

Pengaruh Perbedaan Panjang Lengan dan Lebar Sudu Terhadap Kinerja Turbin Tipe *Darrieus*

Prengki Prabowo¹, M Zaenudin^{1,*}, Ade Sunardi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 01 April 2024

Revised 20 Mei 2024

Accepted 22 Mei 2024

Keywords:

Turbin *Darrieus*

PLTB

Jumlah sudu

Energi terbarukan

ABSTRAK

Turbin angin adalah salah satu jenis pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan baling-baling turbin atau *turbine blades*. Turbin yang menggunakan energi angin menjadi listrik. Biasanya turbin angin ini bisa digunakan pada daerah pegunungan, pantai dan rumah. Turbin angin ini sangat berguna bagi masyarakat dan bisa menghemat biaya untuk membayar listrik. kinerja turbin angin ini dipengaruhi oleh beberapa objek di antaranya, panjang lengan, jumlah sudu pada turbin dan lebar baling-baling. Penelitian ini hanya memfokuskan pada daya energi listrik dan kecepatan putaran baling-baling yang dihasilkan dengan menggunakan turbin angin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kepustakaan dan penelitian eksperimental. Hasil pengujian turbin tipe *Darrieus*, perubahan variabel yang divariasikan dengan jumlah perbedaan panjang lengan dan lebar baling-baling yang berbeda-beda. Kerja turbin tipe *Darrieus* pada variasi lengan 3 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 30 cm menghasilkan daya 1,19 watt dan kecepatan angin 4,52 m/s. lengan 4 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm menghasilkan daya 2,73 watt dan kecepatan angin 5,0 m/s. Turbin yang paling optimal berada pada lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm menghasilkan daya sebesar 4,89 Watt dan kecepatan angin 8 m/s, sehingga dapat diketahui bahwa kecepatan angin dan daya yang dihasilkan pada saat menggunakan panjang lengan dan lebar baling-baling memiliki nilai daya *output* generator yang lebih besar.

*Corresponding Author:

M Zaenudin

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

Email: mzaenudin@jgu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.27>

1. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan dengan banyak manfaat, tetapi penerapannya di Indonesia masih kurang optimal dan belum populer [1]. Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, konsumsi energi terus meningkat, yang berdampak langsung pada peningkatan kualitas hidup dan kemajuan industrialisasi [2]. Turbin angin tipe *Darrieus* adalah salah satu jenis turbin angin yang dirancang untuk beroperasi pada kondisi angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah. Keunggulan utama dari turbin tipe *Darrieus* adalah kemampuannya untuk menangkap angin dari berbagai arah, sehingga memungkinkan penempatan yang fleksibel di berbagai lokasi, termasuk di sekitar rumah [3]. Turbin ini tetap berfungsi secara efektif meskipun dalam kondisi angin lemah, menjadikannya ideal untuk lingkungan dengan pola angin yang tidak stabil. Dengan mengadopsi teknologi turbin angin tipe *Darrieus*, Indonesia dapat memaksimalkan potensi energi angin secara lebih

