



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS POTENSI ANGIN DI KECAMATAN MOJOLABAN KABUPATEN SUKOHARJO BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Jevri Ardianto^{1*}, Taufik Wisnu Saputra², dan Dinar Susilo Wijayanto³

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan Ilmu dan Pendidikan,
Universitas Sebelas Maret

Kampus V UNS, Kartasura, Sukoharjo

Email : Jevri321_8@student.uns.ac.id

Abstract

This research aims to (1) measure the IoT-based wind potential using wind speed and direction data collected through microcontrollers at heights of 6, 8, 10, and 12 meters; (2) determine the wind potential based on wind speed and direction in Mojolaban Sub-district; and (3) identify suitable wind turbine recommendations that align with the measurement area's conditions. The research was conducted using an experimental method. The data sources for this study include wind speed and direction measured using IoT-based microcontrollers. Purposive sampling was used for sample collection. The instruments used for data collection include anemometers for measuring wind speed and wind vanes for determining wind direction. Validation techniques involved using anemometers and compasses. The data analysis was performed using descriptive quantitative analysis. The research results indicate that the highest average wind speed occurs at a height of 12 meters. Mojolaban Sub-district has an average wind speed of 0.75 m/s, with the dominant wind direction from the north, and a maximum speed of 3.43 m/s. The wind potential in that area is not sufficiently high to be effectively utilized as a significant wind energy source due to its low level and insufficient magnitude. Vertical Savonius wind turbines are a suitable choice for harnessing low wind speeds in Mojolaban Sub-district.

Keywords: *Wind Potential, IoT, Microcontroller, Mojolaban.*

A. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan yang penting bagi manusia saat ini. Ditambah dengan bertambahnya populasi manusia kebutuhan listrik menjadi semakin meningkat (Mustika, 2020). Diperlukan energi alternatif

pengganti bahan bakar fosil yang dapat diperbaharui untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik. Munculnya energi terbarukan sebagai energi alternatif menjadi angin segar bagi kehidupan manusia yang dapat diperbaharui tanpa batas (Sih Setyono et al., 2019).

Negara Indonesia menjadi salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa yang menjadikan Indonesia memiliki potensi angin yang bertiup sepanjang tahun. Banyak wilayah di Indonesia yang berpotensi memanfaatkan energi angin untuk dijadikan sebagai sumber energi dengan cara mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik (Rajagukguk et al., 2021). Berdasarkan survei yang telah dilakukan Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) diperoleh rata-rata kecepatan angin di Indonesia per tahun sekitar 2 s.d. 6 m/s. Namun, pemanfaatan energi angin di Indonesia belum maksimal dikarenakan minimnya informasi mengenai kecepatan angin di seluruh wilayah Indonesia.

Mojolaban merupakan salah satu Kecamatan yang terletak di Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah. Minimnya informasi/data potensi angin di Mojolaban menjadi salah satu alasan mengapa pengukuran dilakukan di wilayah ini. Sejauh ini di Kecamatan Mojolaban energi angin belum dimanfaatkan seutuhnya.

Untuk mengetahui potensi angin pada suatu wilayah bisa dengan cara mengukur kecepatan angin pada wilayah tersebut. Ketersediaan data peta mengenai

potensi angin yang akurat pada suatu wilayah sangat diperlukan. Dengan adanya informasi dari peta potensi angin diharapkan memperoleh data kecepatan dan arah angin yang dapat dikonversi menjadi energi listrik.

Teknologi berbasis *Internet of Things (IoT)* merupakan pilihan yang tepat. *IoT* merupakan teknologi yang mampu menghubungkan benda-benda maupun sensor ke internet sehingga memungkinkan untuk memantau dan mengontrolnya dari jarak jauh (Wicaksono & Rahmatya, 2020). Salah satu teknologi yang berbasis *IoT* adalah Mikrokontroler. Teknologi mikrokontroler bisa digunakan sebagai salah satu sistem pendeteksi yang memiliki kelebihan bekerja secara otomatis dan *realtime* (Septiana & Wijaya, 2019).

