a fan. Variations in the angle of attack are 0°, 10°, 20°, and 30°. The blade is made of sea sengon wood. At the position of the angle of attack, 10° rotates faster due to the influence of the lifting force of the blades. The position of the blade angle of attack 0° is difficult to rotate because the blade position is straight with the wind direction. The position of the angle of attack 20° and 30° blades is difficult to rotate because the lifting force of the blades is too heavy compared to the position of the angle of attack 10°. The highest electric power is obtained from the number of blades with 2 angles of attack 10° with a power of 10.5 watts.

Keywords

Blade, wind speed, rpm, power

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan akibat pengaruh sudut dan jumlah blade turbin angin. Turbin yang digunakan pengujian adalah turbin vertikal tipe Darrieus -H dengan variasi jumlah sudu 2, 3, dan 4. Blade dengan spesifikasi NACA 4415, kecepatan angin dengan variasi 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, dan 8 m/s. Sumber angin menggunakan kipas angin. Variasi sudut serang adalah 0°, 10°, 20°, dan 30°. Blade terbuat dari bahan kayu sengon laut. Pada posisi sudut serang 10° berputar lebih cepat karena pengaruh gaya angkat sudu. Posisi sudu sudut serang 0° sulit untuk diputar karena posisi sudu lurus dengan arah angin. Posisi sudut serang 20° dan 30° sudu sulit untuk diputar karena gaya angkat sudu terlalu berat dibandingkan dengan posisi sudut serang 10°. Daya listrik tertinggi diperoleh dari jumlah sudu dengan 2 sudut serang 10° dengan daya 10,5 watt.

Kata Kunci

Blade, kecepatan angin, daya

¹ STT Warga Surakarta

Jl. Raya Solo Baki Km 2 Kwarasan Solobaru, Sukoharjo

* arifsn@sttw.ac.id

Submitted : Decemer 03, 2022. Accepted : January 11, 2023. Published : April 10, 2023



PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan konsumsi bahan bakar dari fosil meningkat [1]. Penggunaan konsumsi bahan bakar paling banyak dalam transportasi dan dunia industri. Kebutuhan akan energi listrik juga meningkat seiring dengan jumlah penduduk yang terus naik [2]. Sumber energi tidak dapat diperbarui (*non-renewable energy*) seperti energi fosil khususnya bahan bakar minyak yang selama ini menjadi sumber energi utama, ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami penipisan. Gas alam diprediksi para ahli akan habis lebih kurang 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batubara akan habis lebih kurang 200-300 tahun yang akan datang. Untuk terus menyediakan energi fosil memerlukan proses alam yang membutuhkan waktu yang sangat lama. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan terutama bagi kelangsungan hidup manusia. Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil terus dilakukan, pengembangan dari berbagai macam metode ataupun teknologi yang memanfaatkan energi baru terbarukan telah banyak dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengatasi tingginya kebutuhan akan bahan bakar fosil [3].

Indonesia terkenal sebagai negara yang kaya dengan potensi sumber daya alamnya terutama energi. Berdasarkan jenisnya energi dapat digolongkan menjadi dua, yaitu energi terbarukan (*renewable energy*) dan energi tidak terbarukan (*non-renewable energy*). Sumber energi yang dapat diperbarui misalnya energi angin, biomassa, biogas, energi kayu [4]. Energi berasal dari angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan bisa dirasakan adanya walaupun terkadang bila angin sangat kencang bisa mengakibatkan bencana tetapi manfaat bagi manusia sangat banyak. Angin merupakan salah satu sumber energi potensial yang kuantitasnya cukup banyak untuk daerah - daerah di Indonesia, tetapi belum banyak di manfaatkan. Perkembangan pemanfaatan energi angin terbilang lambat pada tahun 2016 dengan potensi sebesar 60 GW, pemanfaatan yang dilakukan hanya sebesar 3,1 MW.