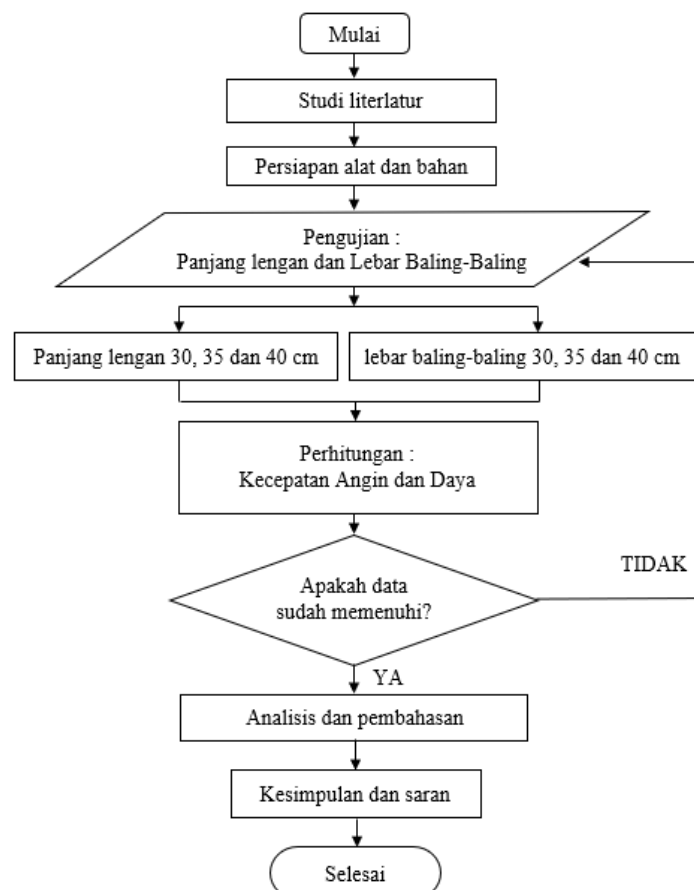
efisien, yang pada gilirannya dapat mengurangi emisi karbon dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan.

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental yang mendukung berbagai aktivitas manusia, termasuk dalam sektor industri, penggunaan peralatan elektronik, transportasi, dan berbagai aspek kehidupan lainnya. Di Indonesia, konsumsi energi saat ini didominasi oleh sumber daya fosil seperti minyak, gas alam, dan batu bara. Pertumbuhan konsumsi energi yang pesat mengindikasikan bahwa tanpa pengembangan sumber daya energi baru dan penerapan langkah-langkah efisiensi energi yang signifikan, Indonesia berpotensi menjadi importir minyak dalam waktu dekat, yang dapat berdampak negatif terhadap ketahanan energi nasional. Oleh karena itu, salah satu strategi yang penting untuk diadopsi adalah eksplorasi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi angin, energi matahari, dan biomassa.

Energi baru dan terbarukan (EBT) menawarkan solusi jangka panjang untuk memenuhi kebutuhan energi global, karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan tidak akan habis meskipun digunakan secara terus-menerus [4,5]. Contoh-contoh sumber energi ini meliputi energi angin, energi matahari, dan biomassa. Namun, penerapan EBT sebagai pembangkit listrik memiliki tantangan, terutama dalam hal ketidakstabilan pasokan energi yang dihasilkan. Energi terbarukan sangat bergantung pada kondisi lingkungan, yang menyebabkan fluktuasi dalam produksi listrik, berbeda dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang dapat menyediakan energi secara konstan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pembangkit listrik harus disesuaikan dengan karakteristik lingkungan setempat untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan dalam penggunaan energi terbarukan.

2. METODE

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian skripsi ini terpusat pada metode riset dan eksperimental [7]. Metode riset dilakukan untuk mencari referensi teori yang relevan sesuai dengan permasalahan yang ditemukan. Sedangkan metode eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan observasi langsung terhadap objek yang diteliti. Alur dalam penelitian ini terbagi menjadi dalam beberapa langkah, yakni:

1. Penentuan judul
2. Study literatur
3. Mempersiapkan alat serta bahan
4. Perancangan PLTB tipe *Darrieus*
5. Pengujian (lengan turbin)
6. Perhitungan (daya dan kecepatan)
7. Menyusun laporan penelitian

Untuk melakukan pengujian alat bisa dilakukan dengan cara berikut ini, Pertama siapkan alat yang akan di uji, menyiapkan instrumen ukur untuk pengambilan data dan mempersiapkan ATK untuk mencatat hasil data pengujian. Angin yang menabrak mengarah baling-baling. Angin berfungsi untuk menggerakkan baling-baling dan memutarakan baling-baling yang di hubungkan ke generator dan menghasilkan energi listrik. Kemudian pengujian dilakukan dengan menggunakan perbedaan panjang lengan dan lebar baling-baling dengan ukuran yang berbeda yaitu dengan 30 cm, 35 cm, dan 40 cm. Angin yang berhembus untuk mendorong sudu sehingga turbin berputar. Dengan begitu akan di ukur dan di data.

