

**PERBANDINGAN RADIUS TURBIN ANGIN SEDERHANA TERHADAP OPTIMASI KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN**Silvi Soraya<sup>1</sup>, Ayu Rozadien Junita Putri<sup>2</sup>, Aghnia Ilmi Andini<sup>3</sup>, Tiara Zahira<sup>4</sup>, Fuji Hernawati Kusumah\*<sup>1234</sup>Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Tangerang Selatan, Indonesia.Corresponding Author: [shorayac16@gmail.com](mailto:shorayac16@gmail.com)<sup>1\*</sup>**Abstrak**

Turbin angin merupakan komponen penting yang berguna untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi gerak poros pada generator hingga menjadi energi listrik dalam perancangan pembangkit listrik tenaga angin. Akan tetapi, penelitian mengenai optimasi kinerja turbin angin pada aspek perbandingan radius masih sangat terbatas. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan radius turbin angin sederhana terhadap optimasi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Penelitian ini dilakukan dengan cara menguji kinerja turbin angin pada perbandingan jarak radius yang berbeda yakni 9, 12, dan 15 cm. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh turbin angin menggunakan multimeter. Turbin angin dengan jarak radius 9, 12, dan 15 cm masing-masing menghasilkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut sebesar (0,01 mV dan 2,05 mA), (0,013 mV dan 2,26 mA), dan (0,013 mV dan 2,49 mA). Hasil ini menunjukkan bahwa turbin angin dengan radius 15 cm menghasilkan nilai tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan radius 9 cm dan 12 cm. Sehingga dapat dikatakan bahwa turbin angin dengan radius 15 cm memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan radius yang lainnya. Dengan begitu perbedaan radius turbin angin berpengaruh terhadap optimasi kinerja pembangkit listrik tenaga angin.

**Kata Kunci:** Turbin angin, Optimasi, Kinerja, Radius.**Abstract**

*Wind turbines are essential components that convert wind kinetic energy into rotational motion at the generator shaft, ultimately producing electrical energy in wind power plant design. However, research on wind turbine performance optimization concerning radius comparison is still limited. Therefore, this study aims to analyze the performance comparison of simple wind turbines based on different radius ratios: 9, 12, and 15 cm. The testing involves measuring the voltage and current generated by the wind turbines using a multimeter. The wind turbines with radii of 9, 12, and 15 cm respectively produced average voltages and currents of (0.01 mV and 2.05 mA), (0.013 mV and 2.26 mA), and (0.013 mV and 2.49 mA). These results indicate that the 15 cm radius wind turbine generates higher voltage and current values compared to the 9 cm and 12 cm radii. Thus, it can be concluded that wind turbines with a 15 cm radius exhibit better performance than other radii, highlighting the impact of radius differences on wind power plant optimization.*

**Keywords:** Wind Turbine, Optimization, Performance, Radius.**Article History**

Received: Juli 2024

Reviewed: Juli 2024

Published: Juli 2024

Plagiarism Checker No 223

DOI :

10.8734/Trigo.v1i2.365

**Copyright : Author****Publish by :****Trigonometri**

This work is licensed

under a [Creative](#)[Commons](#)[Attribution-](#)[NonCommercial 4.0](#)[International](#)[License](#)

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, penggunaan energi listrik pun turut meningkat. Namun, peningkatan penggunaan energi listrik tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan sumber energinya (Adam, 2019). Saat ini, sebagian besar energi listrik masih dihasilkan dari sumber energi tak terbarukan, yang jika digunakan terus-menerus akan habis (Nurdiyanto, 2020). Untuk menyeimbangkan dan memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus bertambah, diperlukan peralihan ke sumber energi terbarukan (Lovisia, 2022). Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang tersedia secara alami dan tidak akan habis meskipun digunakan terus-menerus, karena dapat diperbarui tanpa batas dalam rentang waktu yang relatif singkat (Setyono, 2019). Dalam pemanfaatannya, energi terbarukan dapat dikategorikan menjadi dua jenis: energi yang sudah dikembangkan namun penggunaannya masih terbatas, dan energi yang telah dikembangkan namun masih dalam tahap penelitian (Adistia, 2020).

