



## Analisa Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Angin Poros Horizontal

M Fathuddin Noor<sup>a\*</sup>, Indah Noor Dwi Kusuma Dewi<sup>a</sup>, Alief Muhammad<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universitas Panca Marga, Jl. Raya Dringu, Kota Probolinggo, Jawa Timur, 67216, Indonesia

\*Corresponding author email: [fathuddin@upm.ac.id](mailto:fathuddin@upm.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima: 19 Januari 2022  
 Direvisi: 21 Februari 2022  
 Disetujui: 28 Februari 2022  
 Tersedia online: 15 Maret 2022

### ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with abundant natural resources that have the potential to become renewable energy at this time, the development of renewable energy is the focus of research because Indonesia is in the middle of the equator which makes more air movement, dependence on fossil fuels can be solved by using wind-powered energy. This study aimed to determine the performance of a horizontal axis windmill with a diameter of 30 cm with variations of 3 blades and 4 blades at a height of 22 meters from the ground. The results of the horizontal axis windmill research that has been carried out in this study can be seen that the wind speed at the 3 blade variation produces the lowest wind speed of 2.0 m/s with a blade rotation of 14.9 rpm and a generator output of 1.12 volts. The highest wind speed is 3.7 m/s with a blade rotation of 28.9 rpm and a generator output of 3.84 volts, while in variation 4 the lowest wind speed is 2.8 m/s with a blade rotation of 29.2 rpm and the generator output is 2.5 volts, while the highest wind speed is 4.3 m/s with a blade rotation of 42.2 rpm and the generator output is 4.9 volts.

*Keywords: wind turbine, horizontal axis, blade variatione.*

### ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang dengan sumber daya alam melimpah yang berpotensi menjadi energi terbarukan saat ini, pengembangan energi terbarukan bertenaga angin menjadi fokus penelitian dikarenakan Indonesia berada di tengah ekuador yang mendapatkan pergerakan udara lebih banyak, ketergantungan terhadap bahan fosil fuels dapat dipecahkan dengan menggunakan energi bertenaga angin. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui unjuk kerja kincir angin poros horizontal dengan diameter 30 cm dengan variasi 3 sudu dan 4 sudu pada ketinggian 22 meter dari permukaan tanah. Hasil penelitian kincir angin poros horizontal yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat diketahui bahwasanya kecepatan angin pada variasi 3 sudu menghasilkan kecepatan angin dengan nilai terendah 2,0 m/s dengan putaran sudu 14,9 rpm dan output generator 1,12 volt. Pada kecepatan angin tertinggi yaitu 3,7 m/s dengan putaran sudu 28,9 rpm dan output generator 3,84 volt, sedangkan pada variasi 4 sudu kecepatan angin paling rendah adalah 2,8 m/s dengan putaran sudu 29,2 rpm dan output generator sebesar 2,5 volt, sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 4,3 m/s dengan putaran sudu 42,2 rpm dan output generator 4,9 volt.

DOI: 10.26905/jtmt.v18i1.7931

Kata Kunci: turbin angin, sumbu horizontal, variasi sudu.

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya alam melimpah yang berpotensi menjadi energi terbarukan saat ini, pengembangan energi terbarukan bertenaga angin menjadi fokus penelitian dikarenakan Indonesia berada di tengah garis khatulistiwa yang mendapatkan pergerakan udara lebih banyak, sehingga kebutuhan terhadap bahan fosil dapat dipecahkan dengan menggunakan energi bertenaga angin [1]. Hasil mapping oleh Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional Indonesia

melaporkan bahwa kecepatan angin rata-rata di Indonesia diatas 5 m/s [2]. Salah satu pemanfaatan energi angin adalah menggunakan turbin angin yang banyak digunakan untuk kebutuhan pertanian, seperti untuk menggerakkan pompa untuk keperluan irigasi, serta kebutuhan akan energi, yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga angin [3]–[5]. Berbagai macam penemuan turbin angin sebagai pembangkit energi alternatif sudah ditemukan sejak lama dengan berbagai macam bentuk desain.