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi angin di Mojolaban dengan teknologi mikrokontroler berbasis *IoT*. Dengan mikrokontroler nantinya didapat hasil dari pengukuran kecepatan dan arah angin yang tersimpan otomatis dalam *microSD card*. Selain itu, data yang diperoleh juga akan terkirim *online* secara otomatis dalam rentang waktu yang telah ditentukan untuk mempermudah pemantauan. Selanjutnya, informasi/data kecepatan dan arah angin

pengukuran digunakan sebagai acuan rekomendasi jenis turbin angin yang sesuai keadaan lokasi.

B. METODE

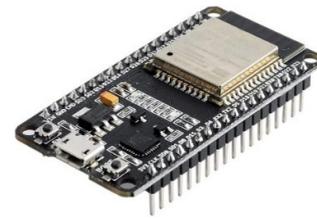
Metode dalam melaksanakan penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen. Sampel pada penelitian kali ini adalah kecepatan dan arah angin yang diukur dengan alat berbasis *IoT* menggunakan mikrokontroler dengan variasi empat ketinggian yaitu 6, 8, 10, dan 12 meter. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengukuran. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis analisis deskriptif kuantitatif.

1. Alat Penelitian

a. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif System dan kompatibel dengan Arduino IDE. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul *wifi* dan *Bluetooth Low Energy (BLE)*, menjadikannya pilihan yang tepat untuk sistem berbasis *Internet of Things (IoT)*. ESP32 digunakan untuk mengirim dan menerima data dari perangkat yang terhubung. Keunggulannya meliputi pin yang lebih banyak, kapasitas memori

yang lebih besar, serta penggunaan dan aplikasinya yang mudah.



Gambar 1. ESP32

b. *Speed Sensor Optocoupler*

Speed sensor optocoupler adalah jenis sensor yang menggunakan prinsip optik untuk mengukur kecepatan putaran atau gerakan pada suatu objek. Sensor ini terdiri dari pemancar cahaya dan perangkat penerima cahaya yang terisolasi secara elektrik. Dengan bantuan *speed sensor optocoupler*, pengguna dapat memantau kecepatan putaran objek dengan akurasi tinggi.



Gambar 2. *Sensor Optocoupler*

c. *Sensor Magnet (Hall Effect Sensor)*

Sensor efek *Hall* adalah komponen transduser yang dapat mengubah informasi magnetik menjadi sinyal listrik untuk

pemrosesan dalam rangkaian listrik. Sensor ini diaktifkan oleh medan magnet dan biasa disebut sebagai sensor magnet.



Gambar 3. Sensor Magnet

d. *Wind Vane*

Wind vane adalah sensor yang berbentuk seperti anak panah dan digunakan untuk mengetahui arah datangnya angin. Alat ini terdiri dari poros vertikal, ujung sebagai penunjuk arah angin, dan ekor sebagai penangkap angin. Ketika terkena angin, ekor *wind vane* akan terdorong ke arah angin tersebut, sehingga ujungnya akan menunjuk arah datangnya angin. Pada penelitian ini, *wind vane* digunakan untuk mengetahui arah angin.



Gambar 4. *Wind Vane*

e. *Real Time Clock (RTC)*

RTC adalah jam elektronik dalam bentuk *chip* yang dapat menghitung waktu mulai dari detik hingga tahun. Pada penelitian ini, *RTC* digunakan untuk mencatat hasil pengukuran kecepatan dan arah angin secara *real-time*.



Gambar 5. *Real Time Clock*

f. Modul *MicroSD Card*

Modul *microSD Card* adalah perangkat yang menggunakan sistem *SPI (Serial Parallel Interface)* untuk penulisan dan pembacaan data. Modul ini memiliki soket untuk menyambungkan kartu *microSD* dan enam pin untuk kekuasaan (*VCC* dan *GND*) serta komunikasi *SPI (MISO, MOSI, SCK, dan CS)*. Modul ini cocok untuk media penyimpanan data dan aplikasi data *logging*.



Gambar 6. Modul *MicroSD Card*

2. Bahan Penelitian

a. Alat Pengukur Kecepatan Angin

Pada penelitian ini, turbin angin *savonius* digunakan sebagai pengukur kecepatan angin dengan spesifikasi ditunjukkan tabel 1.