Di antara berbagai jenis energi terbarukan, energi angin menonjol sebagai salah satu pilihan yang potensial. Selain angin, sumber energi terbarukan lainnya termasuk air, matahari, panas bumi, gelombang laut, dan pasang surut air laut, yang semuanya tersedia di alam dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik (Mulkan, 2022). Pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi angin disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB). PLTB memanfaatkan hembusan angin untuk menggerakkan turbin angin sehingga energi listrik dapat dihasilkan (Saputra, 2015).

Posisi geografis Indonesia yang berada di daerah ekuator membuat Indonesia memiliki potensi angin dengan hembusan yang besar, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan energi terbarukan melalui PLTB (Novrita, 2021). Dalam pembangunan PLTB, komponen yang sangat diperlukan adalah turbin angin, yang memanfaatkan energi kinetik dari hembusan angin untuk dikonversi menjadi energi gerak (Zulfikar, 2019). Turbin angin bekerja dengan mengubah energi kinetik dari angin menjadi gerak rotasi, yang kemudian diteruskan melalui gearbox untuk menggerakkan generator yang mengubah energi gerak menjadi listrik (Hamdani, 2021).

Kinerja turbin angin sangat penting untuk meningkatkan efisiensi serta optimasi produksi listrik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dari turbin angin. Kinerja turbin angin telah banyak dikaji oleh para peneliti dengan memperhatikan faktor-faktor seperti jenis baling-baling tipe savonius dan tipe *cross flow* (Nurdin, 2023), variasi jumlah sudu pada turbin angin savonius (Zulfikar, 2019), variasi jumlah sudu pada sumbu horizontal (Noor, 2022), perubahan kecepatan angin (Adam, 2019), desain generator (Jatmiko, 2012), variasi sudut blade (Badruzzaman, 2021), dan lebar sudu (Sihombing, 2023).

Namun, belum ada yang meneliti mengenai perbandingan radius turbin angin. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan penelitian mengenai perbandingan radius turbin angin terhadap optimasi kinerja pembangkit listrik tenaga angin. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis untuk membandingkan berbagai jarak radius yang dapat meningkatkan optimasi kinerja turbin angin dalam memanfaatkan energi angin. Jarak radius yang dipertimbangkan adalah 9 cm, 12 cm, dan 15 cm. Parameter yang diukur pada turbin angin ini melibatkan produksi tegangan dan arus, dimana nilai tegangan dan arus yang lebih besar menunjukkan kinerja turbin angin yang lebih baik.

## 2. METODE PENELITIAN

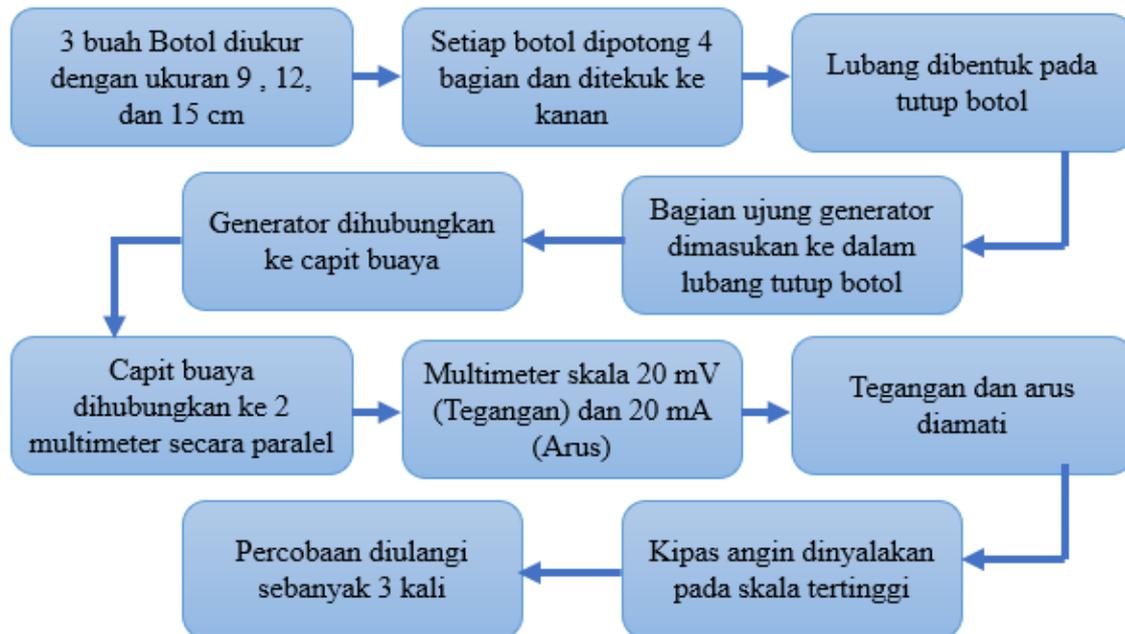
Percobaan untuk membuat pembangkit listrik tenaga angin sederhana dengan menggunakan tiga radius turbin angin yang berbeda telah dilakukan, menggunakan ukuran yang berbeda.

