



Pengaruh Variasi Kemiringan Sudut Sudu Pengarah Angin 20°, 40°, dan 60° terhadap Tingkat Efisiensi Turbin Angin Sumbu Vertikal

The Influence of Variation of Tilt Angle of 20°, 40°, and 60° Wind Guiding Blades on Efficiency Level of Vertical Axis Wind Turbine

Dendroimas Nandang Kaputra^{1,a)}, Kosjoko¹, Ardhi Fathoni Syam Putra Nusantara¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember

^{a)}Corresponding author: dendroimas77@gmail.com

Abstrak

Energi listrik adalah suatu energi yang berpengaruh besar bagi kehidupan manusia. Pembangkit listrik sendiri masih sangat ketergantungan dengan menggunakan energi fosil, sedangkan persediaan bahan bakar fosil untuk saat ini semakin menipis, sehingga dibutuhkan energi alternatif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil untuk mendapatkan energi listrik. Wilayah Indonesia sendiri memiliki kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3-6m/s. Oleh karena itu dibutuhkannya sistem konversi energi angin yang sesuai dengan profil kecepatan angin di wilayah Indonesia. Penggunaan energi angin sendiri bukan penemuan yang baru lagi oleh umat manusia. Sejak tahun 2000 manusia sudah memanfaatkan energi air dan angin sudah dikenal sejak dulu dalam bentuk turbin angin (*windmills*). Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu dengan menggunakan variasi 4 sudu pelat pengarah angin dengan kemiringan 40° menghasilkan daya listrik sebesar 0,64 watt. Sedangkan efisiensi terbaik turbin angin *savonius* di dapat pada variasi 4 sudu pengarah angin dengan kemiringan sudu pelat 40° dengan nilai efisiensi 2,44% dikarenakan memiliki komparasi yang baik antara jarak kerengangan sudu dengan aliran turbulensi angin.

Kata Kunci: energi angin; turbin angin; variasi pengarah angin

Abstract

Electrical energy is an energy that has a big impact on human life. Power plants themselves are still very dependent on using fossil energy, while the supply of fossil fuels is currently running low, so alternative energy is needed to replace the use of fossil fuels to get electrical energy. Indonesian territory has an average wind speed of 3-6m/s. Therefore, a wind energy conversion system is needed that is in accordance with the wind speed profile in the territory of Indonesia. The use of wind energy it self is not a new discovery by mankind. Since 2000 humans have used water and wind energy, which has been known for a long time in the form of wind turbines (*windmills*). The result obtained from this study are by using a variation of 4 blade wind guide plates with a plate slope of 40° to produce an electric power of 0.64 watt. While the best efficiency of the Savonius wind turbine is obtained in a variation of 4 wind guide blades with a plate blade slope of 40° with an efficiency value of 2.44% because it has a good comparison between the distance of the blade strain and the flow of wind turbulence.

Keywords: wind energy; wind turbine; variation of wind direction

PENDAHULUAN

Energi adalah suatu energi yang sangat berpengaruh besar bagi kehidupan manusia. Pembangkit listrik sendiri masih sangat ketergantungan dengan menggunakan energi fosil, dan energi fosil untuk saat ini

ketersediaannya semakin menipis, sehingga dibutuhkan energi terbarukan untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil untuk mendapatkan energi listrik. Penggunaan bahan bakar fosil dapat menimbulkan permasalahan yang mengakibatkan berkurangnya cadangan minyak bumi, yang berakibat pada besarnya permintaan dari produksi.

Konsumsi listrik sendiri khususnya wilayah Indonesia mengonsumsi sebanyak 8,3% per tahun. Penggunaan bahan bakar fosil juga akan berdampak terhadap lingkungan dalam hal emisi CO₂ dan akan terjadi pemanasan global [1]. Penggunaan energi fosil berdampak pula pada persoalan dalam lingkungan dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang di timbulkan oleh efek rumah kaca yang akan meningkatkan pemanasan global (*global warming*) hujan asam [2].