Kecepatan angin di Indonesia berkisar antara 2 m/s hingga 6 m/s yang cocok untuk pembangkit listrik tenaga angin skala kecil (10 kW) dan menengah (10-100 kW) dan ini adalah potensi yang belum dikembangkan secara maksimal [5][6]. Dengan pemanfaatan turbin Angin, Energi angin dirubah menjadi energi mekanik dan selanjutnya bisa menghasilkan listrik melalui generator. Turbin angin selain ramah lingkungan, murah, mudah dioperasikan dan mudah untuk dilakukan pemeliharaan. Proses konversi energi dalam turbin angin adalah energi angin menggerakkan turbin menghasilkan putaran poros (energi mekanik), dari energi mekanik kemudian dikonversikan menjadi energi listrik dengan melalui generator dan generator menghasilkan energi listrik. Jenis turbin angin dilihat dari arah sumbu rotasinya turbin angin dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu turbin sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Dilihat dari konstruksinya turbin angin sumbu vertikal memiliki kelebihan jika dibanding dengan sumbu horisontal tetapi turbin angin sumbu vertikal memiliki efisiensi yang lebih rendah jika dibanding dengan sumbu horisontal, karena itu penelitian untuk meningkatkan efisiensi turbin angin sumbu vertikal terus dilakukan [7].

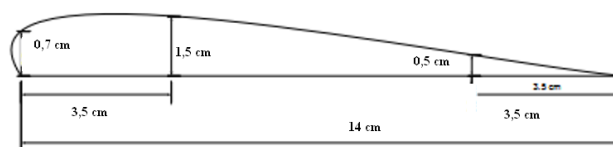
Turbin Darrieus adalah jenis turbin angin sumbu vertikal memiliki keunggulan dari kesederhanaannya. Turbin ini mempunyai torsi yang lebih besar dan *blade*-nya dapat di buat dengan mudah [8]. *Blade* ini memakai standar NACA agar menghasilkan *lift* dan aliran di sekitarnya tidak terjadi separasi apabila sudut serang tidak besar. Keuntungan lain dari turbin Darrieus adalah turbin tersebut kurang sensitif terhadap turbulensi tetapi sensitif terhadap arah aliran. Jenis rotor turbin darrieus berpengaruh terhadap *output* daya listrik. Penelitian turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe H dengan menggunakan aero foil NACA 0012 panjang cord 0,3 diameter sudu 0,44 tinggi 0,6 m variasi sudut 35°,40°, 45°,50°,55°,dan 60° dengan kecepatan angin 4,8 m/s hasil pengujian lebih efektif pada sudut 55° [9] [10]. Diantara beberapa bentuk geometri turbin *blade* turbin Darrieus, geometri *blade* lurus (atau H-Darrieus)

lebih sering digunakan disebabkan pembuatannya lebih mudah dan konstruksinya yang lebih sederhana [11] [12].

Sudut *pitch* sangat berpengaruh terhadap putaran *blade* turbin Darrius -H, dari variasi *pitch* 35° - 60° dengan kecepatan angin 4,8 m/s. Hasil maksimum adalah sudut *pitch* yang besar karena terjadi tumbukan angin dan dorongan angin menyentuh luasan area *blade* yang lebih luas dibandingkan *blade* dengan sudut *pitch* kecil. Oleh karena itu sangat penting dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan energi angin untuk menghasilkan energi listrik. Keberhasilan penelitian ini sangat penting untuk mendapatkan energi listrik secara maksimal.

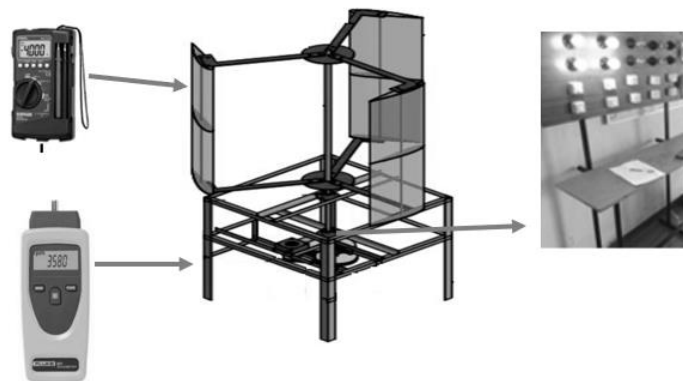
METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental pengaruh *angle of attack* terhadap output daya energi listrik. Bahan *blade* yang digunakan adalah kayu jenis sengon laut yang memiliki sifat ringan dan mudah dibentuk. Pengujian dilakukan di dalam lab, hembusan angin menggunakan kipas *blower*, generator menggunakan jenis rpm rendah dan kerangka menggunakan besi hollo dan pipa untuk penyangga *blade*. Bentuk *blade* yang digunakan adalah model NACA 4415, karena NACA 4415 memiliki efisiensi sebesar 11,37%-14,69%. Dengan spesifikasi lebar 14 cm, maksimum *chamber* 4 %. Posisi maksimum *chamber* berada 40 % dari panjang *chord* diukur dari *leading edge*. Dan memiliki ketebalan maksimum 15 % dari panjang *chord*