Tabel 1
Spesifikasi Anemometer

Spesifikasi	Keterangan
Tinggi rotor turbin	75 mm
Diameter rotor turbin	70 mm
Diameter poros	2 mm
Ketebalan <i>blade</i>	1 mm
Ketebalan <i>end plate</i>	1,5 mm
Diameter <i>end plate</i>	70 mm
Material <i>blade</i> turbin	ABS
Revolutions <i>blade</i>	0.25



Gambar 7. Alat Pengukur Kecepatan Angin

b. Alat Pengukur Arah Angin

Wind vane digunakan sebagai penentu arah angin yang telah diidentifikasi kecepatannya. Spesifikasi *wind vane* yang digunakan pada alat ini ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2

Spesifikasi Wind Vane

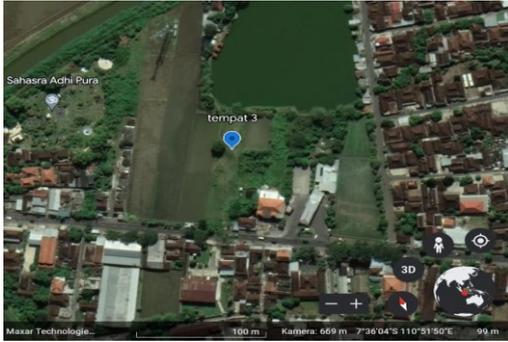
Spesifikasi	Keterangan
Panjang batang ekor	150 mm
Luas permukaan ekor	7.020,5 mm ²
Diameter poros	8 mm
Ketebalan poros	3 mm
Material ekor	<i>Akrilik</i>



Gambar 8. Alat Pengukur Arah Angin

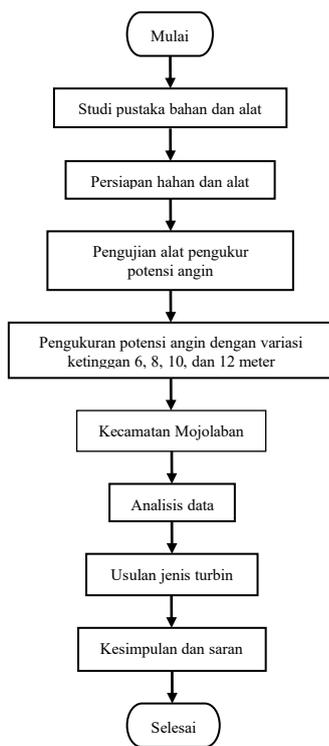
3. Tempat Penelitian

Kecamatan Mojolaban terletak di utara Kabupaten Sukoharjo dengan rata-rata tinggi wilayah 104 Mdpl. Luas wilayah Kecamatan Mojolaban adalah 35,54 Km². Lokasi yang digunakan sebagai lokasi penelitian pengambilan data potensi angin berada di Desa Wirun, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo pada titik koordinat 7°36'04"S dan 110°51'50"E dengan ketinggian 99 mdpl.



Gambar 9. Desa Wirun, Mojolaban

4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir

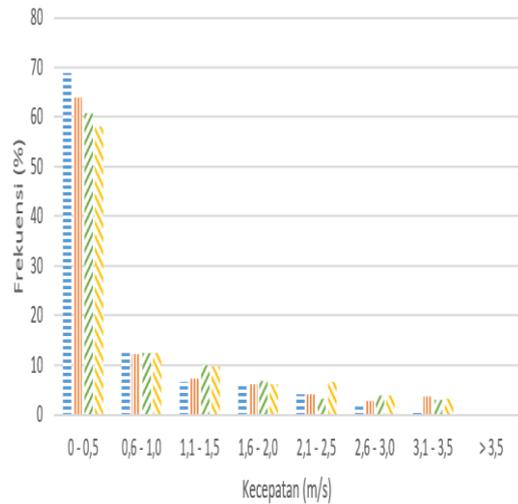
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data potensi angin di Kecamatan Mojolaban

a. Data kecepatan angin di Kecamatan Mojolaban

Data hasil dari pemasangan alat pengukur kecepatan angin yang dilakukan di Kecamatan Mojolaban

dalam kurun waktu 3 hari berturut-turut dengan 4 variasi ketinggian yaitu 6, 8, 10, dan 12 meter diperoleh 1732 data. Data hasil pengukuran ditunjukkan dengan interval kecepatan angin 0,5 m/s dalam frekuensi (%).

