Edu Elektrika Journal Vol 14 No 1
Januari – Juni 2026

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095

https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

Analisis Pengaruh Variasi Jarak terhadap RPM dan Tegangan Output Turbin Angin

Dina Febriyanti[1], Eghy Firmansyah[2],Fariz Almaqori[3], Rafli Nur Ikhsan[4]

Enggar Herro Istoto[5]

Teknik Elektro, Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Jl. Timah Raya, Air Kantung, Sungailiat, Bangka, Kepulauan Bangka Belitung, 33211, Indonesia.

almaqorif@gmail.com,enggar@polman-babel.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak terhadap nilai putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator pada turbin angin sumbu horizontal. Pengujian dilakukan menggunakan blower sebagai sumber aliran udara buatan dengan variasi jarak 30 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm serta variasi kecepatan blower sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi kecepatan angin, putaran turbin (RPM), dan tegangan output generator. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan melakukan pengujian secara langsung pada setiap variasi jarak dan kecepatan blower. Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan anemometer, pengukuran RPM menggunakan tachometer, dan pengukuran tegangan output menggunakan multimeter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jarak dan kecepatan blower memberikan pengaruh terhadap performa turbin angin sumbu horizontal. Semakin besar kecepatan blower yang digunakan, maka kecepatan angin yang diterima sudu turbin juga meningkat sehingga menyebabkan nilai RPM dan tegangan output generator mengalami peningkatan. Nilai RPM tertinggi diperoleh pada kecepatan blower 100% dengan jarak 60 cm yaitu sebesar 397 RPM, sedangkan tegangan output terbesar diperoleh pada jarak 30 cm yaitu sebesar 10,2 V. Selain itu, jarak pengujian yang terlalu jauh menyebabkan energi angin yang diterima turbin berkurang sehingga performa turbin mengalami penurunan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi jarak dan kecepatan angin sangat mempengaruhi performa turbin angin dalam menghasilkan energi listrik.

Kata kunci— Turbin angin, RPM, tegangan output, variasi jarak, blower, energi angin.

Abstract— This study aims to analyze the effect of distance variation on turbine rotational speed (RPM) and generator output voltage in a horizontal axis wind turbine. The testing process was carried out using a blower as an artificial wind source with distance variations of 30 cm, 60 cm, 90 cm, and 120 cm, as well as blower speed variations of 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%. The parameters observed in this study include wind speed, turbine rotational speed (RPM), and generator output voltage. The research method used was an experimental method by conducting direct testing on each variation of distance and blower speed. Wind speed measurements were carried out using an anemometer, RPM measurements using a tachometer, and output voltage measurements using a multimeter. The results showed that variations in distance and blower speed significantly affected the performance of the horizontal axis wind turbine. The higher the blower speed used, the greater the wind speed received by the turbine blades, resulting in increased RPM and generator output voltage. The highest RPM value was obtained at 100% blower speed with a distance of 60 cm, reaching 397 RPM, while the highest output voltage was obtained at a distance of 30 cm with a value of 10.2 V. In addition, excessively long testing distances caused the wind energy received by the turbine to decrease, resulting in reduced turbine performance. Based on the results of this study, it can be concluded that variations in distance and wind speed greatly influence the performance of wind turbines in generating electrical energy.

Keywords— Wind turbine, RPM, output voltage, distance variation, blower, wind energy.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan ebutuhan energi listrik yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan terhadap sumber energi alternatif semakin besar. Penggunaan energi fosil secara terus-menerus dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti menipisnya cadangan energi dan meningkatnya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, energi terbarukan mulai banyak dikembangkan sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin.

Energi angin dapat dimanfaatkan menggunakan turbin angin yang berfungsi mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik. Turbin angin terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*). Turbin jenis ini banyak digunakan karena memiliki

Diterima: 9 Juni 2026 | Disetujui: 11 November 2026 |Dipublikasi: 12 November 2026