Gambar 1. bentuk *blade* model NACA 4415

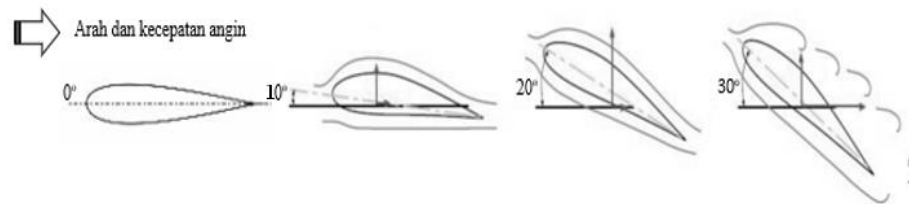
Gambar 1 menjelaskan mengenai bentuk *blade* model NACA 4415, bahan terbuat dari kayu sengon. Pengerjaan secara manual dengan peralatan potong dan serut. *Blade* di pasang di kerangka turbin angin dengan cara dibaut seperti terlihat di Gambar 2. Pengambilan data dengan memvariasikan jumlah *blade* dan variasi *angle of attack*. Kecepatan angin sebesar 8 m/s mengarah ke *blade*.



Gambar 2. Skema pengujian

Jumlah *blade* yang diujikan adalah 2 *blade* 3 *blade* dan 4 *blade*. Pengujian pertama dengan menggunakan variasi Kecepatan angin yang digunakan adalah 4 m/s, 5 m/s, 6m/s dan 8 m/s. Diambil daya *output* yang terbesar dengan *angle of attack* 0° , Daya terbesar yang dihasilkan dari variasi *blade* dan kecepatan angin diujikan lagi dengan memvariasikan *angle of attack* 0° ,

10°, 20°, 30°. Dengan variasi pengujian dengan memvariasikan *angle of attack* diharapkan menghasilkan daya terbesar.



Gambar 3. Angle of attack blade

Gambar 3 adalah gambar posisi dari *angle of attack* dengan variasi sudut *blade* 0°, 10°, 20°, dan 30° terhadap sumbu dan mengarah ke arah dan kecepatan angin yang berhembus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dengan memvariasikan jumlah *blade* dan variasi kecepatan angin, pengujian awal untuk mengetahui pengaruh jumlah *blade* terhadap rpm yang dihasilkan pada kondisi pemasangan *blade* sejajar *chord line* atau sudut yang terbentuk 0°. Kecepatan angin yang digunakan adalah 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s dan 8 m/s. Lebih jelas hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh kecepatan angin terhadap rpm yang dihasilkan.

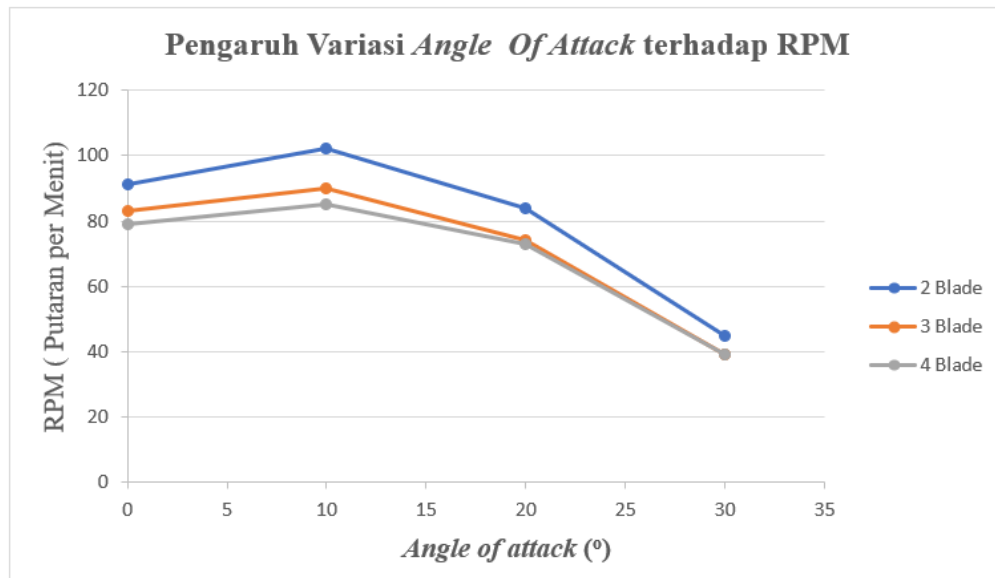
Putaran turbin akan dipengaruhi oleh jumlah *blade* dan kecepatan angin seperti terlihat di Gambar 4. Kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran turbin yang dihasilkan disemua variasi jumlah *blade*. Artinya semakin besar energi angin yang di berikan untuk memutar turbin akan menghasilkan putaran *blade* semakin kencang. Jumlah *blade* juga berpengaruh terhadap besar kecilnya rpm yang dihasilkan disetiap variasi kecepatan, semakin banyak jumlah *blade* akan mengakibatkan penurunan performa turbin. Penurunan performa turbin diakibatkan jarak *blade* yang terlalu dekat sehingga mengakibatkan energi angin tidak bisa diterima secara penuh oleh penampang *blade* [13][14]. Bila energi angin tidak bisa diterima secara penuh oleh penampang *blade* maka putarannya menjadi melambat [11][15].