Permintaan minyak bumi di dunia maupun di negara Indonesia sendiri untuk saat ini sangat meningkat pesat yang diakibatkan oleh meningkatnya jumlah penduduk, perekonomian meningkat, kebutuhan akan listrik meningkat. Dilihat dari kondisi saat ini berpotensi di kelangkannya alat pembangkit listrik yaitu turbin angin yang mana memanfaatkan energi angin sebagai penggerak generator yang nantinya akan menghasilkan listrik Di kabupaten Jember sendiri memiliki potensi dirikannya Turbin Angin, tetapi memiliki satu masalah utama yaitu memerlukan cara supaya dapat mengetahui karakter angin yang nantinya akan di gunakan acuan mendirikan pembangkit listrik tenaga *bayu* (PLTB), juga dibutuhkan waktu sangat lama untuk mengetahui karakter angin dan kondisi angin di wilayah yang akan dibangun PLTB. Di perlukan analisis sesuai konsep perencanaan dibangunnya PLTB yang memadai. Kecepatan angin di wilayah pantai selatan kabupaten Jember (pantai watu ulo) berkisar 4.209 ms². Sedangkan penelitian sebelumnya yang meneliti di pantai watu ulo mendapatkan nilai parameter (k) sebesar 2.561 dan untuk skala (c) sebesar 4.863. Pantai watu ulo sendiri memiliki karakter angin yang sedang dengan tiupan angin sedikit kencang [3].

Laut bagian selatan yang berada di kabupaten jember berpotensi untuk pembangunan turbin angin disebabkan memiliki potensi angin yang sangat besar mendukung untuk berdirinya turbin angin. Untuk mengetahui parameter karakter angin dapat digunakan analisis Weibull. Pantai Puger sendiri memiliki karakter dengan kecepatan angin rata-rata 1.3-15.0 m/s. dapat disimpulkan bahwa karakter distribusi probabilitasnya dapat dengan mudah dibuat sebuah kurva Weibull digunakannya parameter 1-from (k) sebesar 3.068 dan parameter skala (c) sebesar 7.807. Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan rata-rata angin yang dapat digunakan antara 3,5-10,5 m/s sampai tertinggi di angka 91,11%. Masih mempunyai potensi untuk mendirikan PLTB menggunakan turbin angin yang berukuran kecil sampai yang berukuran sedang. Dilihat dari potensi daya yang dihasilkan dengan kecepatan angin rata-rata 6.1 m/s dapat menghasilkan daya sebesar 3025 Watt. Nilai sebesar 3025 berguna untuk acuan apabila menggunakan turbin yang semakin besar [4].

Pembangkit listrik sebelumnya digunakan oleh para petani untuk mempermudah kerja saat menggiling padi, dan biasanya juga digunakan untuk pengairan sawah dan sungai. Pembangkit listrik tenaga angin sudah di kenal sejak dahulu di negara bagian eropa khususnya di sana banyak dibangun kincir angin dan mulai dikembangkan untuk mendapatkan pasokan listrik yang lebih besar menggunakan konsep konversi energi dan energi terbarukan. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa yang dikenal dengan sebutan Windmill [5],[6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi turbin angin *savonius* menggunakan variasi sudut pengarah angin menggunakan variasi 2, 4, dan 6 sudut pengarah angin dengan kemiringan 20°, 40° dan 60° dengan kecepatan angin 6m/s. Analisa hasil perbandingan tersebut mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bowo Agung Wicaksono dan Eva H. Herraprastanti (2021), tentang uji eksperimen pengaruh sudut sudut pengarah terhadap unjuk kerja turbin angin dengan menggunakan variasi sudut pengarah angin 50°, 60°, dan 70° dengan kecepatan angin 5 m/s[7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental, yaitu efisiensi turbin angin *savonius* sumbu vertikal menggunakan variasi sudut pelat pengarah angin 20°, 40° dan 60° terhadap generator tenaga *bayu* yang di uji kinerjanya di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember. Kemudian menyiapkan bahan penelitian sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan sesuai dengan turbin angin yang akan dilakukan uji coba. Pengujian turbin angin sendiri dilakukan menguji turbin dengan variasi jumlah sudut pengarah angin dengan kemiringan sudut terbaik dari uji coba turbin angin *savonius* yang mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh generator, untuk desain turbin dapat dilihat pada [Gambar 1](#), [Gambar 2](#), [Gambar 3](#), dan [Gambar 4](#). Daya yang dapat dihasilkan oleh angin (daya angin) energi persatuan waktu. Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, kubik [8] dilihat dari persamaan di bawah ini:

$$P_A = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (1)$$

Keterangan:

P_A = Daya angin (watt)

ρ = Densitas udara (1,1543 kg/m³)

A = Luas penampang kincir (m²)

V = Kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik dari udara dengan massa “m” yang bergerak dan kecepatan “V” [9] dapat dilihat persamaan

di bawah ini:

$$P_{\text{generator}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ (Joule)} \quad (2)$$

Dengan:

- E = energi (joule)
- m = massa udara (kg)
- v = kecepatan angin (m/s)

Daya generator adalah besaran daya elektrik yang dapat dibangkitkan oleh generator akibat putaran pada rotor generator [10] dapat dilihat rumus perhitungan sebagai berikut :

$$P_{\text{generator}} = C_p \cdot \frac{1}{2} \rho a \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_{\text{gearbox}} \cdot \eta_{\text{generator}} \quad (3)$$

Dengan :

η_{gearbox} = Efisiensi gearbox/ transmisi mekanik

$\eta_{\text{generator}}$ = Efisiensi generator

Efisiensi sistem merupakan perbandingan daya generator angin dan daya angin dari turbin angin [11] dengan persamaan di bawah ini :

$$\eta_{\text{sis}} = + \frac{P_{\text{gen}}}{P_{\text{angin}}} \times 100 \% \dots \quad (4)$$

Keterangan:

η_{sis} = Efisiensi sistem (%)

P_{gen} = Daya generator (watt)

P_{in} = Daya angin (watt)

Alat penelitian

1. Takometer

Penggunaan alat ini adalah sebagai penghitung rotasi poros. Takometer yang digunakan adalah takometer digital KW06-563 yang bekerja dengan memancarkan cahaya untuk membaca sensor dalam bentuk pemantul cahaya yang diletakkan pada poros. Takometer sendiri diambil dari Bahasa Yunani yang mempunyai arti “tachos” yang mempunyai arti kecepatan sedangkan “metros” artinya mengukur, contohnya perputaran mesin yang terdapat pada sepeda motor. Takometer jenis ini memiliki prinsip kerja dengan menggunakan sinar laser pada benda kerja sehingga akan menunjukkan hasil pengukuran pada layar [12].

2. Avometer

Avometer YX-1000A alat ukur untuk mengukur keluaran daya kelistrikan pada generator. Avometer sendiri berasal dari kata Avo dan juga meter “A” ampere, “V” volt, “O” ohm. Salah satu alat elektronik ini

digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap tegangan listrik serta tahanan (Resistensi) [13].