1. Data kedua yang diambil adalah pengukuran lengan 3 dengan panjang 30, 35, 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.
2. Data kedua yang diambil adalah pengukuran lengan 4 dengan panjang 30, 35, 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.
3. Data pertama yang diambil adalah pengukuran lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan saat turbin berputar dan diukur *output* dayanya dengan menggunakan multimeter, untuk mengetahui hasil dari kecepatan angin diukur dengan menggunakan Anemometer. Pengukuran dilakukan setiap 10 menit karena untuk mengetahui besar daya yang keluar dari turbin, karena besar daya sangat ditentukan oleh kecepatan angin. Hasil pengukuran dibahas secara lebih menyeluruh pada bagian berikutnya.

3.1. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm

Gambar proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

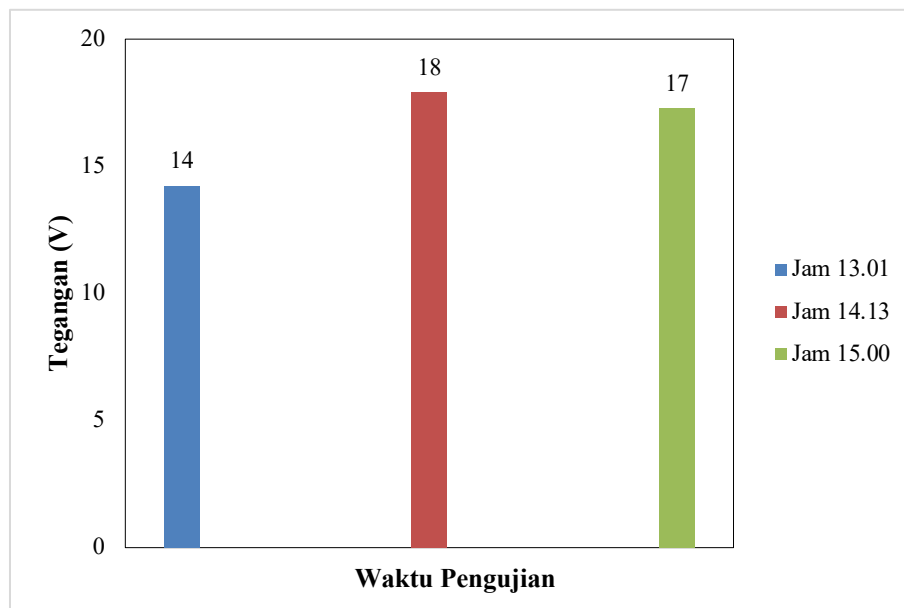
Dari data yang disajikan (Tabel 1 dan grafik pada Gambar 3), terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan angin, tegangan yang dihasilkan oleh PLTB juga mengalami peningkatan. Pada pengukuran pertama (13.01), kecepatan angin sebesar 1,9 m/s menghasilkan tegangan 14,23 Volt. Saat kecepatan angin meningkat menjadi 2,1 m/s pada pengukuran kedua (14.13), tegangan yang dihasilkan meningkat menjadi 17,89 Volt. Pada pengukuran terakhir (15.00), meskipun kecepatan angin meningkat lagi menjadi 2,5 m/s, tegangan yang dihasilkan sedikit menurun menjadi 17,28 Volt. Dalam hal kuat arus, arus listrik tercatat tetap konstan pada 0,3 Ampere untuk semua pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kecepatan angin berubah, sistem pembangkit tetap mampu mempertahankan arus yang stabil. Stabilitas arus ini penting untuk aplikasi praktis karena fluktuasi arus dapat merusak peralatan elektronik yang menggunakan listrik yang dihasilkan.