Putaran *blade* turbin setiap variasi kecepatan mengalami kenaikan, rpm paling tinggi pada 2 *blade* kecepatan 5 m/s sebesar 58 rpm .



Gambar 5. Pengaruh kecepatan angin dan jumlah *blade* terhadap daya yang dihasilkan

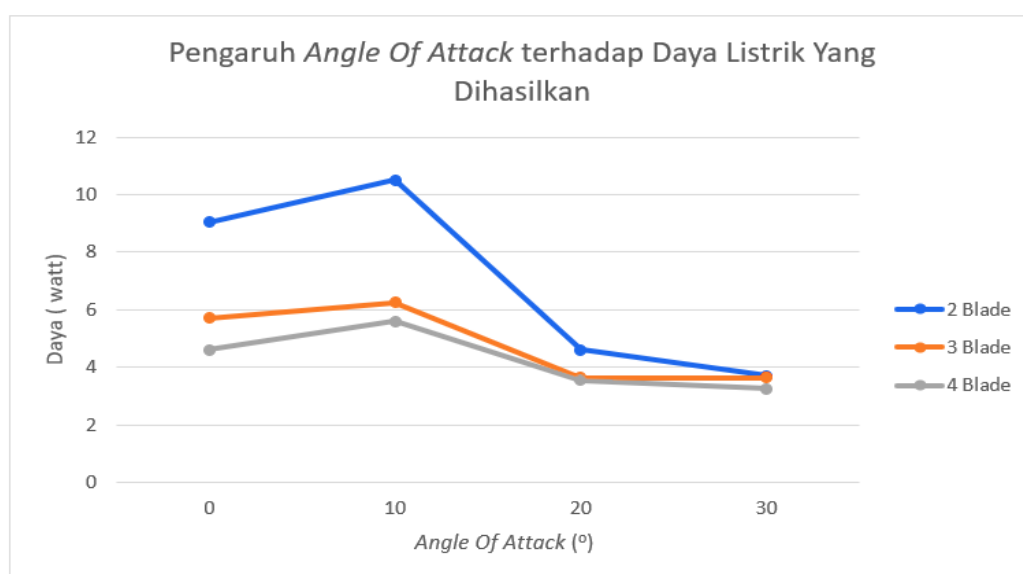
Daya listrik yang dihasilkan adalah perkalian antara tegangan listrik dikalikan dengan kuat arus yang dihasilkan . Sedangkan daya angin dipengaruhi oleh faktor efisiensi yang terjadi di turbin. Dari Gambar 5 terlihat grafik kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan, peningkatan kecepatan angin berpengaruh terhadap peningkatan kecepatan putaran turbin [16]. Setiap variasi kecepatan angin, paling besar kenaikannya di kecepatan angin sebesar 8 m/menit, baik 2 *blade*, 3 *blade* maupun 4 *blade*. Daya dengan kenaikan terbesar adalah kecepatan 8 m/menit sebesar 2,067 watt dengan menggunakan 2 *blade* dan *angel of attack* sebesar 0°.