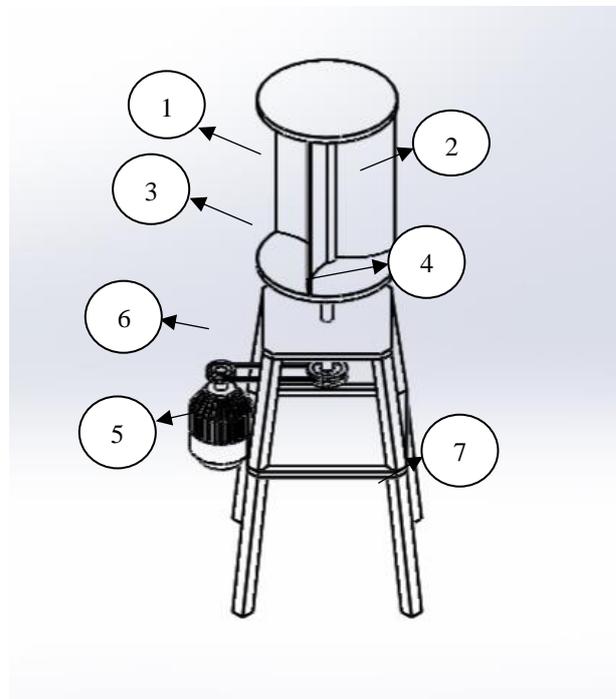
3. Anemometer

Anemometer GM816 berfungsi sebagai alat pengukur kecepatan angin. Anemometer sendiri biasanya digunakan oleh BMKG, Anemometer sendiri diambil dari bahasa Yunani yaitu anemos yang artinya angin. Mengetahui bagaimana kondisi lingkungan di sekitar kita sangatlah penting yang bergerak (angin) dengan mengukurnya dengan menggunakan anemometer [14].

Bahan-Bahan Penelitian

- a) Plat aluminium tebal 2mm, Ukuran 122 x 244 cm.
- b) Generator DC 12 Volt dengan out put max 350 watt, 300rpm.
- c) Besi silinder diameter 20 mm dan panjang 75 cm.
- d) Pulley.
- e) Mur dan baut diameter ukuran 10 mm, 12 mm, 14 mm, dan 17 mm.
- f) Lampu uji coba LED 3 Watt berjumlah dua buah.

Desain Turbin



Gambar 1. Desain 3D turbin angin

Keterangan:

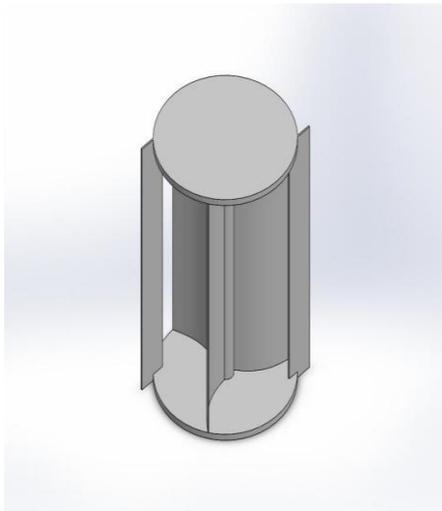
1. Baling-baling sudu diameter 45 cm.
2. Sudu pengarah angin tinggi 75 cm.
3. Penyangga sudu pengarah atas dan bawah diameter 45 cm.
4. Poros dengan panjang 50 cm.
5. Generator DC 12 Volt
6. V-belt.
7. Kaki penyanggah Turbin panjang 50cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

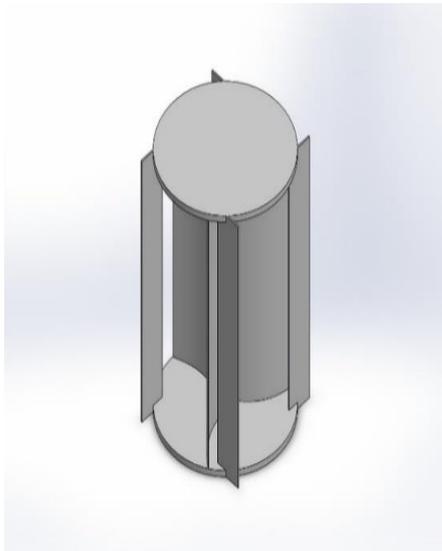
Tabel 1. Hasil pengujian turbin angin

Sudut Sudu	Data Hasil Penelitian				Daya Angin (Watt)	Daya Generator (Watt)
	Kecepatan Angin	Putaran Poros (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)		
20°	6	58	7	0,06	26,2	0,42
40°	6	68	8	0,08	26,2	0,64
60°	6	55	6	0,05	26,2	0,30