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

efisiensi yang cukup baik dalam menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja turbin angin yaitu mengubah energi gerak angin menjadi energi putar pada sudu turbin yang kemudian diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan angin, bentuk sudu, jumlah sudu, dan distribusi aliran udara yang diterima oleh sudu turbin. Semakin besar energi angin yang diterima sudu maka putaran turbin (*RPM*) dan tegangan output generator cenderung meningkat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk meningkatkan performa turbin angin. Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jarak *overlap* pada turbin angin Savonius tipe-L berpengaruh terhadap performa turbin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien daya dan koefisien torsi tertinggi diperoleh pada variasi *overlap* 30 mm. Penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan bahan *blade* yang berbeda mempengaruhi kestabilan putaran turbin dan tegangan output generator. Pada penelitian tersebut, bahan aluminium menghasilkan putaran dan tegangan output tertinggi dibandingkan bahan lainnya. Selain itu, penelitian mengenai pengaruh kecepatan angin dan *overlap ratio* menunjukkan bahwa peningkatan *overlap ratio* dapat memperbaiki distribusi aliran udara antar sudu sehingga meningkatkan performa turbin angin Savonius tipe-U. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan variasi silinder pengganggu mampu meningkatkan distribusi aliran udara pada sudu turbin sehingga meningkatkan putaran turbin dan tegangan output generator.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa performa turbin angin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bentuk sudu, distribusi aliran udara, dan kecepatan angin. Salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi aliran udara adalah jarak turbin terhadap sumber angin. Perbedaan jarak akan mempengaruhi tekanan dan kecepatan aliran udara yang diterima sudu sehingga berdampak terhadap putaran turbin (*RPM*) dan tegangan output generator. Namun, penelitian mengenai pengaruh variasi jarak terhadap RPM dan tegangan output turbin angin sumbu horizontal pada pengujian skala laboratorium masih terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian turbin angin sumbu horizontal menggunakan blower sebagai sumber aliran udara buatan dengan variasi jarak 30 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa tingkat kecepatan blower yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Parameter yang diamati meliputi kecepatan putaran turbin (*RPM*), kecepatan angin, dan tegangan output generator.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak terhadap RPM dan tegangan output turbin angin sehingga dapat diketahui jarak optimum yang menghasilkan performa terbaik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil yang lebih efektif dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu melakukan pengujian secara langsung terhadap turbin angin dengan memberikan variasi jarak antara sumber aliran udara dan turbin untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai RPM dan tegangan output yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan putaran turbin (RPM) dan tegangan output pada setiap variasi jarak yang telah ditentukan sehingga diperoleh data yang dapat dianalisis. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Daya, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada ketersediaan peralatan dan instrumen pengukuran yang memadai serta kondisi laboratorium yang mendukung pelaksanaan pengujian dan pengambilan data terkait sistem energi terbarukan, khususnya turbin angin.

A. Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Daya, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Proses pengujian dilakukan menggunakan turbin angin sumbu horizontal dengan blower sebagai sumber aliran udara buatan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2026.

B. Alat Dan Bahan

1. Blower

   Blower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan aliran udara atau hembusan angin pada penelitian turbin angin. Pada penelitian ini, blower berfungsi sebagai sumber angin buatan yang digunakan untuk memutar sudu turbin sehingga turbin dapat menghasilkan putaran dan tegangan output.

   Blower digunakan untuk memberikan variasi kecepatan angin secara terkontrol sehingga proses pengujian dapat dilakukan dengan lebih stabil dan konsisten. Kecepatan angin yang dihasilkan blower kemudian diarahkan menuju turbin angin pada beberapa variasi jarak pengujian. Dengan adanya blower, pengambilan data penelitian dapat dilakukan tanpa bergantung pada kondisi angin alami di lingkungan sekitar.



Gambar 1. Blower

2. Turbin Angin Sumbu Horizontal

   Turbin angin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine) merupakan jenis turbin angin yang memiliki poros rotor sejajar dengan arah aliran angin. Turbin ini bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang diterima oleh sudu (blade) untuk menghasilkan putaran pada poros rotor. Putaran tersebut kemudian

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik.

Pada penelitian ini digunakan turbin angin sumbu horizontal dengan jumlah enam sudu yang berfungsi sebagai objek utama pengujian. Turbin dipasang pada rangka pengujian dan diarahkan sejajar dengan blower agar aliran udara dapat diterima secara optimal oleh sudu turbin. Putaran yang dihasilkan turbin diukur menggunakan tachometer untuk mengetahui nilai putaran turbin (RPM), sedangkan tegangan output generator diukur menggunakan multimeter.

Penggunaan turbin angin sumbu horizontal pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak terhadap performa turbin, khususnya terhadap nilai putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator yang dihasilkan.



Gambar 2. Turbin Angin

3. Speed Controler
   Speed controller merupakan perangkat yang digunakan untuk mengatur tingkat kecepatan putaran blower sebagai sumber aliran udara buatan pada sistem pengujian turbin angin. Pengaturan kecepatan dilakukan dengan memutar tombol pengatur pada speed controller sehingga kecepatan aliran udara yang dihasilkan blower dapat disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

   Pada penelitian ini, speed controller digunakan untuk mengatur variasi kecepatan blower pada tingkat 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Variasi kecepatan tersebut digunakan untuk menghasilkan perbedaan kecepatan angin yang diterima oleh sudu turbin sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator.