Gambar 6. Pengaruh variasi *angle of attack* terhadap RPM

Gambar 6 menjelaskan mengenai pengaruh *angle of attack* terhadap rpm *blade* yang dihasilkan. Variasi *angle of attack* atau sudut kemiringan *blade* adalah 0°, 10°, 20° dan 30° sedangkan variasi *blade* adalah jumlah *blade* yang digunakan untuk pengujian adalah 2 *blade*,

3 *blade* dan 4 *blade*. Kecepatan angin untuk pengujian diambil kecepatan angin yang paling tinggi menghasilkan rpm yaitu 8 m/s. Dari hasil pengujian dihasilkan data sebagai berikut, pada kemiringan *blade* 10°, baik 2 *blade*, 3 *blade* maupun 4 *blade* mengalami peningkatan putaran dibandingkan pada posisi sudut 0°. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa sudut yang paling baik pada posisi *angle of attack* 10°, Pada posisi tersebut rpm paling tinggi yaitu 102 rpm dengan menggunakan 2 *blade*. Posisi 10° menggunakan 3 *blade* menghasilkan 90 rpm dan menggunakan 4 *blade* menghasilkan 85 rpm. Pada posisi *angle of attack* 10° lebih cepat berputar diawal karena pengaruh gaya angkat *blade* dibandingkan pada posisi *angle of attack* 0°, 20° dan 30°. Posisi *angle of attack* 0° *blade* sulit berputar, karena posisi *blade* lurus dengan arah angin. Posisi *angle of attack* 20° dan 30° ketika ada hembusan angin *blade* sulit untuk berputar karena gaya angkat *blade* terlalu berat dibandingkan posisi *angle of attack* 10°. Daya turbin angin dihasilkan gaya angkat pada *blade*, sedangkan gaya angkat dipengaruhi oleh sudut kemiringan *blade* [5][17].



Gambar 7. Pengaruh *angle of Attack* terhadap daya yang dihasilkan pada kecepatan angin 8 m/menit.

Pengaruh *angle of attack* terhadap daya yang dihasilkan turbin terlihat di Gambar 7. Daya listrik paling tinggi didapat dari jumlah *blade* 2 *angle of attack* sebesar 10° daya sebesar 10,5 watt. Daya paling kecil dihasilkan dari jumlah *blade* 4 sudut kemiringan 30°. Besar kecilnya daya yang dihasilkan dipengaruhi kecepatan angin yang memutar *blade* turbin dan *angle of attack blade*, semakin kecil kecepatan angin maka daya putar *blade* semakin kecil kuat arus yang dihasilkan [8][18]. Semakin tinggi kecepatan angin semakin besar nilai arus listrik. kemiringan *blade* 10°, baik 2 *blade*, 3 *blade* maupun 4 *blade* mengalami peningkatan putaran dibandingkan pada posisi sudut 0°.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengujian pengaruh *angle of attack* terhadap luaran generator turbin *darreus* adalah sebagai berikut, putaran *blade* turbin setiap variasi kecepatan mengalami kenaikan, rpm paling tinggi pada 2 *blade* kecepatan 5 m/s sebesar 58 rpm . Setiap variasi kecepatan angin, paling besar kenaikannya di kecepatan angin sebesar 8 m/menit, baik 2 *blade*, 3 *blade* maupun 4 *blade*. Daya dengan kenaikan terbesar adalah kecepatan 8 m/menit sebesar 2,067 watt dengan menggunakan 2 *blade* dan *angel attack* sebesar 0°. Dari hasil daya terbaik kemudian di

variasikan *angle of attack* 10°, 20°, 30°. Pada posisi *angle of attack* 10° lebih cepat berputar diawal karena pengaruh gaya angkat *blade* dibandingkan pada posisi *angle of attack* 0°, 20° dan 30°. Posisi *angle of attack* 0° *blade* sulit berputar, karena posisi *blade* lurus dengan arah angin. Posisi *angle of attack* 20° dan 30° ketika ada hembusan angin *blade* sulit untuk berputar karena gaya angkat *blade* terlalu berat dibandingkan posisi *angle of attack* 10°.