### 2.1 Material dan Komponen

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Sederhana dengan Tiga Radius Turbin Angin yang berbeda meliputi botol plastik bekas ukuran 600ml, botol plastik bekas parfum, generator DC12V, kabel, capit buaya, multimeter digital, mistar, pulpen, kardus, lem tembak, korek api, spidol, kertas, kayu, kipas angin jenis KAS-1606 X, dan anemometer.

## 2.2 Proses Pembuatan Tiga Radius Turbin Angin Sederhana



**Gambar 1.** Tahapan Membuat Tiga Radius Turbin Angin Sederhana

Diagram tersebut menunjukkan proses pembuatan dan pengujian turbin angin menggunakan botol plastik. Langkah pertama adalah mengukur dan memotong botol menjadi tiga bagian dengan radius yang berbeda, yaitu 9, 12, dan 15 cm. Setelah itu, setiap bagian botol dipotong menjadi empat bagian dan setiap bagian tersebut ditekuk ke kanan. Langkah ini bertujuan untuk membentuk bilah turbin dari botol plastik tersebut. Selanjutnya, lubang dibuat pada tutup botol untuk memasukkan generator ke dalamnya.

Setelah generator dimasukkan ke dalam lubang tutup botol, kabel generator disambungkan ke caput buaya. Caput buaya ini kemudian dihubungkan ke multimeter untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh turbin angin. Multimeter diatur ke skala 20 mV dan 20 mA untuk mendapatkan pembacaan yang akurat. Setelah semua sambungan selesai, kipas angin dinyalakan pada skala tertinggi untuk mensimulasikan angin yang akan memutar turbin. Dalam waktu satu menit, tegangan dan arus yang terbaca diamati dan dicatat.

