Jejakdigital
JURNAL ILMIAH MULTIDISIPLIN
Available online at https://indojurnal.com/index.php/jejakdigital

eISSN 3089-7734; pISSN 3089-7742
Vol. 1, No. 5b, Tahun 2025
doi.org/10.63822/t11r6y04
Hal. 3948-3957

Variasi Sudu Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan pada *Horizontal Axist Winde Turbine* (HAWT)

Reyhan Safa Ravendra [1], Karminto [2]
Program Studi S1 Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta[1,2]

*Email Korespodensi: reyhanrafindra5@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima 04-09-2025
Disetujui 15-09-2025
Diterbitkan 17-09-2025

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of blade number variations on the performance of a horizontal axis wind turbine in generating electrical energy. The blade variations used were 4, 8, and 12 blades. The measured parameters included rotational speed (rpm) and output voltage (V). The testing was carried out using a DC generator to convert mechanical energy into electrical energy, while the measurement data were recorded using a voltmeter and a tachometer. The results show that increasing the number of blades is directly proportional to the increase in rotational speed and voltage. In the 4-blade variation, the turbine produced a rotational speed of 180.8 rpm with a voltage of 27.2 V. In the 8-blade variation, the rotational speed increased to 323.8 rpm with a voltage of 30.6 V. The best performance was obtained in the 12-blade variation, which produced a rotational speed of 487.9 rpm and a voltage of 35.6 V. It can be concluded that the number of blades significantly affects the performance of the wind turbine. The 12-blade variation provided the most optimal results under the testing conditions and is recommended for small-scale wind turbine applications.

Keywords*: wind turbine, number of blades, rotational speed, voltage*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin angin poros horizontal dalam menghasilkan energi listrik. Variasi jumlah sudu yang digunakan adalah 4, 8, dan 12 sudu. Parameter yang diukur meliputi kecepatan putar (rpm) dan tegangan keluaran (V). Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan generator DC sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik, sedangkan data pengukuran dicatat menggunakan alat ukur voltmeter dan tachometer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu berbanding lurus dengan kenaikan kecepatan putar dan tegangan. Pada variasi 4 sudu, turbin menghasilkan kecepatan putar sebesar 180,8 rpm dengan tegangan 27,2 V. Pada variasi 8 sudu, kecepatan putar meningkat menjadi 323,8 rpm dengan tegangan 30,6 V. Hasil terbaik diperoleh pada variasi 12 sudu dengan kecepatan putar 487,9 rpm dan tegangan 35,6 V. Dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu sangat memengaruhi performa turbin angin. Variasi 12 sudu memberikan hasil paling optimal pada kondisi pengujian ini, sehingga dapat direkomendasikan untuk pemanfaatan turbin angin skala kecil.

Kata kunci: turbin angin; jumlah sudu; energi listrik; rpm.

Copyright © 2025 The Author(s) This article is distributed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:
Reyhan Safa Ravendra, & Karminto. (2025). Variasi Sudu Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan pada Horizontal Axist Winde Turbine (HAWT). Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(5b), 3948-3957. https://doi.org/10.63822/t11r6y04

PENDAHULUAN

Sumber energi tak terbarukan seperti batubara, gas dan minyak bumi ssemakin terbatas dan produksi diminimalkan dalam sepuluh tahun terakhir . Permintaan yang tinggi terhadap sumber energi tak terbarukan memiliki efek besar terhadap negara berkembang Energi tak terbarukan menimbulkan masalah perubahan iklim global dan pemanasan global seperti sulfur dioksida pada hasil produksinya . Energi terbarukan adalah solusi untuk menggantikan energi tak terbarukan sebagai sumber energi utama. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber energi baru terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi baru yang dapat diproduksi tanpa menghabiskan sumber energi alami. Saat ini banyak penelitian yang mulai mencari sumber ebergi alternatif seperti angin, geothermal, hydropower, ombak, biomass dan energi matahari.

Kebutuhan energi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat Hal ini terjadi dikarenakan, bertambahnya jumlah penduduk,pertumbuhan ekonomi dan pemakaian energi yang terus bertambah. Dari data komsumsi energi di Indonesia hingga 2050 seperti pada, laju pertumbuhan kebutuhan energi final sebesar 5,3% per tahun. Untuk itu, kebutuhan energi meningkat dari 795 juta SBM pada tahun 2016 menjadi 4.569 juta pada tahun 2050. Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan energi final terbesar adalah bahan bakar minyak (BBM) yakni sebesar 40,1% diikuti oleh listrik (21,3%), gas (17,7%), batubara (11,0%), dan sisanya LPG, bahan bakar nabati (BBN) dan biomassa masing-masing di bawah 4%.