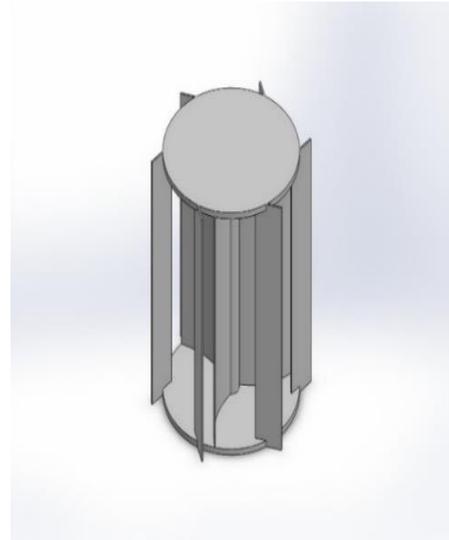
Hasil pengukuran perbandingan turbin angin dengan variasi kemiringan sudut sudu pengarah angin 20°, 40°, dan 60°. Pada kecepatan angin 6 m/s, seperti pada Tabel 1 di atas. Proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9 di bawah ini:



Gambar 2. Desain variasi 2 sudu pengarah



Gambar 3. Desain variasi 4 sudu pengarah



Gambar 4. Desain variasi 6 sudu pengarah



Gambar 5. Perakitan turbin



Gambar 6. Pengujian turbin



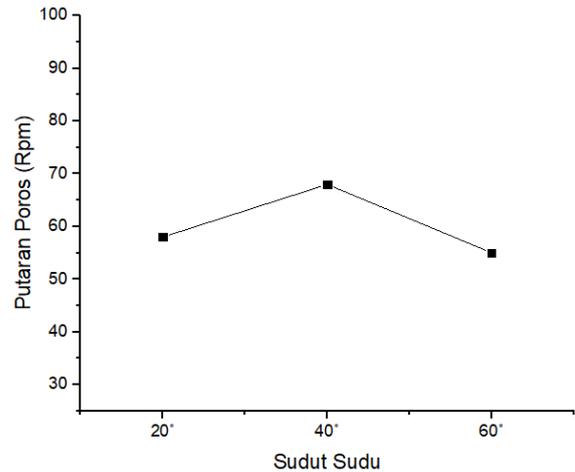
Gambar 7. Pengujian tip speed ratio



Gambar 8. Pengujian kecepatan angin

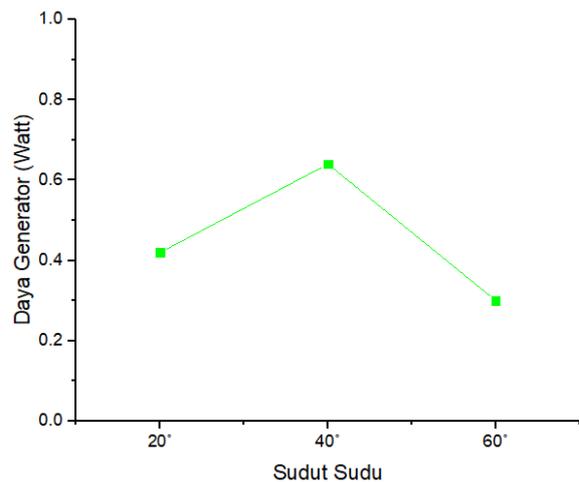


Gambar 9. Pengujian daya listrik pada turbin menggunakan avometer



Gambar 10. Data hasil perbandingan putaran poros turbin angin variasi sudut sudu pengarah 20°, 40°, dan 60°.