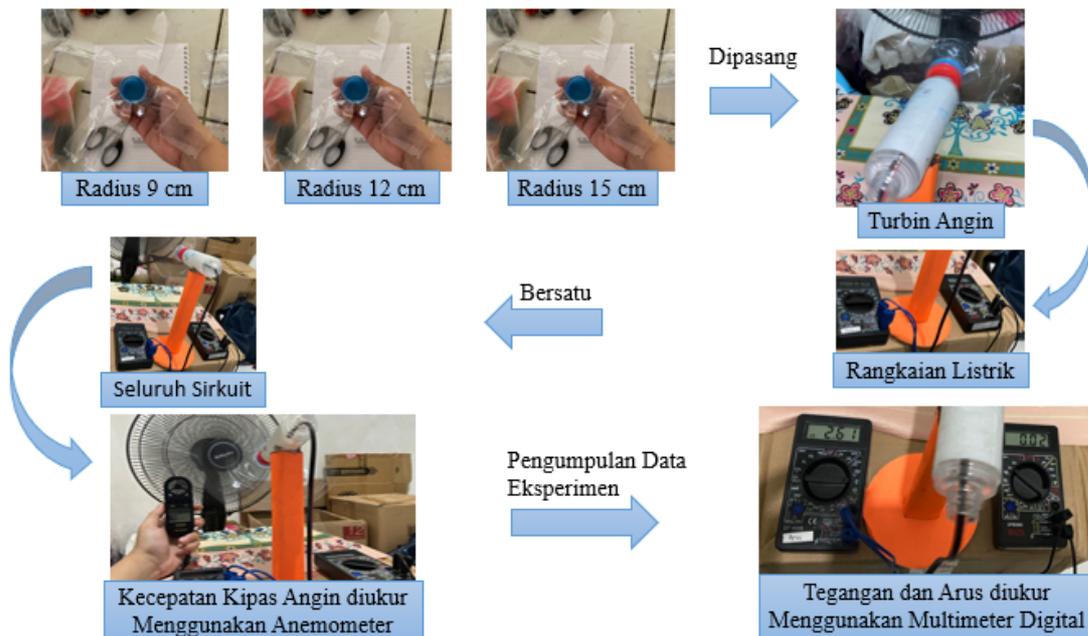
Proses ini diulangi sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi hasil percobaan. Pengulangan ini penting untuk mendapatkan data yang akurat dan dapat diandalkan. Dari percobaan ini, dapat dilihat seberapa efektif turbin angin buatan tersebut dalam menghasilkan listrik. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menganalisis efisiensi desain turbin dan kemungkinan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerjanya.

## 2.3 Proses Pengumpulan Data pada Tiga Radius Turbin Angin Sederhana

Dalam penelitian ini, prosesnya terbagi dalam dua tahap. Tahap pertama melibatkan pembuatan tiga turbin angin dengan radius yang berbeda dan perakitan sirkuit untuk menghasilkan listrik. Tahap kedua fokus pada perekaman data, dilakukan dengan teknik

berulang untuk memastikan akurasi data.

Setiap turbin diuji sebanyak tiga kali untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan. Proses dimulai dengan integrasi turbin angin ke dalam rangka, dilanjutkan dengan menghubungkannya ke sirkuit listrik menggunakan sistem katrol. Kipas angin dioperasikan dari ketinggian yang sama untuk menggerakkan turbin angin, yang mengakibatkan putaran generator dan menghasilkan listrik. Selanjutnya, nilai arus dan tegangan diukur dengan multimeter, dan hasilnya dibandingkan untuk mengevaluasi efektivitas turbin angin dengan radius berbeda dalam menghasilkan tegangan dan arus listrik, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses Pengumpulan Data

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan tiga radius turbin angin sederhana yang berbeda yaitu 9 cm, 12 cm, dan 15 cm dilakukan untuk meningkatkan kinerja pembangkit listrik. Setiap percobaan dilakukan dengan mengoperasikan turbin angin sederhana selama satu menit penuh untuk memastikan konsistensi dalam pengukuran. Eksperimen ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi masing-masing radius dalam menangkap energi angin. Hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan dua multimeter digital, diulang sebanyak tiga kali untuk setiap radius. Lihat Gambar 3 untuk representasi visual, di mana (a) menunjukkan nilai arus dan tegangan untuk radius 9 cm, (b) untuk radius 12 cm, dan (c) untuk radius 15 cm.



(a) Besaran arus dan tegangan pada radius 9 cm



(b) Besaran arus dan tegangan pada radius 12 cm



(c) Besaran arus dan tegangan pada radius 15 cm

**Gambar 3.** Besaran arus dan tegangan pada radius 9 cm, 12 cm dan 15 cm

### 3.1 Arus Listrik

Arus listrik yang dihasilkan oleh turbin angin sangat dipengaruhi oleh energi kinetik angin yang ditangkap oleh bilah turbin. Energi kinetik ini bergantung pada dua faktor utama: kecepatan angin dan luas area yang dilalui oleh bilah turbin. Semakin panjang radius bilah turbin, semakin besar area yang dilalui oleh bilah tersebut, sehingga semakin banyak energi kinetik angin yang dapat ditangkap dan diubah menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator, yang menghasilkan arus listrik. Penambahan panjang radius bilah turbin secara langsung meningkatkan luas area penangkapan angin, yang berarti lebih banyak energi angin yang dapat ditangkap. Ini menghasilkan peningkatan daya mekanik yang tersedia untuk konversi menjadi listrik, sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih besar.