Energi angin muncul sebagai sumber energi alternatif sekaligus sumber energi terbarukan. Indonesia sebagai Negara kepulauan memiliki (PLTB). Karena sifatnya yang terbarukan (renewable) sudah jelas akan memberikan keuntungan karena angin tidak akan habis digunakan tidak seperti pada penggunaan bahan bakar fosil. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkung wilayah pesisir yang potensial untuk pengembangan listrik tenaga angina.

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar adalah energi angin. Energi angin bersifat bersih, tidak menghasilkan emisi karbon, serta tersedia secara melimpah dan gratis. Untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik, digunakan suatu alat yang disebut turbin angin. Di antara berbagai jenis turbin angin, Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) merupakan tipe yang paling banyak digunakan karena memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi

Dalam sistem HAWT, salah satu komponen penting yang memengaruhi kinerja dan efisiensi konversi energi adalah sudu atau bilah turbin. Variasi pada sudu seperti jumlah, bentuk, sudut pitch, dan panjang sudu dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan rotasi turbin dan besarnya daya listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana variasi sudu ini dapat memengaruhi performa dari turbin angin tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan pada HAWT. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan desain turbin angin yang lebih efisien, khususnya dalam skala kecil hingga menengah yang dapat diterapkan di wilayah dengan potensi angin rendah hingga sedang.

METODE PELAKSANAAN

A. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tachometer
   Tachometer alat ini digunakan instrumen yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran suatu objek dalam satuan RPM (Revolutions Per Minute) atau putaran per menit. Alat ini hadir dalam berbagai bentuk, seperti tampilan analog (dial) dan digital, serta jenis tertentu seperti tachometer laser digital yang menggunakan teknologi inframerah untuk pengukuran tanpa kontak. Tachometert ini digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada saat turbin angina berputar.
2. Kompor dan Gas Elpiji
   Kompor dan gas elpiji ini sangat penting karena digunakan untuk memanaskan melenturkan pipa pvc agar mudah di bentuk untuk membuat sudu turbin angina,karena dengan dipanaskan permukaan pvc akan menjadi lentur dan mudah di datarkan agar mudah dalam proses membentuk sudu turbin.
3. Energi angin
   Energi angin ini merupakan komponen penting karena dengan angin yang stabil akan menggerakkan turbin angina. angin memutar bilah-bilah turbin yang seperti baling-baling, menggerakkan poros dan generator di dalam nacelle (rumah turbin) untuk menghasilkan listrik. Turbin angin memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi terbarukan yang bersih dan efisien untuk memenuhi kebutuhan energi bilah turbin dirancang secara aerodinamis, sehingga ketika angin bertiup, terjadi perbedaan tekanan udara di kedua sisinya yang menciptakan gaya angkat, membuat bilah berputar
4. Gergaji/Cutter
   Untuk memotong bahan sudu berupa pipa pvc maka bisa menggunakan gergaji kecil atau juga bisa menggunakan gerinda potong. Gergaji besi (hacksaw) adalah pilihan umum karena gigi-giginya yang halus cocok untuk PVC, tetapi menghasilkan tepian kasar yang perlu dirapikan. Gergaji tangan lainnya seperti gergaji pipa PVC juga bisa digunakan, namun membutuhkan tenaga lebih dan kurang efisien untuk proyek besar. Untuk hasil yang lebih cepat dan rapi, gergaji mitra listrik adalah pilihan yang sangat baik, terutama untuk banyak potongan lurus pada pipa berdiameter lebih besar
5. Gerinda potong
   Gerinda potong digunakan untuk memotong bagian bagian pipa pvc agar rapid an mempercepat proses pembuatan sudu turbin
6. Obeng
   Obeng adalah sebagai alat bantu yang digunakan untuk mengencangkan baut.
7. Tang
   Tang adalah alat bantu pemasangan komponen yang bias digunakan untuk memotong kabel dan mengencangkan mur baut.
8. Kunci Pas
   Kunci pas adalah alat bantu yang digunakan dalam proses pemasangan komponen turbin angin.
9. Kamera
   Kamera Hp digunakan untuk mengabadikan dan mendokumentasikan hasil uji coba variasi turbin agin.
10. Generator Dc
    Gear rasio ini memiliki fungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. dimana saat putaran turbin rendah dengan bantuan gear rasio ini bisa memaksimalkan putaran generator. 1:3 (1 kali putaran turbin sama dengan 3 kali putaran generator).

11. Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur untuk mengukur tegangan atau beda potensial listrik dalam suatu rangkaian listrik. Alat ini dipasang secara paralel dengan komponen yang tegangannya ingin diukur untuk menunjukkan besarnya potensial listrik antara dua titik.

B. Bahan

1. Bilah Sudu Pipa Pvc
   Bilah sudu berbahan dari pipa pvc dipilih karena selain mudah didapatkan pipa pvc juga sangat mudah di bentuk dilempengkan dengan cara dipanaskan selain itu bahan pvc juga ringan sehingga akan mempermudah angina untuk memutar sudu baling baling
2. Rasio
   Rasio berfungsi mengoptimalkan dan mengkonversikan dari energy angina menjadi daya listrik dengan mengatur kesesuaian antara kecepatan ujung bilah dan kecepatan angina.
3. Frame turbin
   Dudukan frame turbin ini terbuat dari material besi untuk menopang turbin angin dan mencegah terjadinya getaran.

C. Proses Pembuatan bilah sudu

1. Memotong Pipa Pvc
   Pada tahap ini pipa Pvc 6 meter di potong menjadi 50 cm an
2. Membelah pipa mernjadi 2 bagian
3. Setelah terpotong menjadi 50 cm setelah itu belah pipa pvc menjadi 2 bagian sebelum masuk ke tahap selanjutnya.
4. Memanaskan Pipa PVC
   Setelah dipotong menjadi 2 bagian memanaskan pipa pvc tersebut agar lunak dan mudah dibentuk setelah itu tekan pipa agar permukaannya rata.
5. Gambar dan Potong Sesuai Bentuk Sudu
   Setelah rata gambar sesuai desain sudu yang akan di buat jika sudah potong sesuai dengan bentuk sudu potong menggunakan gerinda potong agar mempercepat proses dan rapi.
6. Melengkungkan Sudut
   Setelah terbentuk lengkungkan bilah sudu ke kanan agar saat dipasang turbin dapat menerima angina dan rasio akan berputar ke kanan.
7. Merangkai sudu
   Setelah bilah sudu sudah jadi rangkai dengan menyatukannya disini saya menggunakan tutup pipa dengan berbagai variasi sesuai jumlah sudu variasi 4 bilah sudu menggunakan tutup pipa 4 dim,variasi 8 bilah sudu menggunakan tutup pipa 6 dim,lalu variasi 12 bilah sudu menggunakan tutup pipa 10 dim.

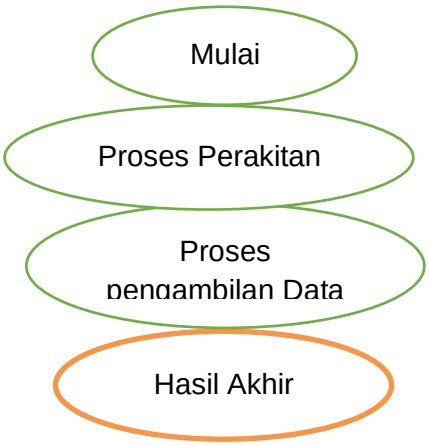
D. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pengujian untuk pengambilan data pada penelitian ini sudah dilakukan tepatnya di area persawahan dekat dengan Bandara Adi Soemarmo Dan waktu penelitian dilaksanakan perkiraan bulan Mei-Juli 2025.

E. Variabel Penelitian

Variasi sudu pada turbin angin sumbu horizontal (HAWT) mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan. Penelitian menunjukkan bahwa jumlah dan sudut sudu dapat memengaruhi efisiensi dan performa turbin, dengan variasi tertentu menghasilkan daya maksimum yang berbeda.

F. Tahapan Penelitian



Gambar 1 Flowchart

G. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dianalisis dengan statistik deskriptif untuk menggambarkan hasil daya yang dihasilkan pada setiap variasi sudu. Selanjutnya, uji ANOVA (Analisis Varians) akan digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara daya yang dihasilkan oleh variasi sudu yang berbeda. Hasil analisis ini akan menunjukkan variasi sudu mana yang memberikan daya listrik paling optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Variasi sudu

Variasi sudu	Rpm (putaran/menit)	Tegangan (*Volt*)
4 sudu	180,8	27,2
8 sudu	323,8	30,6
12 sudu	487,9	35,6

Berdasarkan tabel di atas, dapat diamati bahwa jumlah sudu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja turbin. Pada variasi 4 sudu, turbin hanya mampu menghasilkan kecepatan putar sebesar 180,8 rpm dengan tegangan keluaran 27,2 *Volt*. Nilai ini menunjukkan bahwa jumlah sudu yang lebih sedikit kurang optimal dalam menangkap energi angin, sehingga energi mekanik yang dihasilkan juga relatif rendah.