Tenaga listrik sebagai salah satu sistem energi mempunyai peranan penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Terlebih pada masa sekarang ini muncul tantangan dan dimensi-dimensi baru yang dihadapi umat manusia sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan aspek-aspek kehidupan yang harus dipenuhi akan tenaga listrik yang semakin meningkat [6]–[8]. Kebutuhan akan listrik sangatlah besar di daerah perkotaan maupun di pedesaan, sejalan dengan meningkatnya pembangunan kesejahteraan masyarakat berbagai upaya telah dilakukan untuk menyediakan listrik sampai pada pelosok-pelosok desa keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan hidup terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus tanggap untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya lain [2], [9]–[11].

Di kabupaten Probolinggo potensi energi angin sebagai pembangkit listrik sangat minim pemanfaatannya, karena pada umumnya masyarakat lebih mengenal pembangkit tenaga uap dibandingkan dengan energi angin, hal ini dikarenakan di Probolinggo bagian timur terdapat proyek PLTU tepatnya di desa Binor kecamatan Paiton kabupaten Probolinggo, oleh karena itu penulis berniat melakukan penelitian tentang kinerja kincir angin berporos horizontal dipinggiran laut di daerah Paiton tersebut yang juga bertujuan mengenalkan kepada masyarakat setempat bahwa potensi angin di kecamatan Paiton juga bisa dimanfaatkan sebagai energi terbarukan yang bisa menghasilkan listrik sebagai tenaga pembantu dari PLN.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di pesisir pantai di kecamatan Paiton kabupaten Probolinggo Jawa Timur di mulai dari bulan Maret hingga bulan Mei 2021

### 2.2. Alat dan Bahan

#### 1. Generator AC

Merupakan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik AC. Generator ini menggunakan permanen magnet sebagai rotor, sehingga medan magnet diperoleh dari permanen magnet itu sendiri. Tegangan listrik kemudian dialirkan melalui slip ring sehingga menghasilkan tegangan induksi bolak-balik.

#### 2. Baterai.

Baterai merupakan salah satu perangkat elektronik yang terdiri dari satu atau beberapa sel elektrokimia dengan koneksi eksternal yang disediakan guna memberikan daya pada perangkat listrik. Pada penelitian ini menggunakan baterai media penyimpanan energi listrik DC.

#### 3. Inverter.

Alat untuk mengkonversi dan menaikkan tegangan energi listrik (DC).

### 2.3. Bahan

1. Avometer
2. Anemometer
3. Tachomete
4. baterai 4,2 v
5. Voltmeter digital
6. Generator 12 v
7. Lampu LED
8. Paralon
9. Bearing
10. Baut
11. Kabel

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Desain Sudu

Sudu turbin yang digunakan pada penelitian ini disajikan seperti gambar 1. dengan mempertimbangkan tiga area utama yang diklasifikasikan berdasarkan aerodinamis dan structural fungsi:

1. Akar sudu. Transisi antara dudukan melingkar dan profil aerofoil pertama—bagian ini memikul beban tertinggi. Kecepatan angin relatifnya yang rendah disebabkan oleh radius rotor yang relatif kecil. Kecepatan angin yang rendah menyebabkan gaya angkat aerodinamis berkurang yang mengarah ke panjang chord yang besar [12]. Oleh karena itu profil sudu menjadi terlalu besar pada hub rotor. Masalah daya angkat yang rendah diperparah dengan kebutuhan untuk menggunakan bagian aerofoil yang terlalu tebal untuk meningkatkan integritas struktural di wilayah padat beban ini. Oleh karena itu, daerah akar sudu biasanya terdiri dari profil aerofoil yang tebal dengan efisiensi aerodinamis yang rendah.
2. Rentang tengah. Signifikan secara aerodinamis—rasio lift to drag akan dimaksimalkan. Oleh karena itu, gunakan bagian aerofoil yang paling tipis yang memungkinkan pertimbangan struktural [12].
3. Ujungnya. Penting secara aerodinamis—rasio angkat terhadap seret akan dimaksimalkan. Oleh karena itu, gunakan aerofoil yang ramping dan geometri ujung yang dirancang khusus untuk mengurangi kebisingan dan kerugian. Geometri ujung seperti itu belum terbukti di lapangan, bagaimanapun, mereka masih digunakan oleh beberapa produsen [12].