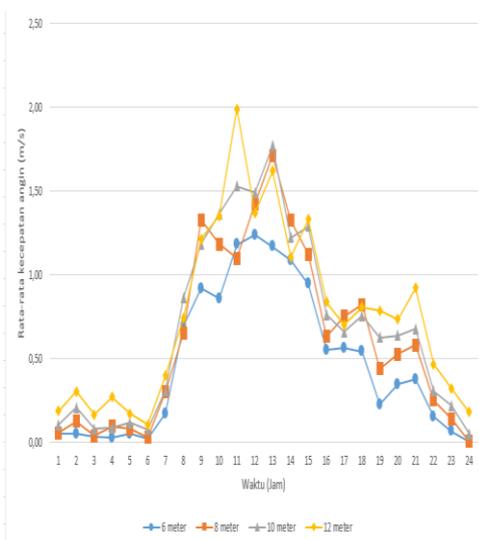


Gambar 11. Frekuensi Kecepatan angin

Dari kumpulan data yang ditunjukkan pada gambar 11, pada semua ketinggian frekuensi angin terbanyak terjadi pada interval 0 s.d. 0,5 m/s. Pada ketinggian 6 meter sebesar 68,75 % dengan total 297 data, ketinggian 8 meter sebesar 63,89 % dengan total 276 data, ketinggian 10 meter sebesar 60,65 % dengan total 262 data, dan ketinggian 12 meter sebesar 58,10 % dengan total 251 data. Dari data tersebut juga diketahui frekuensi kecepatan angin paling sedikit pada ketinggian 6 meter terjadi pada interval 3,1 s.d. 3,5 m/s sebesar

0,46 % dengan total 2 data, ketinggian 8 meter terjadi pada interval 2,6 s.d. 3,0 m/s sebesar 2,78 % dengan total 12 data, sedangkan pada ketinggian 10 dan 12 meter terjadi pada interval 3,1 s.d. 3,5 m/s sebesar 3,01 % dengan total 13 data dan sebesar 3,24 % dengan total 14 data.

Hasil pengukuran kecepatan angin selama 3 hari berturut-turut dapat dirata-rata (mean) dan dikelompokkan sesuai dengan waktu berhembusnya selama 24 jam yang ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Rata-rata Kecepatan Angin

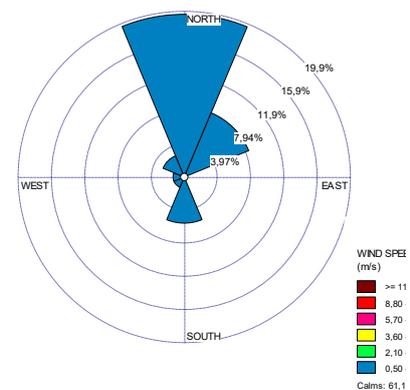
Hasil analisis kecepatan angin pada tanggal 16 s.d. 19 Juni 2023 yang ditunjukkan gambar 12 menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terjadi antara pukul 09.00 s.d. 15.00 WIB. Nilai kecepatan angin

minimum dan maksimum selama 3 hari pengukuran di 4 ketinggian yaitu di ketinggian 6 meter sebesar 0 m/s dan 1,24 m/s, di ketinggian 8 meter sebesar 0 m/s dan 1,71 m/s, di ketinggian 10 meter sebesar 0,05 m/s dan 1,77 m/s, di ketinggian 12 meter sebesar 0,10 m/s dan 1,99 m/s. Pada ketinggian 6 meter angin bertiup kencang pukul 12.00 WIB, pada ketinggian 8 dan 10 meter angin sama-sama bertiup kencang pukul 13.00 WIB, dan pada ketinggian 12 meter angin bertiup kencang pada pukul 11.00 WIB .

b. Data arah angin di Kecamatan Mojolaban

1) Arah angin di Ketinggian 6 meter

Hasil dari pemasangan alat untuk mengetahui arah angin di ketinggian 6 meter, didapat data arah angin yang ditunjukkan dengan *windrose* pada gambar 13.