   Penggunaan speed controller pada sistem pengujian bertujuan untuk menjaga kestabilan dan konsistensi kecepatan blower selama proses pengambilan data sehingga hasil pengukuran dapat diperoleh dengan lebih akurat.



Gambar 3. Speed Control

4. Anemometer
   Anemometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara atau kecepatan angin pada sistem pengujian turbin angin. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan putaran baling-baling sensor yang dipengaruhi oleh aliran udara sehingga nilai kecepatan angin dapat ditampilkan pada layar digital.

   Pada penelitian ini, anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang dihasilkan oleh blower pada setiap variasi jarak dan tingkat kecepatan blower. Data kecepatan angin yang diperoleh digunakan sebagai parameter pengukuran untuk mengetahui pengaruh aliran udara terhadap putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator.

   Pengukuran menggunakan anemometer dilakukan secara langsung di area depan sudu turbin agar nilai kecepatan angin yang diperoleh sesuai dengan aliran udara yang diterima oleh turbin selama proses pengujian berlangsung.



Gambar 4. Anemometer

5. Tachometer
   Tachometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros atau putaran turbin dalam satuan Revolutions Per Minute (RPM). Alat ini bekerja dengan mendeteksi putaran objek yang diukur kemudian menampilkan nilai putaran pada layar digital.

   Pada penelitian ini, tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran turbin angin sumbu horizontal pada setiap variasi jarak dan tingkat kecepatan blower. Pengukuran RPM dilakukan secara langsung pada poros atau bagian sudu turbin yang berputar selama proses pengujian berlangsung.

   Data hasil pengukuran RPM digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan angin dan variasi jarak terhadap performa turbin angin. Nilai RPM

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara putaran turbin dan tegangan output generator yang dihasilkan.



Gambar 5. Thcometer

6. Multimeter
Multimeter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan hambatan listrik. Pada penelitian ini, multimeter digunakan untuk mengukur tegangan output yang dihasilkan oleh generator turbin angin sumbu horizontal selama proses pengujian berlangsung.

Pengukuran tegangan dilakukan dengan menghubungkan probe multimeter pada terminal output generator. Nilai tegangan yang ditampilkan pada multimeter digunakan sebagai data untuk mengetahui pengaruh variasi jarak dan kecepatan angin terhadap energi listrik yang dihasilkan turbin angin.

Penggunaan multimeter pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data tegangan output generator secara langsung dan akurat pada setiap variasi pengujian. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator.



Gambar 6. Multimeter

C. Prosedur Pengujian

Setelah seluruh alat dan bahan siap digunakan, tahap selanjutnya adalah menentukan variasi jarak pengujian antara blower dan turbin angin. Variasi jarak yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat kondisi, yaitu 30 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm. Penentuan variasi jarak dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan posisi sumber angin terhadap karakteristik aliran udara yang diterima oleh turbin, sehingga dapat dianalisis hubungan antara jarak sumber angin dengan performa turbin angin yang meliputi kecepatan putaran dan tegangan keluaran. Jarak diukur menggunakan alat ukur panjang untuk memastikan ketelitian posisi antara blower dan turbin pada setiap kondisi pengujian.

Selanjutnya dilakukan pengaturan variasi kecepatan blower sebagai sumber aliran udara. Variasi kecepatan blower dibagi menjadi lima tingkat pengoperasian, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari kapasitas maksimum blower. Variasi kecepatan tersebut digunakan untuk menghasilkan perbedaan kecepatan angin yang diterima oleh turbin, sehingga dapat diketahui respons turbin terhadap perubahan energi kinetik angin yang diberikan. Sebelum proses pengambilan data dilakukan, blower dijalankan terlebih dahulu hingga menghasilkan aliran udara yang stabil agar hasil pengukuran yang diperoleh memiliki tingkat konsistensi yang baik.

Proses pengambilan data dilakukan secara bertahap pada setiap kombinasi variasi jarak dan kecepatan blower. Pengujian diawali pada jarak 30 cm dengan kecepatan blower 20%, kemudian dilanjutkan secara berurutan pada kecepatan 40%, 60%, 80%, hingga 100%. Pada setiap kondisi pengujian, dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter utama, yaitu kecepatan angin (m/s), putaran turbin (RPM), dan tegangan output generator (V). Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan anemometer yang ditempatkan pada area aliran udara menuju turbin untuk memperoleh nilai kecepatan angin aktual yang diterima oleh sudu turbin. Selanjutnya, nilai putaran turbin diukur menggunakan tachometer untuk mengetahui perubahan kecepatan rotasi turbin akibat variasi aliran udara yang diberikan. Tegangan output generator diukur menggunakan multimeter yang terhubung pada terminal keluaran generator turbin.