**Gambar 1.** Desain sudu turbin yang diterapkan

### 3.2. Data Hasil Pengujian Turbin

Berikut disajikan tabel hasil uji turbin yang sudah dirancang untuk melihat pengaruh kecepatan angin terhadap putaran sudu, output generator, arus dan daya yang dihasilkan.

**Tabel 1.** Hasil penelitian variasi 3 sudu.

No	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Sudu (rpm)	Output Generator (volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	2,0	14,9	1,12	1,03	1,15
2	2,2	17,6	1,60	1,50	2,40
3	2,2	17,9	1,96	1,60	3,14
4	2,3	19,6	1,99	1,60	3,18
5	2,4	23,9	2,40	1,70	4,08
6	2,9	26,3	2,70	1,90	5,13
7	3,1	28,2	2,78	2,04	5,67
8	3,2	29,8	3,01	2,07	6,23
9	3,4	33,9	3,20	2,10	6,72
10	3,7	39,2	3,84	2,60	9,98

**Tabel 2.** Hasil penelitian variasi 4 sudu.

No	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Sudu (rpm)	Output Generator (volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	2,8	25,1	2,50	1,10	2,75
2	3,1	22,0	3,10	1,20	4,04
3	3,2	24,5	3,30	1,31	4,32
4	3,3	26,4	3,37	1,37	4,62
5	3,4	29,3	3,56	1,38	4,91
6	3,5	32,6	3,57	1,38	4,93
7	3,8	42,8	3,77	1,50	5,66
8	4,0	51,2	3,81	1,66	6,32
9	4,2	60,3	4,50	2,72	12,24
10	4,3	64,7	4,90	2,92	14,30

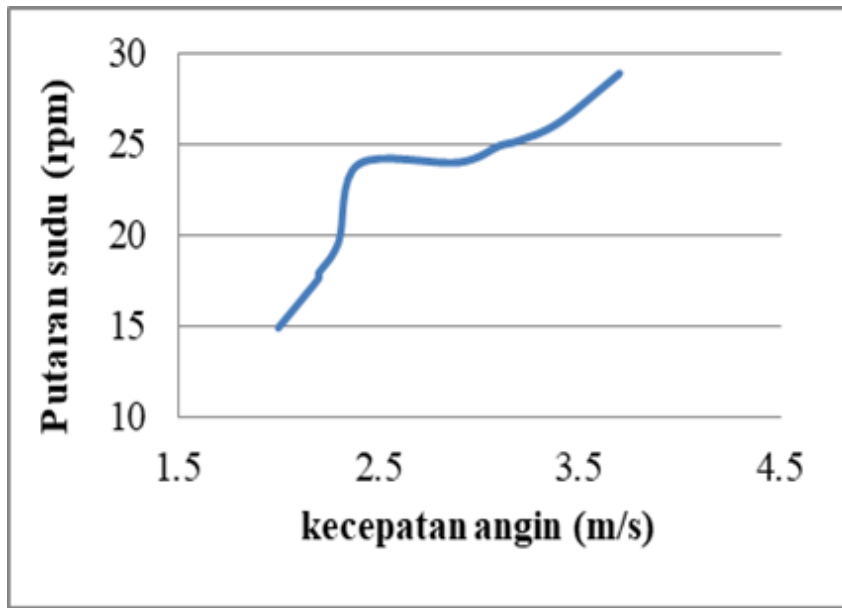
### 3.3. Pengaruh Kecepatan Angin Pada Variasi 3 Sudu

Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap putaran sudu pada gambar 2 menunjukkan pengaruh kecepatan angin terhadap kecepatan putaran sudu pada kecepatan angin terendah 2,0 m/s dan menghasilkan putaran sudu 14,9 rpm

dan nilai kecepatan angin tertinggi 3,7 m/s menghasilkan putaran sudu 28,9 rpm.

Dari gambar 2 menunjukkan pengaruh kecepatan angin terhadap kecepatan putaran sudu pada kecepatan angin terendah 2,0 m/s dan menghasilkan putaran sudu 14,9 rpm

dan nilai kecepatan angin tertinggi 3,7 m/s menghasilkan putaran sudu 28,9 rpm.