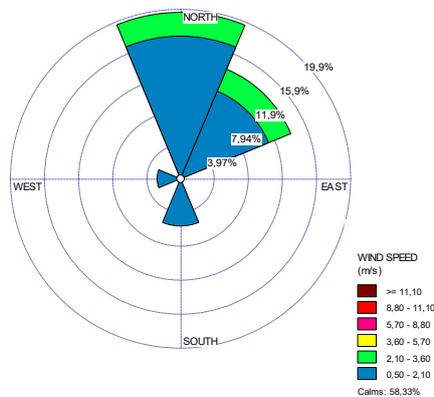


Gambar 13. *Windrose* Ketinggian 6 Meter

Pada gambar 13 menunjukkan diagram *windrose* di ketinggian 6 meter arah angin cenderung bertiup dari arah utara dengan interval kecepatan angin 0,5 s.d. 2,10 m/s yang ditunjukkan dengan warna biru.

2) Arah angin di ketinggian 8 meter

Hasil dari pemasangan alat untuk mengetahui arah angin di ketinggian 8 meter, didapat data arah angin yang ditunjukkan dengan diagram *windrose* pada gambar 14.



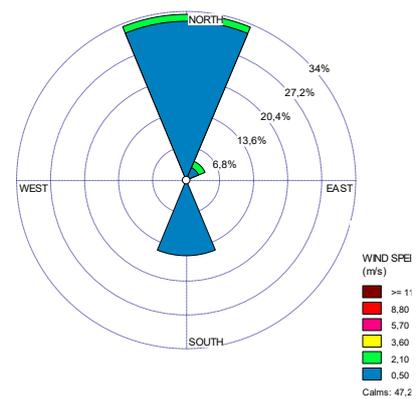
Gambar 14. *Windrose* Ketinggian 8 Meter

Pada gambar 14 menunjukkan diagram *windrose* di ketinggian 8 meter arah angin cenderung bertiup dari arah utara dengan kecepatan yang bervariasi. Interval kecepatan angin 0,5 s.d. 2,10 m/s ditunjukkan dengan warna biru dan interval kecepatan angin

2,10 s.d. 3,60 m/s ditunjukkan dengan warna hijau.

3) Arah angin di ketinggian 10 meter

Hasil dari pemasangan alat untuk mengetahui arah angin di ketinggian 10 meter, didapat data arah angin yang ditunjukkan dengan diagram *windrose* pada gambar 15.



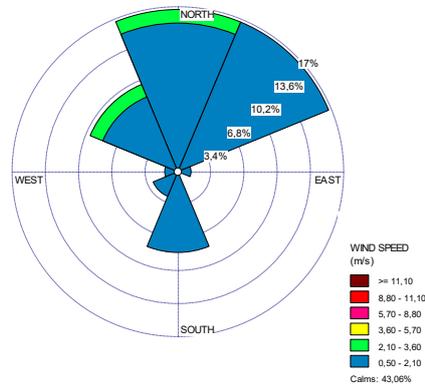
Gambar 15. *Windrose* Ketinggian 10 Meter

Pada gambar 15 menunjukkan diagram *windrose* di ketinggian 10 meter arah angin cenderung bertiup dari arah utara dengan kecepatan yang berbeda. Interval kecepatan angin 0,5 s.d. 2,10 m/s ditunjukkan dengan warna biru dan interval kecepatan angin 2,10 s.d. 3,60 m/s ditunjukkan dengan warna hijau.

4) Arah angin di ketinggian 12 meter

Hasil dari pemasangan alat untuk mengetahui arah angin di

ketinggian 10 meter, didapat data arah angin yang ditunjukkan dengan diagram *windrose* pada gambar 16.