Pada setiap variasi pengujian, proses pencatatan data dilakukan setelah kondisi putaran turbin dan aliran udara mencapai keadaan stabil. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan kesalahan pengukuran akibat fluktuasi putaran maupun perubahan kecepatan aliran udara selama proses pengujian berlangsung. Data hasil pengukuran dicatat secara sistematis ke dalam tabel pengamatan untuk mempermudah proses analisis dan pengolahan data pada tahap selanjutnya.

Setelah seluruh data pada jarak 30 cm selesai diperoleh, prosedur pengujian yang sama kemudian diulangi pada variasi jarak berikutnya, yaitu 60 cm, 90 cm, dan 120 cm. Pada setiap variasi jarak, seluruh tahapan pengujian dilakukan dengan kondisi dan metode pengukuran yang sama agar data yang diperoleh bersifat konsisten dan dapat dibandingkan secara langsung. Dengan metode pengambilan data tersebut, diperoleh data eksperimen yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak sumber angin dan perubahan kecepatan aliran udara terhadap performa turbin angin, khususnya terhadap nilai putaran turbin dan tegangan output yang dihasilkan.

D. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan faktor-faktor yang digunakan dalam proses penelitian untuk mengetahui hubungan antara perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap turbin angin sumbu horizontal untuk menganalisis pengaruh

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

variasi jarak sumber angin terhadap nilai RPM dan tegangan output yang dihasilkan generator.

Variabel penelitian pada pengujian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Ketiga variabel tersebut digunakan agar proses penelitian berjalan secara terarah dan hasil yang diperoleh dapat dianalisis dengan baik.

- Variabel Bebas
  Variabel bebas merupakan variabel yang sengaja diubah dalam penelitian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah variasi jarak antara sumber angin dengan turbin angin. Variasi jarak dilakukan secara bertahap untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak terhadap nilai RPM dan tegangan output generator yang dihasilkan oleh turbin angin. Semakin dekat jarak sumber angin dengan turbin, maka hembusan angin yang diterima sudu akan semakin besar sehingga putaran turbin dan tegangan output yang dihasilkan cenderung meningkat. Sebaliknya, apabila jarak semakin jauh, maka energi angin yang diterima turbin akan berkurang sehingga nilai RPM dan tegangan output juga menurun.
- Variabel Terikat
  Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh perubahan variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikat yang diamati adalah kecepatan putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator yang dihasilkan dari variasi jarak sumber angin terhadap turbin angin.
  1. Kecepatan Putaran Turbin (RPM)
     Kecepatan putaran turbin atau RPM (*Revolutions Per Minute*) merupakan jumlah putaran turbin dalam satu menit yang dihasilkan akibat hembusan angin dari sumber angin. Pengukuran RPM dilakukan menggunakan tachometer untuk mengetahui pengaruh variasi jarak terhadap kecepatan putaran turbin. Semakin besar energi angin yang diterima oleh sudu turbin, maka putaran turbin akan semakin cepat sehingga nilai RPM yang dihasilkan juga meningkat.
  2. Tegangan Output Generator
     Tegangan output generator merupakan besar tegangan listrik yang dihasilkan generator akibat putaran turbin angin. Pengukuran tegangan dilakukan menggunakan multimeter pada terminal keluaran generator untuk mengetahui kemampuan turbin dalam menghasilkan energi listrik. Nilai tegangan output dipengaruhi oleh kecepatan putaran turbin, dimana semakin tinggi RPM yang dihasilkan maka tegangan output generator juga akan semakin besar.
- Variabel Kontrol
  Variabel kontrol merupakan variabel yang dijaga tetap selama proses penelitian berlangsung agar hasil pengujian tidak dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel bebas. Variabel kontrol digunakan untuk memastikan bahwa perubahan nilai RPM dan tegangan output benar-benar disebabkan oleh variasi jarak sumber angin terhadap turbin angin.
  1. Jenis Turbin Angin
     Jenis turbin yang digunakan selama penelitian dibuat tetap, yaitu turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*). Penggunaan jenis turbin yang sama bertujuan agar karakteristik aerodinamika turbin tidak berubah selama pengujian berlangsung, karena setiap jenis turbin memiliki kemampuan yang berbeda dalam menangkap energi angin dan menghasilkan putaran.
  2. Jumlah dan Bentuk Sudu Turbin
     Jumlah dan bentuk sudu turbin dijaga tetap selama seluruh proses pengujian agar kemampuan turbin dalam menerima energi angin tetap konsisten. Bentuk serta jumlah sudu sangat mempengaruhi kecepatan putaran turbin, sehingga apabila terjadi perubahan pada sudu maka hasil RPM dan tegangan output yang diperoleh juga dapat berubah.
  3. Sumber Angin yang Digunakan
     Sumber angin yang digunakan pada penelitian dibuat tetap, yaitu menggunakan kipas atau blower yang sama dengan tingkat kecepatan yang dijaga konstan selama pengujian berlangsung. Hal ini dilakukan agar besar hembusan angin yang diterima turbin tetap stabil sehingga perubahan hasil pengukuran hanya dipengaruhi oleh variasi jarak pengujian.
  4. Arah dan Posisi Hembusan Angin
     Arah dan posisi hembusan angin dijaga tetap mengarah langsung ke sudu turbin selama proses pengujian berlangsung. Pengaturan posisi tersebut dilakukan agar aliran udara dapat diterima secara optimal oleh turbin sehingga putaran yang dihasilkan lebih stabil dan hasil pengukuran menjadi lebih akurat.
  5. Generator yang Digunakan
     Generator yang digunakan selama penelitian dibuat tetap dengan spesifikasi yang sama untuk menjaga konsistensi hasil tegangan output yang dihasilkan. Penggunaan generator yang berbeda dapat mempengaruhi besar kecilnya tegangan listrik yang dihasilkan meskipun putaran turbin berada pada kondisi yang sama.
  6. Alat Ukur yang Digunakan
     Alat ukur yang digunakan dalam penelitian, seperti tachometer dan multimeter, dibuat tetap selama seluruh proses pengujian agar hasil pengukuran lebih konsisten dan akurat.