Arus listrik diukur dengan menggunakan multimeter digital, di mana hasil dari bahan-bahan ini dianalisis untuk mengidentifikasi bahan yang menghasilkan arus listrik tertinggi. Hal ini sangat penting untuk menentukan jenis bahan yang lebih cocok untuk meningkatkan kinerja turbin. Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 1, pengukuran arus listrik dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk setiap radius turbin angin. Untuk radius 9 cm, arus listrik yang dihasilkan adalah 1,98 mA, 2,12 mA, dan 2,06 mA, dengan rata-rata arus listrik sebesar 2,06 mA. Pada radius 12 cm, arus listrik yang tercatat adalah 2,25 mA, 2,29 mA, dan 2,25 mA, dengan rata-rata arus listrik sebesar 2,26 mA. Sementara itu, pada radius 15 cm, arus listrik yang diukur adalah 2,21 mA, 2,61 mA, dan 2,65 mA, dengan rata-rata arus listrik sebesar 2,49 mA. Hasil menunjukkan bahwa turbin dengan radius yang lebih panjang secara konsisten menghasilkan arus listrik yang lebih besar dibandingkan turbin dengan radius yang lebih pendek. Hal ini sejalan dengan teori yang telah dibahas, di mana peningkatan luas area penangkapan angin meningkatkan energi yang dapat diubah menjadi listrik.

**Tabel 1.** Hasil dari Pemrosesan Arus Listrik pada Radius 9 cm, 12 cm dan 15 cm

Jenis Radius	Arus Listrik (mA)			Rata-Rata Arus Listrik (mA)
	1	2	3	
Radius 9 cm	1,98	2,12	2,06	2,05
Radius 12 cm	2,25	2,29	2,25	2,26
Radius 15 cm	2,21	2,61	2,65	2,49

\*Pengukuran dilakukan dengan kecepatan angin dari kipas yang diukur menggunakan anemometer sebesar 19,3 m/s serta suhu ruangan 29,1 °C

### 3.2 Tegangan Listrik

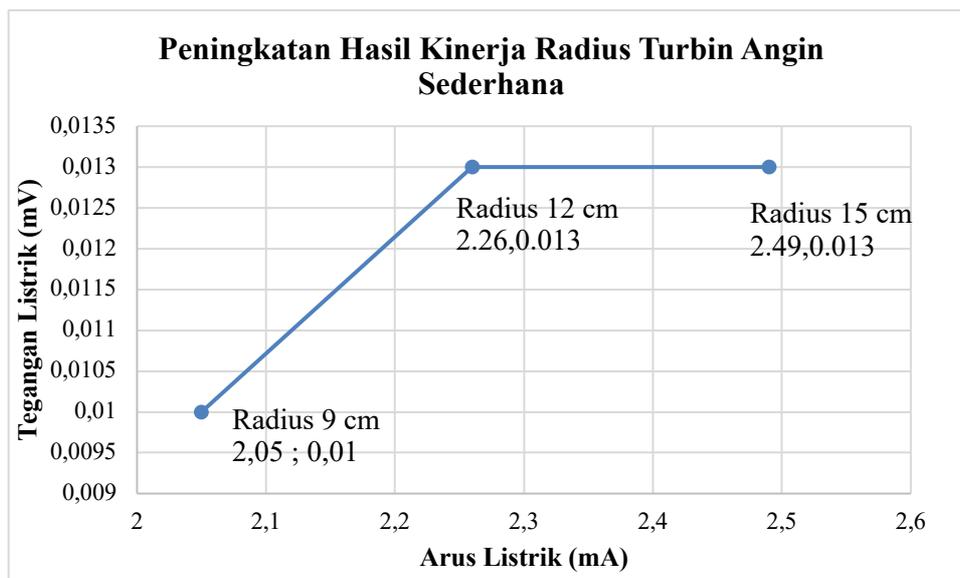
Data pengukuran menunjukkan variasi nilai arus listrik untuk setiap radius. Pada radius 9 cm, arus listrik rata-rata adalah 0,01 mA. Untuk radius 12 cm, arus listrik rata-rata adalah 0,013 mA, sedangkan pada radius 15 cm, arus listrik rata-rata adalah juga 0,013 mA. Meskipun terjadi fluktuasi dalam pengukuran arus listrik pada setiap pengulangan percobaan, tidak terlihat adanya pola yang jelas yang menunjukkan peningkatan arus listrik secara signifikan dengan peningkatan radius bilah turbin. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi eksperimental ini, peningkatan radius bilah turbin angin tidak secara konsisten meningkatkan arus listrik yang dihasilkan. Variasi ini bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kecepatan angin dan karakteristik desain turbin angin yang digunakan.