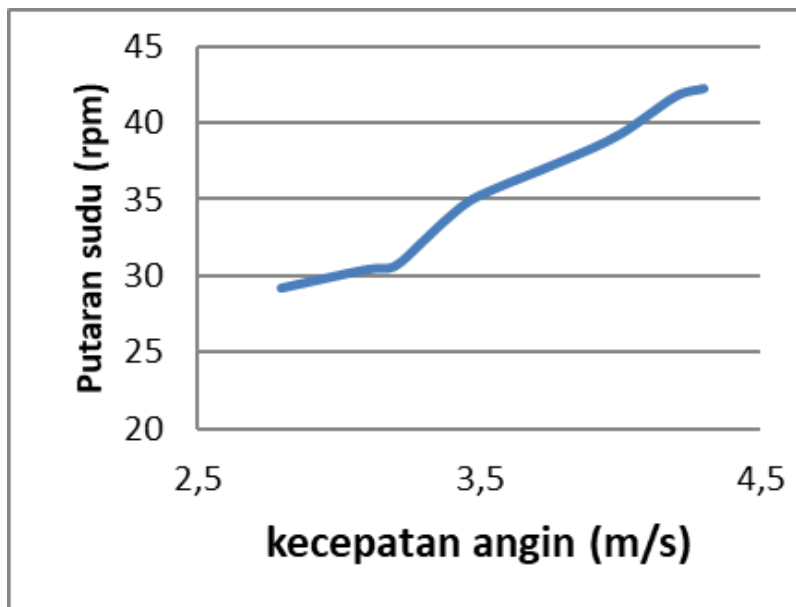


**Gambar 2.** Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap putaran sudu

#### 3.4. Pengaruh Kecepatan Angin Pada Variasi 4 Sudu

Grafik pada gambar 3 pengaruh kecepatan angin m/s terhadap kecepatan sudu rpm, pada kecepatan angin terendah 2,8 m/s dan menghasilkan putaran sudu 29,2 rpm dan nilai kecepatan angin tertinggi 4,3 m/s menghasilkan putaran sudu

42,2 rpm dapat di simpulkan bahwa semakin besar kecepatan angin yang di berikan maka semakin besar pula putaran kincir angin yang dihasilkan.

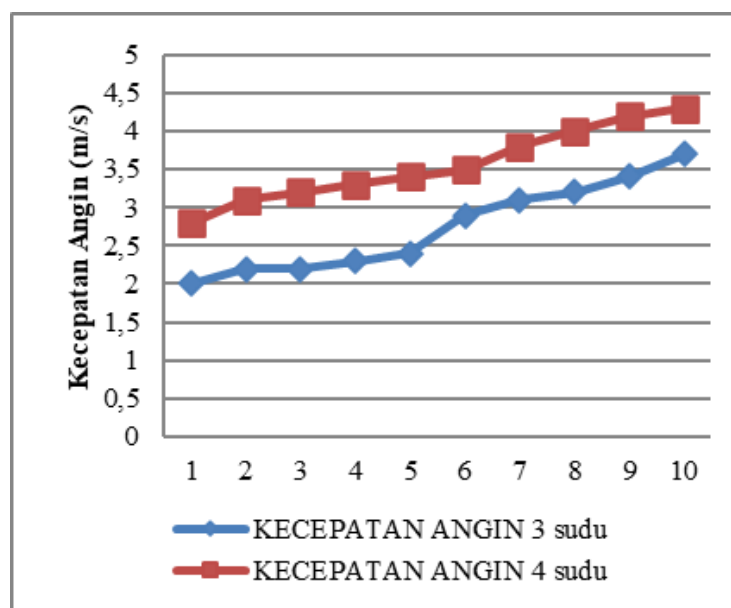


**Gambar 3.** Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap putaran sudu

#### 3.5. Perbandingan Pada Variasi 3 Sudu dan 4 Sudu

Dapat dilihat dari gambar 6 bahwa semakin banyak sudu maka semakin besar pula kecepatan angin yang dihasilkan. Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa

kecepatan maksimum kincir angin poros horizontal dengan variasi 3 sudu adalah 3,7 m/s, sedangkan kecepatan maksimum pada variasi 4 sudu adalah 4,3 m/s.