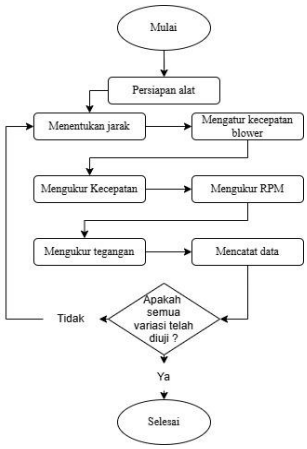
This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

Penggunaan alat ukur yang sama bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya perbedaan pembacaan data akibat perbedaan spesifikasi maupun tingkat sensitivitas alat ukur.

7. Kondisi Lingkungan Pengujian
   Kondisi lingkungan selama pengujian dibuat tetap dan minim gangguan dari angin luar agar aliran udara dari sumber angin menuju turbin tetap stabil. Pengendalian kondisi lingkungan dilakukan untuk mengurangi pengaruh faktor luar yang dapat menyebabkan perubahan putaran turbin serta mempengaruhi hasil pengukuran RPM, kecepatan angin dan tegangan output.
8. Kecepatan Angin
   Kecepatan angin selama proses pengujian dijaga tetap agar hasil penelitian tidak dipengaruhi oleh perubahan besar hembusan angin dari sumber angin. Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan Anemometer untuk memastikan bahwa aliran angin yang diberikan pada setiap pengujian berada pada kondisi yang relatif sama sehingga perubahan RPM dan tegangan output yang terjadi disebabkan oleh variasi jarak pengujian.

E. Diagram Alir



Gambar 7. *Flowchart*

Diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan pengujian turbin angin sumbu horizontal secara sistematis mulai dari tahap awal hingga akhir penelitian. Proses diawali dengan persiapan alat dan bahan yang digunakan selama pengujian. Setelah itu dilakukan penentuan variasi jarak antara blower dan turbin, kemudian dilanjutkan dengan pengaturan kecepatan blower untuk menghasilkan aliran angin.

Tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran kecepatan angin, RPM turbin, dan tegangan output yang dihasilkan. Seluruh data hasil pengukuran kemudian dicatat untuk setiap variasi pengujian. Proses ini dilakukan secara berulang sampai semua variasi jarak selesai diuji. Setelah seluruh data diperoleh, maka proses penelitian dinyatakan selesai.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan mengolah dan membandingkan data hasil pengujian turbin angin sumbu horizontal pada setiap variasi jarak dan kecepatan blower. Data yang dianalisis meliputi kecepatan angin, putaran turbin (RPM), dan tegangan output generator yang diperoleh selama proses pengujian berlangsung.

Tahap pertama analisis data dilakukan dengan mengumpulkan seluruh hasil pengukuran dari setiap variasi pengujian. Data hasil pengukuran kemudian dicatat dan disusun ke dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses pengolahan dan pengamatan data. Penyusunan data dilakukan berdasarkan variasi jarak dan persentase kecepatan blower yang digunakan selama pengujian.