Pada variasi 8 sudu, terjadi peningkatan yang cukup besar dibandingkan dengan 4 sudu. Kecepatan putar meningkat hampir 79,9% menjadi 323,8 rpm, sedangkan tegangan yang dihasilkan naik menjadi 30,6

Volt atau meningkat sekitar 12,5%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu membuat turbin mampu menangkap energi angin lebih banyak, sehingga putaran generator menjadi lebih cepat dan menghasilkan tegangan lebih tinggi.

Hasil tertinggi diperoleh pada variasi 12 sudu, di mana turbin mampu berputar dengan kecepatan 487,9 rpm dan menghasilkan tegangan 35,6 *Volt*. Peningkatan ini cukup signifikan, yaitu sekitar 51,0% pada kecepatan putar dibandingkan dengan 8 sudu, serta peningkatan 16,3% pada tegangan listrik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sudu, semakin besar pula energi angin yang dapat ditangkap untuk dikonversi menjadi energi listrik.

Fenomena ini sesuai dengan prinsip dasar aerodinamika turbin angin, di mana jumlah sudu yang lebih banyak akan meningkatkan luas tangkapan angin (*swept* area), sehingga gaya dorong (thrust) dan torsi poros turbin bertambah besar. Hal ini menyebabkan rotor berputar lebih cepat dan meningkatkan ggl (gaya gerak listrik) yang diinduksi dalam generator.

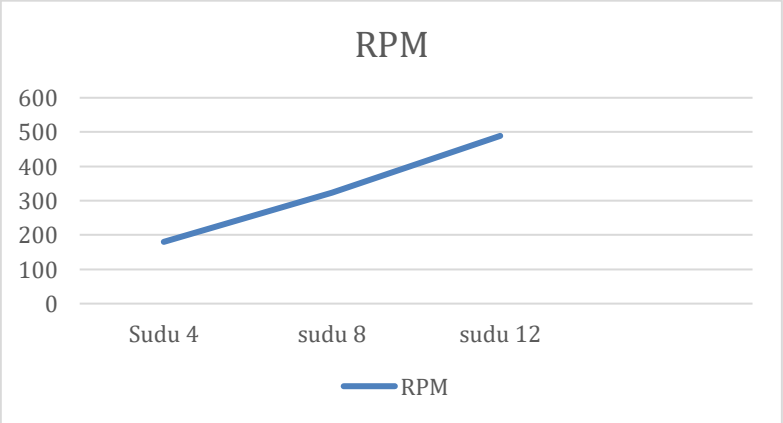
Namun, penting dicatat bahwa meskipun hasil penelitian ini menunjukkan tren peningkatan kinerja dengan penambahan sudu, pada kondisi nyata penambahan sudu secara berlebihan dapat menimbulkan efek negatif berupa meningkatnya hambatan aerodinamis (*drag*) yang justru dapat menurunkan efisiensi. Oleh karena itu, penentuan jumlah sudu yang optimal perlu disesuaikan dengan kondisi kecepatan angin, desain turbin, serta tujuan penggunaannya.

Analisis Kecepatan Putar (Rpm)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sudu, semakin tinggi kecepatan putar yang dihasilkan.

- Pada 4 sudu, turbin hanya mampu menghasilkan putaran sebesar 180,8 rpm.
- Pada 8 sudu, kecepatan meningkat menjadi 323,8 rpm atau naik sebesar 79,9% dibandingkan 4 sudu.
- Pada 12 sudu, kecepatan bertambah lagi menjadi 487,9 rpm, meningkat 51,0% dibandingkan dengan 8 sudu.

Kenaikan ini terjadi karena semakin banyak sudu, semakin luas bidang tangkapan angin (*swept* area) sehingga energi kinetik angin yang diubah menjadi energi mekanik juga semakin besar. Dengan kata lain, penambahan jumlah sudu memperbesar torsi poros turbin yang berpengaruh langsung terhadap kecepatan putar rotor.