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Pada Variasi 3 Sudu dan 4 Sudu

### 3.6. Perhitungan Daya Lisrtik Yang Dihilangkan

1. Perhitungan daya pada kecepatan angin dengan 3 sudu terendah pada 2,0 (m/s)

$$\text{Dimana } P_e = I \cdot V$$

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai arus sebesar 1,03 ampere dengan nilai tegangan (V) sebesar 1,12 volt maka, besar nilai ( $P_e$ ) adalah:

$$P_e = I \cdot V$$

$$P_e = 1,03 \cdot 1,12$$

$$P_e = 1,1536 \text{ watt}$$

2. Perhitungan daya pada kecepatan angin dengan 3 sudu tertinggi 3,7 (m/s)

Berdasarkan data yang diperoleh nilai arus sebesar 1,2 ampere dengan nilai tegangan (V) sebesar 3,24 volt maka, besar nilai ( $P_e$ ) adalah:

$$P_e = I \cdot V$$

$$P_e = 1,2 \cdot 3,24$$

$$P_e = 3,888 \text{ watt}$$

3. Perhitungan daya pada kecepatan angin dengan 4 sudu terendah 2,8 (m/s)

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai arus sebesar 1,1 ampere dengan nilai tegangan (V) sebesar 2,5 volt, maka besar nilai ( $P_e$ ) adalah:

$$P_e = I \cdot V$$

$$P_e = 1,1 \cdot 2,5$$

$$P_e = 2,75 \text{ watt}$$

4. Perhitungan daya dengan kecepatan angin dengan 4 sudu tertinggi 4,3 m/s

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai arus sebesar 1,31 ampere dengan nilai tegangan (V) sebesar 4,9 volt, maka besar nilai ( $P_e$ ) adalah:

$$P_e = I \cdot V$$

$$P_e = 1,31 \cdot 4,9$$

$$P_e = 6,419 \text{ watt.}$$

### 3.7. Pembahasan

Data dari perbandingan tabel 4.1 dan tabel 4.2 menunjukkan kecepatan angin pada variasi 3 sudu dan 4 sudu, kecepatan angin pada variasi 3 sudu menghasilkan kecepatan angin dengan nilai terendah 2,0 m/s dengan putaran sudu 14,9 rpm dan output generator 1,12 volt. Pada kecepatan angin tertinggi yaitu 3,7 m/s dengan putaran sudu 28,9 rpm dan output generator 3,84 volt, sedangkan pada variasi 4 sudu kecepatan angin paling rendah adalah 2,8 m/s dengan putaran sudu 29,2 rpm dan output generator sebesar 2,5 volt, sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 4,3 m/s dengan putaran sudu 42,2 rpm dan output generator 4,9 volt.

Dari variasi jumlah sudu yang dilakukan pada penelitian ini terlihat memiliki karakteristik putaran yang berbeda satu sama lain. Pada jumlah sudu 4 lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu 3. Pada jumlah sudu yang lebih sedikit pada penelitian ini memiliki putaran lebih rendah dibandingkan dengan jumlah sudu 4 karena jarak antara sudu satu dengan yang lain terlalu jauh sehingga distribusi angin yang diterima oleh sudu tidak diterima secara maksimal karena banyak energi yang hilang melalui celah antar sudu [13].

Jika melihat data berdasarkan analisa statistik maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sudu semakin banyak pula energi angin yang ditangkap oleh sudu kincir angin poros horizontal dan otomatis semakin banyak pula daya yang didapat oleh kincir angin poros horizontal.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada kincir angin poros horizontal dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan kincir angin sumbu horizontal dengan variasi 3 sudu dan 4 sudu dengan menggunakan pipa pvc sebagai sudu dan pipa hollow sebagai penyangga kincir angin, pada penelitian ini terlihat memiliki karakteristik putaran yang berbeda satu sama lain. Pada jumlah sudu 4 lebih besar energi angin yang diterima dibandingkan 3 sudu.
- 2) Pengaruh kecepatan angin terhadap kinerja kincir angin, kecepatan angin pada variasi 3 sudu menghasilkan kecepatan angin terendah 2,0 m/s dengan putaran sudu 14,9 rpm dan output generator 1,12 volt, kecepatan angin pada variasi 3 sudu menghasilkan kecepatan angin terendah 2,0 m/s dengan putaran sudu 14,9 rpm dan output generator 1,12 volt. Pada variasi 4 sudu dengan kecepatan angin paling rendah adalah 2,8 m/s dengan putaran sudu 29,2 rpm dan output generator 2,5 volt, sedangkan pada kecepatan angin tertinggi 4,3 m/s dengan putaran sudu 42,2 rpm dan output generator 4,9 volt.
- 3) Besar listrik yang dihasilkan kincir angin poros horizontal dengan menggunakan variasi 3 sudu dan 4 sudu, pada variasi sudu 3 daya maksimal yang dihasilkan kincir angin pada ketinggian 2 meter adalah 3,88 watt, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan oleh kincir angin dengan variasi 4 sudu adalah 6,419.