Gambar 16. *Windrose*
Ketinggian 12 Meter

Pada gambar 16 menunjukkan diagram *windrose* di ketinggian 12 meter arah angin cenderung bertiup dari arah utara dan timur laut. Interval kecepatan angin 0,5 s.d. 2,10 m/s ditunjukkan dengan warna biru dan interval kecepatan angin 2,10 s.d. 3,60 m/s ditunjukkan dengan warna hijau.

Tabel 3
Data Rata-rata Kecepatan Angin

Ketinggian	Rata-rata kecepatan angin
6 meter	0,47 m/s
8 meter	0,61 m/s
10 meter	0,68 m/s
12 meter	0,75 m/s

Berdasarkan data rata-rata kecepatan angin di Kecamatan Mojolaban, ditemukan bahwa kecepatan angin

cenderung meningkat saat ketinggian turbin angin naik dari 6 meter hingga mencapai titik tertentu. Hal ini menunjukkan adanya potensi energi angin yang lebih tinggi pada ketinggian yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Pradipto & Tristanto, 2021), yang menyatakan bahwa potensi angin cenderung meningkat seiring dengan peningkatan ketinggian suatu wilayah. Rata-rata kecepatan angin tertinggi tercatat pada ketinggian 12 meter, yang mengindikasikan adanya potensi angin yang lebih tinggi pada ketinggian tersebut.

Tabel 4
Data Kecepatan Angin Maksimum

Ketinggian	Kecepatan angin maksimum
6 meter	3,06 m/s
8 meter	3,43 m/s
10 meter	3,43 m/s
12 meter	3,42 m/s

Berdasarkan tabel 4 menunjukkan adanya variasi kecepatan angin dengan peningkatan yang sedikit dari ketinggian 6 hingga 10 meter, dan kemudian menjadi stabil pada ketinggian 12 meter. Kecepatan angin cenderung meningkat dengan peningkatan ketinggian turbin angin hingga mencapai titik tertentu. Temuan ini sejalan dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa kecepatan angin

cenderung stabil pada pengukuran yang lebih tinggi (Cendrawati et al., 2015).

Tabel 5

Data Arah Angin Dominan

Ketinggian	Arah angin dominan
6 meter	Utara
8 meter	Utara
10 meter	Utara
12 meter	Utara, Timur Laut

Berdasarkan data pengukuran arah angin pada berbagai ketinggian di Kecamatan Mojolaban, terlihat bahwa arah angin umumnya bertiup dari arah utara. Pada ketinggian 6 meter, 8 meter, dan 10 meter, arah angin tetap konsisten dari arah utara. Namun, terdapat perubahan arah angin pada ketinggian 12 meter, dimana angin bertiup tidak hanya dari arah utara, tetapi juga dari arah timur laut. Perubahan arah angin pada ketinggian 12 meter dapat disebabkan oleh adanya pengaruh vegetasi dan bangunan yang dapat menyebabkan hambatan kecepatan dan arah angin. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Triono et al., 2018), yang menyatakan faktor yang dapat menyebabkan hambatan kecepatan dan arah angin adalah vegetasi, bangunan, dan koordinat.

Rata-rata kecepatan angin tertinggi di Kecamatan Mojolaban pada ketinggian 12 meter mencapai 0,75 m/s dengan kecepatan maksimum 3,43 m/s sehingga tergolong rendah dan belum dapat

dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga angin (bayu). Dari pengukuran pada ketinggian 6, 8, 10, dan 12 meter, tidak ada yang memiliki potensi angin yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan.

Sebagai alternatif, turbin angin vertikal jenis *savonius* cocok digunakan pada kecepatan angin rendah di Kecamatan Mojolaban. Menurut Pamungkas et al., (2017), turbin angin vertikal jenis *savonius* cocok untuk kecepatan angin rendah. Turbin angin *savonius* heliks dengan 2 sudu dan *end plate* dapat digunakan. Penggunaan *end plate* akan mempengaruhi *cut-in speed*, yaitu kecepatan angin terendah yang diperlukan untuk menggerakkan turbin angin *savonius* heliks. Variasi turbin *savonius* heliks dengan *end plate* memiliki *cut-in speed* sebesar 1,905 m/s (Prasetya et al., 2022).