Gambar 2 Grafik RPM

Analisis Tegangan Listrik

Selain memengaruhi kecepatan putar, jumlah sudu juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian yang menunjukkan adanya peningkatan tegangan pada setiap penambahan jumlah sudu.

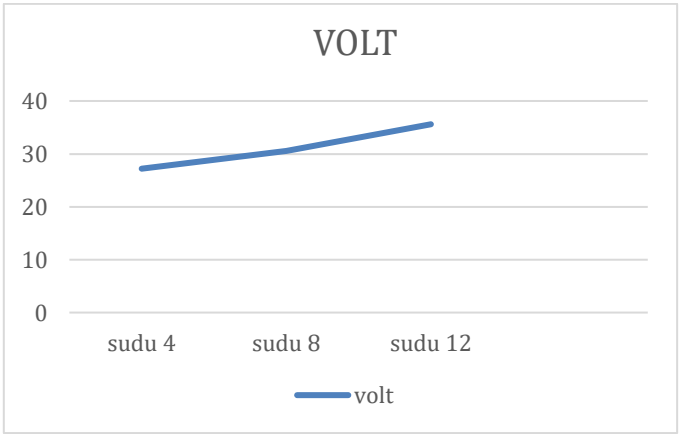
Pada variasi 4 sudu, turbin angin hanya mampu menghasilkan tegangan sebesar 27,2 *Volt*. Nilai ini tergolong paling rendah dibandingkan variasi lainnya karena jumlah sudu yang sedikit membuat luas penampang tangkapan angin lebih kecil, sehingga energi kinetik angin yang berhasil dikonversi menjadi energi mekanik pun terbatas. Akibatnya, kecepatan putar rotor generator rendah dan gaya gerak listrik (ggl) yang diinduksi pada kumparan juga kecil.

Selanjutnya, pada variasi 8 sudu, tegangan keluaran meningkat menjadi 30,6 *Volt*, atau mengalami kenaikan sekitar 12,5% dibandingkan dengan 4 sudu. Kenaikan ini menandakan bahwa dengan penambahan jumlah sudu, turbin mampu menangkap energi angin lebih optimal sehingga menghasilkan putaran yang lebih cepat dan tegangan listrik yang lebih besar.

Peningkatan yang lebih signifikan terjadi pada variasi 12 sudu, di mana tegangan yang dihasilkan mencapai 35,6 *Volt*, atau naik sebesar 16,3% dibandingkan dengan variasi 8 sudu. Nilai ini merupakan tegangan tertinggi dari seluruh variasi yang diuji. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak jumlah sudu, semakin besar pula kemampuan turbin untuk menangkap energi angin dan mengubahnya menjadi energi listrik.

Fenomena ini sesuai dengan prinsip dasar kerja generator, yaitu bahwa tegangan induksi berbanding lurus dengan kecepatan putar rotor. Ketika rotor berputar lebih cepat akibat bertambahnya jumlah sudu yang menangkap energi angin, fluks magnetik pada kumparan stator generator berubah lebih cepat pula, sehingga tegangan induksi yang dihasilkan menjadi lebih besar. Dengan kata lain, hubungan antara jumlah sudu, kecepatan putar, dan tegangan listrik bersifat saling berkaitan dan saling mendukung.

Meskipun demikian, peningkatan jumlah sudu tidak selalu berarti peningkatan efisiensi dalam kondisi nyata. Pada titik tertentu, penambahan sudu berlebih dapat menimbulkan kerugian aerodinamis berupa drag yang tinggi, sehingga dapat menurunkan rasio kecepatan putar terhadap energi angin yang tersedia. Namun dalam penelitian ini, hingga batas 12 sudu, hasil pengujian masih menunjukkan tren peningkatan tegangan secara konsisten, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan sudu masih memberikan keuntungan pada performa turbin angin.



Gambar 3 Grafik VOLT

Hubungan Jumlah Sudu Dengan Kinerja Turbin

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara jumlah sudu dengan kinerja turbin angin. Penambahan jumlah sudu meningkatkan kecepatan putar maupun tegangan listrik yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa jumlah sudu berbanding lurus dengan performa turbin.

Namun, meskipun dalam penelitian ini tren kinerja terus meningkat hingga 12 sudu, tidak menutup kemungkinan bahwa penambahan sudu yang lebih banyak akan menimbulkan kerugian aerodinamis berupa meningkatnya hambatan udara (*drag*). Hambatan tersebut dapat menyebabkan efisiensi menurun meskipun daya awal yang dihasilkan lebih besar.