Untuk meningkatkan optimasi kinerja disarankan melakukan hal sebagai berikut:

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh variasi sudu terhadap daya kincir angin poros horizontal.
- 2) Dalam pembuatan kincir angin poros horizontal, poros pada kincir harus lurus supaya poros berputar dengan stabil
- 3) Jika ingin penambahan sudu, sebaiknya menggunakan pipa PVC yang lebih tebal karena dibagian ujung bawah sudu yang paling rawan patah.

#### Referensi

- [1] M. M. M. Saad *et al.*, "Small Horizontal Axis Wind Turbine under High Speed Operation: Study of Power Evaluation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 914, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/914/1/012002.
- [2] M. S. Gibran and F. Rihlat, "Simulation of Inverse Taper Wind Turbine Blade and Transmission System for Indonesia Wind Condition," 2015.
- [3] S. Nugroho, L. Diana, J. Pratilastiarso, E. Trisianto, and A. I. Gunawan, "Experimental Study on Clark-Y Horizontal Axis Wind Turbine with Winglet," *Proc. - 2018 Int. Conf. Appl. Sci. Technol. iCAST 2018*, vol. 1, no. 1, pp. 613–616, 2018, doi: 10.1109/iCAST1.2018.8751587.
- [4] G. Dong, J. Qin, Z. Li, and X. Yang, "An Inverse Method for Wind Turbine Blade Design with Given Distributions of Load Coefficients," *Wind*, vol. 2, no. 1, pp. 175–191, 2022, doi: 10.3390/wind2010010.
- [5] M. Mohammadi, A. Mohammadi, and S. Farahat, "A New Method for Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Blade Optimization," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 5, no. 02, Feb. 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijred/article/view/10114>.
- [6] S. Akhai, P. Srivastava, and S. Sharma, "Developments in horizontal axis wind turbines - A brief review," *J. Crit. Rev.*, vol. 7, no. 19, pp. 255–260, 2020, doi: 10.31838/jcr.07.19.28.
- [7] A. R. Tullah, M. K. Dhiputra, and Soeharsono, "Stress analysis Pada Horizontal Axis Wind Turbine Blade," *POROS J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 01, pp. 41–45, 2014.
- [8] D. Nongdhar and B. Goswami, "Design of Micro Wind Turbine for Low Wind Speed Areas: A Review," *ADBU J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–47, 2018, [Online]. Available: [www.tinyurl.com/ajejee-adbu](http://www.tinyurl.com/ajejee-adbu).
- [9] B. D. Susilo, G. Jatisukamto, and M. N. Kustanto, "Characteristic Analysis of Horizontal Axis Wind Turbine Using Airfoil NACA 4712," *J. Mech. Eng. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 96–108, 2019, doi: 10.17977/um016v3i22019p096.
- [10] S. Widiyanto, S. Pramonohadi, and M. K. Ridwan, "Performance Analysis of Small Horizontal Axis Wind Turbine with Airfoil NACA 4412," *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 347–357, 2015.
- [11] H. Eftekhari, A. S. Mahdi Al-Obaidi, and S. Eftekhari, "Aerodynamic Performance of Vertical and Horizontal Axis Wind Turbines: A Comparison Review," *Indones. J. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 65–88, 2022, doi: 10.17509/ijost.v7i1.43161.
- [12] P. J. Schubel and R. J. Crossley, "Wind turbine blade design," *Energies*, vol. 5, no. 9, pp. 3425–3449, 2012, doi: 10.3390/en5093425.
- [13] B. Winarno, I. Basuki, and A. Safi'i, "Design Horizontal Axis Wind Turbine With Three Blades," *JEEMecs (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2018, doi: 10.26905/jeemecs.v1i1.2076.