Selanjutnya dilakukan analisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai kecepatan angin, RPM, dan tegangan output pada setiap variasi jarak pengujian. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak antara blower dan turbin terhadap performa turbin angin. Selain itu, dilakukan juga perbandingan terhadap perubahan kecepatan blower untuk mengetahui hubungan antara peningkatan kecepatan angin dengan peningkatan putaran turbin dan tegangan output yang dihasilkan.

Data hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar hubungan antara variabel penelitian dapat terlihat dengan lebih jelas. Grafik digunakan untuk menunjukkan pola perubahan RPM dan tegangan output terhadap variasi jarak dan kecepatan blower. Dari grafik tersebut dapat diamati kondisi pengujian yang menghasilkan performa turbin paling optimal.

Tahap akhir analisis data dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan dan pengamatan data yang telah diperoleh. Kesimpulan diambil untuk mengetahui pengaruh variasi jarak dan kecepatan blower terhadap kinerja turbin angin sumbu horizontal dalam menghasilkan putaran turbin dan tegangan output generator.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian turbin angin sumbu horizontal dengan variasi jarak dan kecepatan blower. Data hasil pengujian yang diperoleh meliputi kecepatan angin, putaran turbin (RPM), dan tegangan output generator. Hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah proses analisis.

A. Hasil Tabel Pengujian

1. Hasil Pengujian Kecepatan Blower 20%

Tabel 1. Kecepatan Blower 20%

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Output (V)
30	1,7	110,3	2,5
60	1,5	114	3,2
90	1,7	95,7	2,6
120	1,7	95	2,9

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian pada kecepatan blower 20% menunjukkan bahwa nilai RPM dan tegangan output yang dihasilkan masih relatif rendah pada seluruh variasi jarak pengujian. RPM tertinggi diperoleh pada jarak 60 cm yaitu sebesar 114 RPM dengan tegangan output sebesar 3,2 V. Sementara itu, pada jarak 90 cm dan 120 cm terjadi penurunan RPM menjadi 95,7 RPM dan 95 RPM. Hal ini menunjukkan bahwa pada kecepatan blower rendah, energi angin yang diterima turbin belum mampu menghasilkan putaran turbin secara optimal terutama pada jarak yang lebih jauh

2. Hasil Pengujian Kecepatan Blower 40%

Tabel 2. Kecepatan Blower 40%

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Output (V)
30	2,8	249	7,1
60	2,1	194	3
90	3,1	110	4,3
120	3,8	98	4,7

Berdasarkan Tabel 2, pada pengujian kecepatan blower 40% terjadi peningkatan RPM dan tegangan output dibandingkan pengujian sebelumnya. RPM tertinggi diperoleh pada jarak 30 cm yaitu sebesar 249 RPM dengan tegangan output sebesar 7,1 V. Namun, ketika jarak diperbesar menjadi 60 cm, 90 cm, dan 120 cm, nilai RPM mengalami penurunan secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antara blower dan turbin, maka energi angin yang diterima turbin semakin berkurang sehingga performa turbin menurun.

3. Hasil Pengujian Kecepatan Blower 60%

Tabel 3. Kecepatan Blower 60%

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Output (V)
30	3,5	287	9,3
60	3,5	393	8,2
90	3,4	263	7,9
120	3,6	107	6,8

Berdasarkan Tabel 3, pengujian pada kecepatan blower 60% menunjukkan peningkatan performa turbin yang cukup signifikan. RPM tertinggi diperoleh pada jarak 60 cm yaitu sebesar 393 RPM dengan tegangan output sebesar 8,2 V. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada jarak tertentu aliran udara dari blower dapat mengenai sudu turbin secara lebih merata sehingga menghasilkan putaran yang lebih tinggi. Sementara itu, pada jarak 120 cm terjadi penurunan RPM menjadi 107 RPM akibat berkurangnya energi angin yang diterima turbin.

4. Hasil Pengujian Kecepatan Blower 80%

Tabel 4. Kecepatan Blower 80%

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Output (V)
30	3,7	320	9,7
60	3,9	387	8,8
90	4,5	268	8,2
120	4,0	252	7,2

Berdasarkan Tabel 4, hasil pengujian pada kecepatan blower 80% menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan blower menyebabkan RPM dan tegangan output yang dihasilkan semakin besar. RPM tertinggi diperoleh pada jarak 60 cm yaitu sebesar 387 RPM dengan tegangan output sebesar 8,8 V. Pada jarak 90 cm dan 120 cm, nilai RPM mengalami penurunan meskipun kecepatan angin masih cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jarak pengujian mempengaruhi distribusi aliran udara yang diterima oleh sudu turbin.