Dengan demikian, variasi 12 sudu memberikan hasil terbaik pada penelitian ini, tetapi untuk menentukan jumlah sudu yang paling optimal perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan memperhatikan kecepatan angin, efisiensi generator, serta kebutuhan daya listrik yang diinginkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pada turbin angin dengan variasi jumlah sudu, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah sudu berpengaruh signifikan terhadap kinerja turbin angin. Semakin banyak sudu yang digunakan, semakin besar pula kecepatan putar (rpm) dan tegangan yang dihasilkan.
2. Pada variasi 4 sudu, turbin menghasilkan kecepatan putar sebesar 180,8 rpm dengan tegangan keluaran 27,2 V.
3. Pada variasi 8 sudu, kecepatan putar meningkat menjadi 323,8 rpm dengan tegangan 30,6 V, atau terjadi kenaikan sekitar 79,1% pada rpm dan 12,5% pada tegangan dibandingkan 4 sudu.
4. Hasil terbaik diperoleh pada variasi 12 sudu dengan kecepatan putar 487,9 rpm dan tegangan 35,6 V. Daya listrik yang dihasilkan mencapai 12,46 W, lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya.
5. Secara umum, peningkatan jumlah sudu mampu meningkatkan luas tangkapan angin (swept area) sehingga energi kinetik angin yang dikonversi menjadi energi listrik juga meningkat.
6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi 12 sudu memberikan performa paling optimal dalam kondisi pengujian.

SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian dengan variasi jumlah sudu yang lebih beragam (misalnya 3, 6, atau 9 sudu) agar dapat diketahui titik jumlah sudu yang paling efisien.
2. Pengukuran sebaiknya tidak hanya pada rpm, tegangan, dan daya, tetapi juga pada arus, torsi, serta efisiensi konversi energi, sehingga kinerja turbin dapat dianalisis lebih komprehensif.
3. Uji coba sebaiknya dilakukan pada berbagai kondisi kecepatan angin untuk mengetahui karakteristik turbin pada kecepatan rendah, sedang, dan tinggi.
4. Desain sudu (bentuk, sudut, dan material) juga dapat divariasikan, karena faktor tersebut berpengaruh terhadap aerodinamika dan kinerja turbin angin.
5. Untuk implementasi nyata, perlu dipertimbangkan penggunaan sistem penyimpanan energi (baterai) dan pengendali daya agar energi listrik dari turbin angin dapat dimanfaatkan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Yahya, W., Ziming, K., Juan, W., Qurashi, M. S., Al-Nehari, M., & Salim, E. (2021). Influence of tilt angle and the number of guide vane blades towards the Savonius rotor performance. Energy Reports, 7, 3317–3327.

Sudirman, S., & Santoso, H. (2020). Pengaruh pengarah angin dan kecepatan angin pada turbin Savonius tiga sudu terhadap energi listrik yang dihasilkan. Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi, 16(2), 255–260.

Bhaskara, Y. (2021). Perancangan turbin angin tipe horizontal axis sebagai pembangkit listrik kapasitas rendah konfigurasi lima blade (Skripsi Sarjana, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara).

Simanjuntak, J. N., Tangkuman, S., & Rondonuwu, I. (2020). Simulasi pengaruh jumlah dan panjang sudu terhadap daya turbin angin tipe poros horisontal. Jurnal Online Poros Teknik Mesin, 10(1), 31–42.

Noora, M. F., Kusuma Dewi, I. N. D., & Muhammad, A. (2022). Analisa pengaruh variasi sudu terhadap kinerja kincir angin poros horizontal. TRANSMISI, 18(1), 5–10.

Irwansyah, & Anwar, M. S. (2023). Pengaruh jumlah sudu terhadap performa pada turbin angin Savonius tipe U. Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME), 2(1), 37–44

Firoozi, A. A., Firoozi, A. A., & Hejazi, F. (2024). Innovations in wind turbine blade engineering: Exploring materials, sustainability, and market dynamics. Sustainability, 16(19), 8564.

Sidiq, A. R., & Trianiza, I. T. (2024). Perancangan turbin angin tipe screw dengan menggunakan 3 sudu kapasitas 100 watt. AL Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 9(2).

Tjahjana, D. D. D. P., Arifin, Z., Suyitno, S., Juwana, W. E., Prabowo, A. R., & Harsito, C. (2021). Experimental study of the effect of slotted blades on the Savonius wind turbine performance. Theoretical and Applied Mechanics Letters, 11(3). https://doi.org/10.1016/j.taml.2021.10024 9