Gambar 2. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm.

Tabel 1. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.01	10	0,3	1,9	14,23
2	14.13	10	0,3	2,1	17,89
3	15.00	10	0,3	2,5	17,28
TOTAL			0,9	2,16	16,46



Gambar 3. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 3 dengan panjang 30cm dan lebar baling-baling 30cm :

$$P = V \times I$$

$$P = 16,46 \times 0,9$$

$$P = 14,46 \text{ Watt}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 3 dengan panjang 30 cm dan lebar baling-baling 30 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 14,46 Watt dan kecepatan angin 2,16 m/s.

3.2. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35, cm dan lebar sudu 35 cm

Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan data hasil pengujian (Tabel 2 dan grafik pada Gambar 5) pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tipe *Darrieus* dengan konfigurasi 4 sudu, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm, terlihat adanya korelasi antara kecepatan angin dengan tegangan yang dihasilkan. Pada pengukuran pertama (13.15), dengan kecepatan angin 3,0 m/s, sistem mampu menghasilkan tegangan sebesar 33,35 Volt. Menariknya, meskipun kecepatan angin pada pengukuran kedua (14.23) sedikit menurun menjadi 2,9 m/s, tegangan yang dihasilkan justru meningkat signifikan menjadi 38,98 Volt. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor lain yang mempengaruhi efisiensi turbin, seperti sudut serang sudu atau kondisi angin yang lebih stabil.

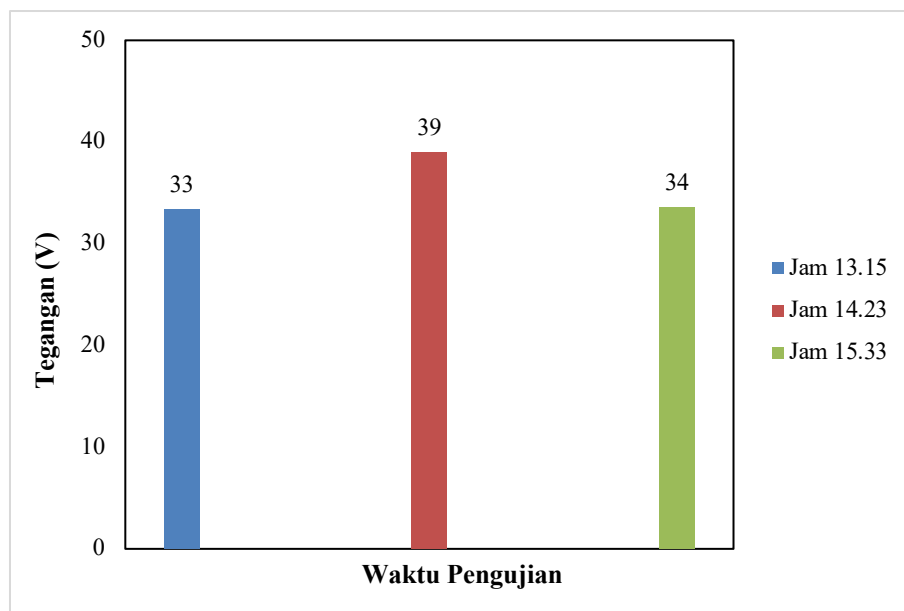
Pada pengukuran ketiga (15.33), kecepatan angin terus menurun hingga 2,7 m/s, dan tegangan yang dihasilkan kembali turun menjadi 33,54 Volt. Penurunan tegangan ini konsisten dengan penurunan kecepatan angin, yang menunjukkan bahwa kecepatan angin memainkan peran penting dalam performa turbin. Namun, fluktuasi tegangan pada kecepatan angin yang relatif stabil mengindikasikan bahwa ada faktor lain yang perlu dianalisis lebih lanjut, seperti desain sudu, material yang digunakan, atau efisiensi sistem secara keseluruhan. Analisis lebih lanjut dan pengujian tambahan dapat membantu mengidentifikasi dan mengoptimalkan faktor-faktor tersebut untuk meningkatkan kinerja PLTB tipe *Darrieus*.