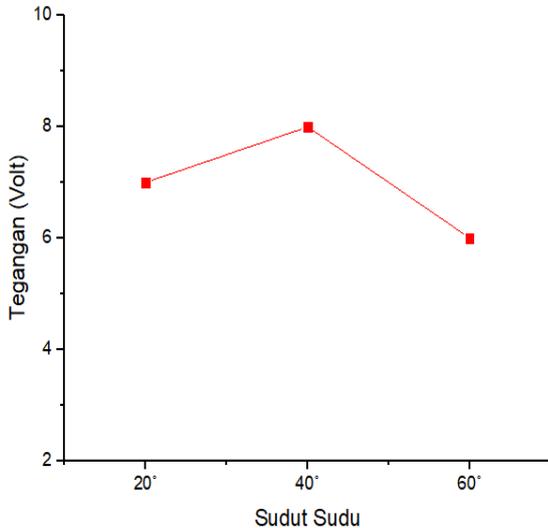
Berdasarkan dari Gambar 10. data perbandingan di atas, didapatkan hasil dari variasi 20° sudu pengarah sebesar 58 Rpm, variasi 40° sudu pengarah sebesar 68 Rpm dan variasi 60° sudu pengarah sebesar 55 Rpm. Hal ini dikarenakan turbin dengan variasi 40° sudu pengarah mempunyai jarak keregangan yang menjadikan aliran turbulensi angin relative kecil sehingga mampu meningkatkan gaya momen serta mengurangi daya hambat angin.



Gambar 11. Grafik perbandingan daya generator

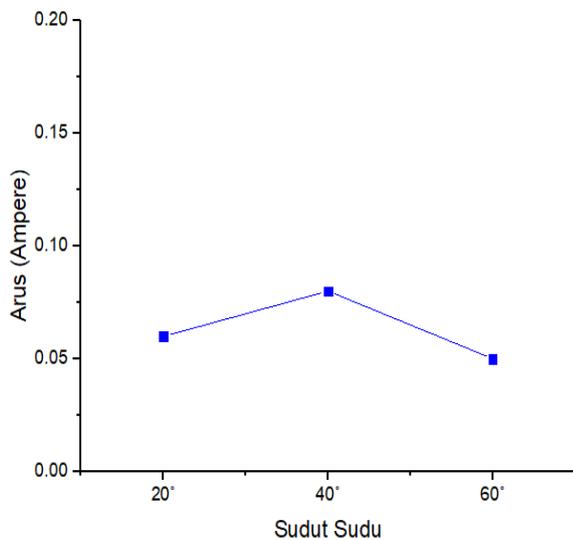
Berdasarkan dari Gambar 11. data perbandingan, hasil terbaik diatas dapat dilihat bahwa Daya Generator paling tinggi didapatkan pada turbin angin dengan variasi kemiringan 40° sudu pengarah sebesar 0,64 Watt. Dan hasil paling rendah didapatkan pada turbin angin dengan variasi kemiringan 60° sudu pengarah sebesar 0,30 Watt. Sedangkan penelitian yang di lakukan oleh , hasil tertinggi yaitu menggunakan variasi kemiringan 50° dengan menghasilkan daya generator sebesar 3,86 Watt. Sedangkan daya generator terendah didapat pada variasi 70° yaitu sebesar 2,67 Watt.

Data hasil perbandingan diatas dapat dilihat perbandingan bahwa semakin sedikit sudut pengarah angin yang digunakan maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada turbin angin variasi 40° sudut pengarah mempunyai jarak keregangannya yang menjadikan aliran turbulensi angin relatif kecil sehingga mampu meningkatkan gaya momen serta mengurangi daya hambat angin.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Dengan Tegangan Listrik.

Berdasarkan Gambar 12. hubungan antara kecepatan angin dengan tegangan listrik menggunakan variasi sudut pengarah angin 2, 4, dan 6 kemiringan sudut pelat 20°, 40°, dan 60°. Dengan menggunakan 4 sudut pengarah angin dengan menggunakan variasi kemiringan 40° menghasilkan tegangan listrik tertinggi 8 Volt.



Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin Dengan Arus Listrik

Berdasarkan Gambar 13. menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dengan arus listrik. Dapat dijelaskan bahwa kecepatan angin berpengaruh terhadap arus listrik, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar arus listrik yang dihasilkan. Dapat disimpulkan dari gambar grafik di atas bahwa menggunakan variasi 4 sudut pengarah angin dengan kemiringan sudut 40° menghasilkan arus listrik tertinggi 0,08 Ampere.