5. Hasil Pengujian Kecepatan Blower 100%

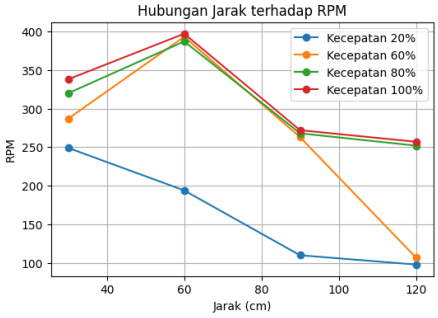
Tabel 5. Kecepatan Blower 100%

Jarak (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Output (V)
30	4,1	338	10,2
60	4,3	397	9,25
90	4,2	272	8,3
120	3,7	257	7,7

Berdasarkan Tabel 5, pengujian pada kecepatan blower 100% menghasilkan performa turbin paling tinggi dibandingkan seluruh variasi pengujian. RPM tertinggi diperoleh pada jarak 60 cm yaitu sebesar 397 RPM, sedangkan tegangan output terbesar diperoleh pada jarak 30 cm yaitu sebesar 10,2 V. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin berpengaruh terhadap peningkatan putaran turbin dan tegangan output generator yang dihasilkan.

B. Hasil Grafik Pengujian

1. Grafik Hubungan Jarak terhadap RPM



Gambar 8, *Grafik RPM*

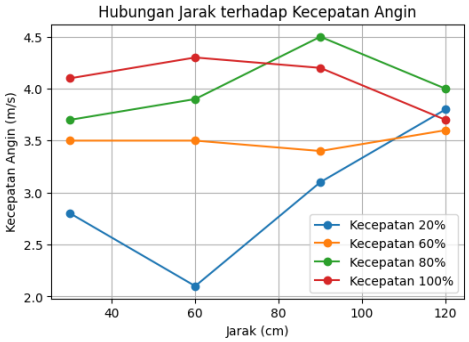
Grafik hubungan jarak terhadap tegangan output menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan generator mengalami perubahan pada setiap variasi jarak dan kecepatan blower. Tegangan output terbesar diperoleh pada kecepatan

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

blower 100% dengan jarak 30 cm yaitu sebesar 10,2 V. Nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin besar aliran udara yang diterima oleh sudu turbin, maka generator mampu menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Namun pada jarak yang lebih jauh, tegangan output cenderung mengalami penurunan akibat energi angin yang diterima turbin semakin berkurang. Hal ini menandakan bahwa jarak antara blower dan turbin sangat mempengaruhi kemampuan turbin dalam menghasilkan energi listrik.

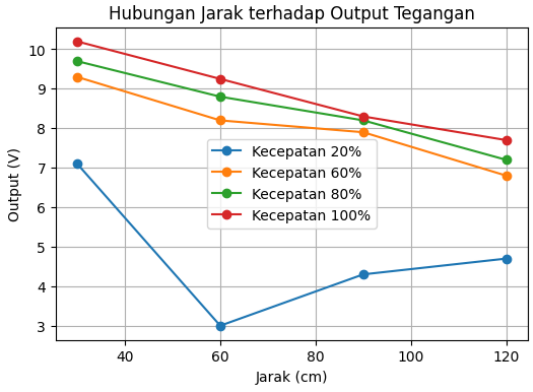
2. Grafik Hubungan Jarak terhadap Kecepatan Angin



Gambar 9. *Grafik Kecepatan Angin*

Hasil grafik RPM memperlihatkan adanya pengaruh variasi jarak terhadap kecepatan putaran turbin angin. RPM tertinggi diperoleh pada pengujian kecepatan blower 100% dengan jarak 60 cm yaitu sebesar 397 RPM. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada jarak tertentu aliran udara dari blower dapat mengenai sudu turbin secara lebih optimal sehingga menghasilkan putaran yang lebih tinggi. Sementara itu, pada jarak 90 cm dan 120 cm nilai RPM mengalami penurunan karena energi angin yang diterima turbin mulai melemah. Dengan demikian, jarak pengujian menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi performa putaran turbin angin.