Gambar 4. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm.

Tabel 2. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.15	10	0,3	3,0	33,35
2	14.23	10	0,3	2,9	38,98
3	15.33	10	0,3	2,7	33,54
TOTAL			0,9	2,86	35,29



Gambar 5. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 4 dengan panjang 35cm dan lebar sudu 35 cm:

$$P = V \times I$$

$$P = 35,29 \times 0,9$$

$$P = 31,76 \text{ Watt}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 4 dengan panjang 35 cm dan lebar baling-baling 35 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 31,76 Watt dan kecepatan angin 2,86 m/s.

3.3. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah lengan 4 buah, panjang lengan 40 cm dan lebar sudu 40 cm

Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.

Data hasil pengujian (Tabel 3 dan grafik pada Gambar 7) pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tipe *Darrieus* dengan konfigurasi 5 sudu, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm menunjukkan adanya hubungan antara kecepatan angin dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem. Pada pengukuran pertama (13.33), dengan kecepatan angin sebesar 2,6 m/s, sistem mampu menghasilkan tegangan sebesar 28,83 Volt. Namun, pada pengukuran kedua (14.27), meskipun arus tetap konstan, penurunan kecepatan angin menjadi 2,5 m/s menyebabkan penurunan tegangan menjadi 22,61 Volt, menunjukkan sensitivitas sistem terhadap variasi kecepatan angin.

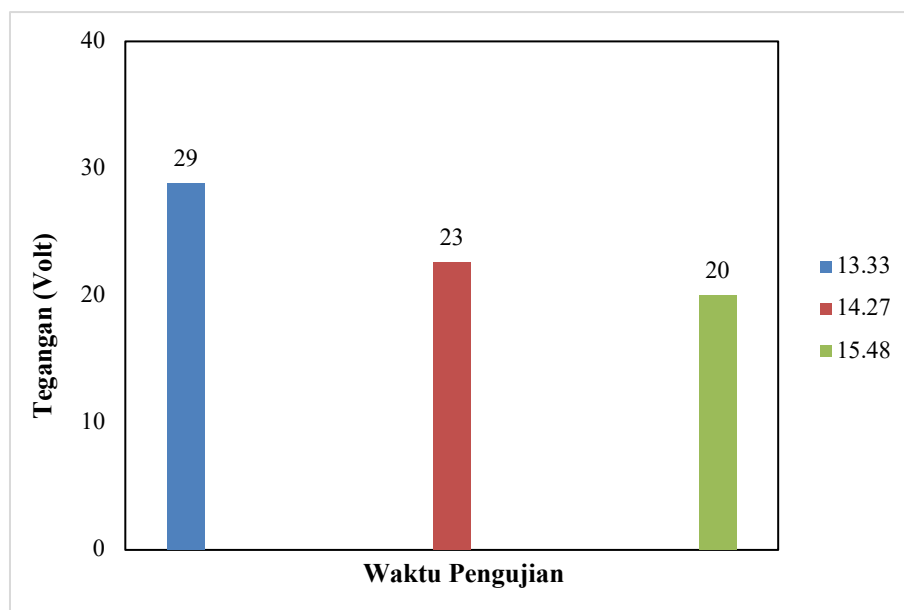
Pengukuran ketiga (15.48) menunjukkan tren yang sama, di mana penurunan kecepatan angin lebih lanjut menjadi 2,3 m/s menyebabkan penurunan tegangan lebih lanjut menjadi 20,01 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja turbin *Darrieus* sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, dengan tegangan yang dihasilkan menurun seiring dengan penurunan kecepatan angin. Data ini juga mengindikasikan bahwa meskipun konfigurasi dengan 5 sudu dan dimensi yang lebih besar mungkin meningkatkan efisiensi penangkapan angin, faktor kecepatan angin tetap menjadi variabel yang paling menentukan dalam menghasilkan tegangan listrik yang optimal. Evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan desain turbin agar dapat menghasilkan tegangan yang lebih stabil meskipun dalam kondisi kecepatan angin yang fluktuatif.