PENUTUP

Simpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah sudut, kemiringan sudut pengarah, dan kecepatan angin mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan. Data hasil penelitian paling tinggi didapat pada turbin angin dengan variasi kemiringan 40° sudut pengarah, dengan kecepatan angin 6 m/s yang menghasilkan Daya Generator 0,64 Watt dan putaran poros 68 Rpm. Sedangkan penelitian yang paling rendah didapat pada turbin angin dengan variasi kemiringan 20° sudut pengarah yaitu menghasilkan Daya Generator 0,30 Watt dan putaran poros 58 Rpm. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terbaik menggunakan kemiringan 40° sudut sudut pengarah dengan nilai efisiensi 2,44%. Sedangkan penelitian terdahulu dengan menggunakan variasi 30°, 45°, 60° didapat nilai koefisien daya tertinggi sebesar 2,0% menggunakan kecepatan angin 5 m/s [15].

Saran

Perlu dilakukan beberapa modifikasi dari bentuk dan pemilihan bahan sudut, agar lebih efisien dalam menangkap laju angin dan untuk pemilihan variasi jumlah sudut pengarah angin dan kemiringan sudut pengarah angin, bisa dikembangkan kembali agar mendapat perbandingan yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Asroful, "Strategi Pengembangan Kecamatan Tapen Kabupaten Bondowoso Berbasis Energi Minihidro," *J-Proteksion*, vol. 5, no. 1, pp. 6–15, 2020.
- [2] A. I. Agung, "Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 892–897, 2013.
- [3] M. Arif and T. Hardianto, "Aplikasi Energi Terbarukan Melalui Pengukuran Potensi Angin dengan Metode Analisis Weibull pada Pantai Puger Jember," *Elektron. J. Arus Elektro Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–34, 2015.
- [4] A. Septiyanto, "J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah

dan Teknologi Teknik Mesin,” *J-Proteksion*, vol. 4, no. 13, pp. 1–6, 2020.

- [5] A. Razak, H. Ibrahim, and A. Rahman, “Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal,” *Semin. Nas. Mesin dan Ind. (SNMI XII) 2018*, no. April, pp. 21–29, 2018.
- [6] A. Turbin, A. Sumbu, and V. Dengan, “Muhammad Suprpto,” vol. 02, no. 01, pp. 52–57, 2016.
- [7] E. H. Wicaksono, B. A., & Herrapstanti, “Uji Eksperimen Pengaruh Sudut Sudu Pengarah terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin,” *JTM (Jurnal Tek. Mesin) STTR Cepu*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2021.
- [8] F. Aryanto, M. Mara, and M. Nuarsa, “Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013, doi: 10.29303/d.v3i1.88.
- [9] A. Mulkan and M. Abd, “Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik,” vol. 3, no. 1, pp. 74–83, 2022.
- [10] M. Adam, P. Harahap, and M. R. Nasution, “Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3648.
- [11] U. S. Dharma and M. Masherni, “Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 138–148, 2017, doi: 10.24127/trb.v5i2.246.
- [12] E. Enny, “Tachometer Laser , Pemakaian Dan Perawatannya,” *Metana*, vol. 13, no. 1, p. 7, 2018, doi: 10.14710/metana.v13i1.12578.
- [13] P. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Jakarta,
- [14] S. Jumini and L. Holifah, “PENDAHULUAN Perkembangan teknologi yang semakin pesat di zaman modern ini membuat munculnya berbagai alat elektronik yang ada di lingkungan masyarakat , baik di rumah , sekolah / Universitas , perkantoran , dan rumah sakit . Salah satu alat elektronik yan,” *J. PPKM II*, vol. 1, no. 2, pp. 144–148, 2014, [Online]. Available: <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/ppkm/article/view/249>
- [15] B. Sugiharto, “The Performance of Savonius Windmill With Guide Vane,” *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 4, 2018, doi: 10.28989/senatik.v4i0.233.