3. Grafik Hubungan Jarak terhadap Tegangan Output



Gambar 10. *Grafik Tegangan Output*

Grafik kecepatan angin menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan blower menyebabkan bertambahnya aliran udara yang diterima turbin angin. Kecepatan angin tertinggi diperoleh pada blower 100% dengan nilai sebesar 4,3 m/s pada jarak 60 cm. Selain itu, terlihat bahwa nilai kecepatan angin pada setiap variasi jarak mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh distribusi aliran udara dari blower menuju sudu turbin. Perubahan kecepatan angin tersebut berpengaruh langsung terhadap peningkatan RPM dan tegangan output generator yang dihasilkan selama proses pengujian berlangsung

C. Hasil Keseluruhan Pengujian

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa variasi jarak dan kecepatan blower memberikan pengaruh terhadap performa turbin angin sumbu horizontal. Peningkatan kecepatan blower menyebabkan kecepatan angin yang diterima turbin menjadi lebih besar sehingga putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator juga mengalami peningkatan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa RPM tertinggi diperoleh pada kecepatan blower 100% dengan jarak 60 cm yaitu sebesar 397 RPM. Sementara itu, tegangan output terbesar diperoleh pada jarak 30 cm dengan kecepatan blower 100% yaitu sebesar 10,2 V. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi aliran udara dari blower mempengaruhi performa turbin dalam menghasilkan energi listrik.

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa jarak pengujian yang terlalu jauh menyebabkan energi angin yang diterima sudu turbin menjadi berkurang sehingga RPM dan tegangan output mengalami penurunan. Dengan demikian, kombinasi antara kecepatan blower dan variasi jarak sangat mempengaruhi kinerja turbin angin sumbu horizontal selama proses pengujian berlangsung.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jarak dan kecepatan blower memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap performa turbin angin sumbu horizontal, khususnya terhadap nilai putaran turbin (RPM) dan tegangan output generator yang dihasilkan. Peningkatan kecepatan blower menyebabkan kecepatan angin yang diterima oleh sudu turbin menjadi lebih besar sehingga energi kinetik angin yang diterima turbin meningkat dan menghasilkan putaran turbin yang lebih tinggi. Peningkatan putaran turbin tersebut juga berdampak pada meningkatnya tegangan output generator yang dihasilkan selama proses pengujian berlangsung.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap variasi jarak menghasilkan karakteristik performa turbin yang berbeda. Pada jarak tertentu, distribusi aliran udara dari blower dapat mengenai sudu turbin secara lebih optimal sehingga menghasilkan putaran turbin dan tegangan output yang lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian, nilai RPM tertinggi diperoleh pada kecepatan blower 100% dengan jarak 60 cm yaitu sebesar 397 RPM, sedangkan tegangan output terbesar diperoleh pada jarak 30 cm dengan nilai sebesar 10,2 V. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi dan konsentrasi aliran udara sangat mempengaruhi kemampuan

This is an open access article under the CC BY-4.0 license

E-ISSN 2723-5602
P-ISSN 2252-7095
https://journal.unnes.ac.id/journals/eduel/index

sudu turbin dalam menangkap energi angin dan mengubahnya menjadi energi listrik.

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antara blower dan turbin, maka energi angin yang diterima oleh sudu turbin cenderung mengalami penurunan. Hal tersebut menyebabkan putaran turbin menjadi lebih rendah sehingga tegangan output generator yang dihasilkan juga ikut menurun. Penurunan performa tersebut terjadi karena aliran udara yang berasal dari blower mulai menyebar dan kehilangan tekanan ketika mencapai jarak pengujian yang lebih jauh.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi antara variasi jarak dan kecepatan blower sangat mempengaruhi performa turbin angin sumbu horizontal dalam menghasilkan energi listrik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil, khususnya pada pengujian laboratorium menggunakan sumber angin buatan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan pengembangan pada bentuk sudu, jumlah sudu, maupun penggunaan jenis generator yang berbeda agar diperoleh performa turbin angin yang lebih optimal dan efisien.

REFERENSI

Firman, M., & Rendi. (2024). Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe L dengan Variasi Jarak Overlap. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, 8(1), 28–35.

Noor, M. F., Dewi, I. N. D. K., & Muhammad, A. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Angin Poros Horizontal. TRANSMISI, 18(1), 5–10.

Nugroho, A. S., Sadewa, Y. P., Farid, M. M., Sanjaya, A. P., Purwono, A. H., & Musabbikhah. (2023). Pengaruh Bahan Blade terhadap Output Turbin Jenis Savonius. Mechonversio: Mechanical Engineering Journal, 6(1), 11–15.

Ramadhan, H. R. N., Lubis, G. S., Taufiqurrahman, M., Nugroho, A. D., & Jumiyanto, J. (2025). Analisis Pengaruh Kecepatan Angin dan Overlap Ratio terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe-U. Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN), 6(1), 1–7.

Syahyuniar, R., Putra, M. R. F., Musthofa, I., Artika, K. D., & Iranto, R. (2024). Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Menggunakan Variasi Silinder Pengganggu. ELEMEN Jurnal Teknik Mesin, 11(1), 54–62.

This is an open access article under the CC BY-4.0 license