Saran

Guna menghasilkan *output* yang maksimal, harus diperhatikan adalah mengenai putaran poros yang berputar karena hembusan angin yang diterima *blade*, putaran poros harus tanpa hambatan dan gesekan sehingga putaran poros yang terhubung dengan *pully* dan *belt* seperti yang diharapkan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. S. Nugroho, "Tembaga-SiO dan Gasohol E10 Untuk Mengurangi Emisi CO Gas Buang Kendaraan," *Traksi Maj. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 59–71, 2020.
- [2] M. Wira, T. Kusuma, A. Aziz, and R. I. Mainil, "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe DARRIEUS H 4 Blade Profile NACA 2415 Dengan Variasi Sudut Pitch," *JOM FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–4, 2016.
- [3] B. D. Afrah, M. I. Riady, D. Santoso, and J. Yanto, "Evaluasi Kinerja Turbin Angin Darrius NACA 0014 Dengan Sudut Pengarah," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 1, pp. 29–32, 2018.
- [4] A. Fadila, I. Zakaria, and M. Fauzan, "Rancang Bangun Turbin Angin Tipe DARRIEUS Tiga Sudu Rangkap Tiga Dengan Profil NACA 0006," *Eksergi*, vol. 15, no. 3, pp. 102–114, 2019.
- [5] A. Anam, M. Asroni, T. Rahardjo, T. Mesin, and F. T. Industri, "Peningkatan Kinerja Turbin Angin Vertikal Tipe Darrius dengan menggunakan Wind Gate," vol. 11, pp. 2007–2010, 2020.
- [6] O. S. Mohamed, A. A. Ibrahim, A. K. Etman, A. A. Abdelfatah, and A. M. R. Elbaz, "Energy Conversion and Management : X Numerical investigation of Darrieus wind turbine with slotted airfoil blades," *Energy Convers. Manag. X*, vol. 5, no. August 2019, p. 100026, 2020, doi: 10.1016/j.ecmx.2019.100026.
- [7] F. Andika and F. Astuti, "Pengaruh Sudut Pitch Pada Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe DARRIEUS-H NACA 3412," *JTM*, vol. 2, no. 2, pp. 72–76, 2019.
- [8] F. A. M. Mohamed, "Aerodynamic Forces Affecting the H-Rotor Darrieus Wind Turbine.pdf," *Hindawi Model. Simul. Eng.*, 2020.
- [9] N. Aklis;, H. Syafi'i;, Y. C. Prastiko;, and B. M. Sukmana, "Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Pitch Terhadap Performa Turbin Angin darrieus-H Sumbu Vertikal NACA 0012," *Media Mesin*, vol. 17, no. 2, pp. 6–12, 2016.
- [10] W. T. T. M. S. M. M. H. R. K. Sopian, "Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I. Assesment Of Darreus VAWT Configurations," *Renew. Energy*, vol. 75, pp. 50–67, 2015.
- [11] R. K. Wijaya and I. Kurniawan, "Kaji Eksperimental Turbin Air DARRIEUS TIPE-H Menggunakan Blade Hydrofoil Standar NACA 2415," *JOM FTEKNIK*, vol. 7, no. 2016, pp. 1–8, 2020.
- [12] P. M. Kumar;, K. Sivalingam;, T. C. Lim;, S. Ramakrishna;, and H. Wei, "Review on the Evolution of Darrieus Vertical Axis Wind Turbin: Large Wind Turbines.pdf," *Clean Technol.*, pp. 2015–223, 2019.
- [13] S. K. Wardani, "Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Darrieus Tipe-H.pdf," *Simki Techsain*, vol. 01, no. 05, 2017.
- [14] P. Delafin, F. Deniset, J. A. Astolfi, and F. Hauville, "Performance Improvement of a Darrieus Tidal Turbine with Active Variable Pitch," *Energies*, vol. 14, no. 667, pp. 1–18, 2021.

-
- [15] Diaurahman; and R. Siswanto, "Perencanaan Konstruksi Dan Elemen Mesin Turbin Angin Sumbu Vertikal Type Darrius," *sjme Kinemat.*, vol. 1, no. 2, pp. 99–112, 2016.
- [16] A. Febrianto and A. Santoso, "Analisa Perbandingan Torsi dan RPM Turbin," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [17] G. Bedon, S. De Betta, and E. Benini, "Performance-optimized airfoil for Darrieus wind turbines," *Renew. Energy*, vol. 94, no. 94, pp. 328–340, 2016.
- [18] A. R. Fachrudin, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H NACA 3412," *Info Teknik*, vol. 19, no. 2, pp. 195–202, 2018.