**Tabel 2.** Hasil dari Pemrosesan Tegangan Listrik pada Radius 9 cm, 12 cm dan 15 cm

Jenis Radius	Tegangan Listrik (mV)			Rata-Rata Arus Listrik (mA)
	1	2	3	
Radius 9 cm	0,01	0,01	0,01	0,01
Radius 12 cm	0,02	0,01	0,01	0,013
Radius 15 cm	0,01	0,01	0,02	0,013

\*Pengukuran dilakukan dengan kecepatan angin dari kipas yang diukur menggunakan anemometer sebesar 19,3 m/s serta suhu ruangan 29,1 °C

### 3.3 Perbandingan Hasil Tegangan dan Arus Listrik



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Tegangan dan Arus yang Dihasilkan oleh Turbin Angin Sederhana

Grafik yang menampilkan hubungan antara radius baling-baling turbin angin dengan arus dan tegangan listrik menunjukkan pola yang konsisten: semakin besar radius baling-baling, semakin tinggi arus dan tegangan yang dihasilkan. Fenomena ini terjadi karena radius baling-baling yang lebih besar mampu menangkap lebih banyak energi kinetik dari angin, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik dengan lebih efisien. Dengan memperbesar radius baling-baling, turbin angin dapat menghasilkan lebih banyak daya listrik, menunjukkan pentingnya faktor fisik dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi perangkat energi terbarukan ini.

Prinsip dasar ini menegaskan bahwa arus listrik ( $I$ ) dan tegangan listrik ( $V$ ) yang dihasilkan oleh turbin angin sangat bergantung pada karakteristik fisiknya, terutama radius baling-baling. Semakin besar radius baling-baling, semakin rendah resistansi yang dirasakan oleh sistem, yang mengarah pada peningkatan arus dan tegangan. Dengan demikian, memahami dan mengoptimalkan desain fisik turbin angin, seperti melalui penyesuaian radius baling-baling, dapat menjadi strategi penting dalam meningkatkan efisiensi dan hasil energi listrik dari sumber energi terbarukan ini.

#### 4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan radius baling-baling pada turbin angin sederhana secara signifikan mempengaruhi kinerja pembangkit listrik. Radius yang lebih besar menyebabkan peningkatan yang konsisten dalam arus listrik yang dihasilkan, menunjukkan bahwa area penangkapan energi angin berperan penting dalam efisiensi konversi energi kinetik menjadi listrik. Meskipun terdapat variasi dalam pengukuran arus listrik pada setiap radius, tren umum menunjukkan bahwa turbin dengan radius lebih panjang cenderung menghasilkan daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan yang lebih pendek.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan radius turbin angin sederhana terhadap optimasi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Penelitian ini dilakukan dengan cara menguji kinerja turbin angin pada perbandingan jarak radius yang berbeda yakni 9, 12, dan 15 cm. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh turbin angin menggunakan multimeter. Turbin angin dengan jarak radius 9, 12, dan 15 cm masing-masing menghasilkan rata-rata tegangan dan arus berturut-turut sebesar (0,01 mV dan 2,05 mA), (0,013 mV dan 2,26 mA), dan (0,013 mV dan 2,49 mA). Hasil ini menunjukkan bahwa