Gambar 6. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 5 buah, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm.

Tabel 3. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 5 buah, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.33	10	0,3	2,6	28,83
2	14.27	10	0,3	2,5	22,61
3	15.48	10	0,3	2,3	20,01
TOTAL			0,9	5,86	23,81



Gambar 7. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 5 dengan panjang 40cm dan lebar sudu 40cm :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 P &= 31,76 \times 0,9 \\
 P &= 28,58 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 28,58 Watt dan kecepatan angin 2,86 m/s.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) ini sudah berhasil dan dapat digunakan dengan baik. Keberhasilan dari alat ini adalah dapat memanfaatkan energi listrik tenaga angin sebagai penerangan. Konsep seperti ini juga dapat dipelajari dari referensi [8].
- Daya yang dihasilkan pada turbin tipe *Darrieus* berbanding lurus dengan kecepatan putar turbin. Semakin cepat putaran turbin maka daya yang dihasilkan turbin akan semakin besar dan lampu akan sangat terang, hal ini juga selaras dengan penelitian-penelitian sebelumnya, misalnya ada pada referensi [9].
- Dari hasil pengujian turbin tipe *Darrieus*, perubahan variabel jumlah perbedaan panjang lengan yang di variasikan dengan lebar baling-baling yang berbeda. Kerja turbin tipe *Darrieus* yang paling maksimal berada pada variasi panjang lengan 4 dengan panjang 35cm dan lebar baling-baling 35cm pada saat di rata-ratakan adalah 2,86 m/s dan 35,29Watt sehingga dapat diketahui bahwa kecepatan angin dan daya yang dihasilkan pada saat menggunakan panjang lengan dan lebar baling-baling memiliki nilai daya *output* generator yang lebih besar daripada saat menggunakan variasi panjang lengan 3 dengan panjang 30cm dan lebar baling-baling 30cm, variasi panjang lengan 5 dengan panjang 40cm dan lebar baling-baling 40 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas kesempatannya dan penyediaan fasilitas untuk mendukung penelitian ini.

REFERENCES

- [1] A. Prasetyo. (2019). Studi potensi penerapan dan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- [2] M. Bhattacharya, S. R. Paramati, I. Ozturk, & S. Bhattacharya. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741.
- [3] R. Taufiqurrahman & V. Suphandani. (2017). Studi Numerik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Jumlah Sudu dan Kecepatan Angin. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), B13-B18.
- [4] A. Suandi, A. Sunardi, I. B. Indra, M. Zaenudin, & A. Gamayel. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 12(3), 168-173.
- [5] M. N. Hanif, M. Zaenudin, & Y.K.P. Saleh. (2023). Analisis sistem solar tracker terhadap daya yang dihasilkan untuk irigasi hidroponik tenaga panel surya. *JURNAL CRANKSHAFT*, 6(2), 21-36.
- [6] A Gamayel, M Zaenudin, & BW Dionova. (2023). Performance of piezoelectric energy harvester with vortex-induced vibration and various bluff bodies. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 21(4), 926-934.
- [7] A Jaedun. (2011). Metodologi penelitian eksperimen. *Fakultas Teknik UNY*, 12.
- [8] X Jin, G Zhao, K Gao, & W Ju. (2015). Darrieus vertical axis wind turbine: Basic research methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 212-225.
- [9] EP Octauria, DA Nindito, & RH Saputra. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Omni Directional Guide Vanes Terhadap Performa Turbin Hidrokinetik Darrieus. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 17(2), 95-108.