Gambar 17. Turbin Angin *Savonius* Heliks

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dipaparkan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Kecamatan Mojolaban memiliki potensi angin dengan rata-rata kecepatan tertinggi terjadi pada ketinggian 12 meter sebesar 0,75 m/s, dengan arah angin dominan dari utara, dan kecepatan maksimum mencapai 3,43 m/s. Namun, potensi angin di wilayah tersebut masih rendah secara keseluruhan dan tidak mencukupi untuk dimanfaatkan secara efektif sebagai sumber energi angin yang efisien. Di sisi lain, untuk memanfaatkan kecepatan angin rendah di Kecamatan Mojolaban, turbin angin vertikal jenis *savonius* dapat menjadi pilihan yang digunakan.

Saran

Penelitian selanjutnya terkait pengukuran angin yang akurat memerlukan pengumpulan data dalam jangka waktu yang lama untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang variasi angin pada berbagai waktu, seperti musim, siang-malam, dan perubahan cuaca. Diperlukan penelitian mengenai pemanfaatan energi terbarukan, seperti energi matahari, sebagai alternatif energi di Kecamatan Mojolaban karena potensi

angin di sana tidak mencapai tingkat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Cendrawati, D. G., Soekarno, H., & Nasution, S. (2015). Potensi energi angin di kabupaten serdang bedagai, provinsi sumatera utara. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(1), 15–28.
- Mustika, L. (2020). Pengembangan Media Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 3(2), 20. <https://ejournalunsam.id/index.php/JPF/S>
- Pamungkas, S. F., Wijayanto, D. S., & Saputro, H. (2017). Pengaruh variasi penambahan fin terhadap cut in speed turbin angin Savonius tipe S. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 2(1), 169–178. <http://www.iieta.org/download/file/fid/8657>
- Pradipto, E., & Tristanto, K. (2021). Ketahanan sistem struktur bangunan terhadap angin studi kasus: Mbaru Niang di Desa Wae Rebo, Kabupaten Manggarai, NTT. *Jurnal Arsitektur Pendapa*, 4(1), 01–07. <https://doi.org/10.37631/pendapa.v4i1.276>
- Prasetya, H. Y., Wijayanto, D. S., & Saputro, T. W. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu dan Penggunaan End Plate terhadap Cut in Speed Turbi Angin Savonius Heliks. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 4(1), 91 – 98. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/nozel.v4i2.72230>
- Rajagukguk, A., Bagaskoro, A., Elektro, T., Riau, U., Bina Widya Jl Soebrantas KM, K. H., Kunci, K., Angin, K., & logger, D. (2021). Rancang Bangun Data Logger Kecepatan Angin Untuk 4 Level

- Ketinggian Berbasis Arduino.
 Antonius Rajagukguk, SNTEM,
 1(November), 808–818.
- Septiana, Y., & Wijaya, S. J. (2019).
 Perancangan Prototype Alat
 Pendeteksi Kelajuan dan Arah Angin
 Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal
 Algoritma*, 15(2), 51–60.
<https://doi.org/10.33364/algoritma/v.15-2.51>
- Sih Setyono, J., Hari Mardiansjah, F., &
 Febrina Kusumo Astuti, M. (2019).
 Potensi Pengembangan Energi Baru
 Dan Energi Terbarukan Di Kota
 Semarang. *Jurnal Riptek*, 13(2), 177–
 186. <http://ripteck.semarangkota.go.id>
- Triono, N., Farid, M., & Medrianti, R.
 (2018). Pembelajaran menggunakan
 media karakteristik sebaran
 temperatur udara dan kecepatan angin
 di pesisir pantai Kota Bengkulu.
*PENDIPA Journal of Science
 Education*, 2(2), 123–130.
<https://doi.org/10.33369/pendipa.2.2.123-130>
- Wicaksono, M. F., & Rahmatya, M. D.
 (2020). Implementasi Arduino dan
 ESP32 CAM untuk Smart Home.
Jurnal Teknologi Dan Informasi,
 10(1), 40–51.
<https://doi.org/10.34010/jati.v10i1.2836>