turbin angin dengan radius 15 cm menghasilkan nilai tegangan dan arus yang lebih besar dibandingkan dengan radius 9 cm dan 12 cm. Sehingga dapat dikatakan bahwa turbin angin dengan radius 15 cm memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan radius yang lainnya. Dengan begitu perbedaan radius turbin angin berpengaruh terhadap optimasi kinerja pembangkit listrik tenaga angin.

Dalam konteks ini, rekomendasi untuk meningkatkan kinerja turbin angin adalah dengan mempertimbangkan penyesuaian desain untuk memperbesar radius baling-baling. Hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan material yang ringan namun kuat untuk bilah turbin, serta mengoptimalkan bentuk dan jumlah bilah agar efisiensi penangkapan angin dapat maksimal. Selain itu, penting untuk terus memonitor kecepatan angin dan melakukan penyesuaian pada turbin sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah, untuk memaksimalkan potensi energi terbarukan yang dapat dihasilkan secara konsisten. Dengan pendekatan ini, diharapkan turbin angin dapat berperan lebih efektif dalam menyediakan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019, Juli). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc. *Rekayasa Elektrikal dan Energi : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 30-36.
- Adistia, N. A. (2020, Oktober). Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia. *Tesla*, 22(2).
- Badruzzaman, Sifa, A., Canra, D., Haris, E., & N, K. B. (2021, september). Pengujian Variasi Sudut Blade Pada Kincir Angin Tipe Horizontal Untuk Pemompa Air Garam. *Jurnal Mechanical*, 12(2), 31-38.
- Hamdani, W., Yani, A., & Hendrawan, T. (2021, Juni). Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pesisir Pantai). *Jurnal Teknik Juara, Aktif, Global*, 1(1), 38-45.
- Jatmiko, H. A., & Ardiyatmoko, A. (2012, Juni). Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.
- Lovisia, E. (2022, Desember). Bioetanol Dari Singkong Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Science and Physics Education Journal*, 6(1), 8-14.
- Mulkan, A., Nazaruddin, & Abd, M. (2022, Juni). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA*, 3(1), 74-83.
- Noor, M. F., Dwi, I. N., & Muhammad, A. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Angin Poros Horizontal. *Jurnal Transmisi*, 18(1), 5-10.
- Novrita, R. R., Sudarti, & Yushardi. (2021, Oktober). Analisis Potensi Energi Angin di Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Journal of Research and Education Chemistry*, 3(2), 96--112.
- Nurdin, M. M., Purwanto, W., Sugiarto, T., & Setiawan, M. Y. (2023, Agustus). Pengaruh Jenis Baling-Baling pada Alternator Turbin Angin Terhadap Besar Arus listrik Yang Dihasilkan pada Kendaraan. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 1(4), 501-508.
- Nurdiyanto, A. (2020). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin

- Menggunakan Turbin Angin Savonius. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 711-717.
- Saputra, M. (2015). Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh. *Jurnal Mekanova*, 1(1), 32-43.
- Setyono, J. S., Mardiansjah, F. H., & Kusumo, M. F. (2019, Desember). Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan Di Kota Semarang. *Jurnal RIPTEK*, 13(2), 177-186.
- Sihombing, C., & Sasongko, H. (2023). Studi Numerik Pengaruh Lebar Sudu dan Jumlah Sudu pada Performansi Closed Type Multi Blade Impulse Wind Turbine. *JURNAL TEKNIK ITS*, 12(1), 1-7.
- Zulfikar, Harahap, P., & Laksono, H. A. (2019, Juli). Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc. *Rekayasa Elektrikal dan Energi : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 1-8.