



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



PENGARUH JUMLAH SUDU DAN PEMBEBANAN TERHADAP ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL SKALA MIKRO

Vita Ayu Aspriyanti¹, Herman Saputro¹ Danar Susilo Wijayanto¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email : vitayu341@gmail.com

Abstract

The needs of electrical energy particularly in Indonesia is very great and continues to increase every year. The development of a micro scale horizontal axis wind turbine can be a solution to solve that. This research has a purpose to find out the influence of number of blades and wind speed variation on electrical energy produced by micro scale horizontal axis wind turbines. The method which was used in this research was experiment method and it was implemented at the Laboratory of Study Program of Mechanical Engineering Education of Sebelas Maret University. The variable that was used in this research was by using blades with airfoil SG6043 with variations of blades number and the giving load in the form of 12v and 24v LED lights. The horizontal axis wind turbine rotor has a diameter of 800 mm and a blade length of 400 mm which is printed with 3D Printing PLA material. The data collection was implemented on the wind speed of 1 m/s to 5 m/s. The results of this research is the wind turbine that used 5 blades produced the highest power of 9.22 Watt at 24v loading and had the highest power performance value of 0.241 at maximum wind speed of 5 m/s. The number of blades and wind speed and loading could affect the electrical power produced by the turbine, the more blades and the higher the wind speed, the greater the power generated by the turbine.

Keywords: *micro scale horizontal axis wind turbine, SG6043, number of blades, power*

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk 1,25% dengan jumlah populasi penduduk

terbesar keempat di dunia setelah China, India, dan Amerika Serikat dengan 270, 20 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2020) yang menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah

konsumsi energi. Tingginya laju pertumbuhan penduduk seiring dengan peningkatan kebutuhan konsumsi energi yang berdampak pada berkurangnya cadangan energi di Indonesia. Total konsumsi energi pada tahun 2018 masih didominasi sektor transportasi sebesar 40%, sektor industri 38%, sektor rumah tangga sebesar 15%, sektor komersial 5% dan lain-lain 2% (Outlook Energi Indonesia, 2020).

Penggunaan energi listrik terbesar saat ini didominasi oleh bahan bakar fosil yang merupakan energi tidak terbarukan atau tidak dapat diperbaharui. Untuk mengatasi ketergantungan pada penggunaan energi fosil perlu dilakukan pembatasan penggunaan dan mulai beralih dari energi fosil ke energi yang dapat diperbaharui. Angin merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena tidak dapat mencemari lingkungan. Di Indonesia pemanfaatan energi angin masih kurang optimal. Potensi yang tersedia sebesar 60,6 GW hanya termanfaatkan sebesar 18,75 MW atau hanya sekitar 0,0165% (Outlook Energi Indonesia, 2020).

Turbin angin merupakan salah satu pemanfaatan energi angin dengan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Turbin angin dapat mengubah

energi kinetik pada angin menjadi energi listrik dengan memanfaatkan generator. pemanfaatan turbin angin sumbu horizontal telah banyak dilakukan namun kurang mendapatkan hasil yang maksimal. Kecilnya pemanfaatan energi angin disebabkan kecepatan rata-rata angin di Indonesia yang rendah hanya sekitar 2,0 - 5,0 m/s (Warjito & Rachman, 2012). Pengaplikasian turbin angin untuk pembangkit listrik dengan menyesuaikan kecepatan angin di Indonesia lebih tepat dengan turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal.

Turbin angin merupakan salah satu pemanfaatan energi angin dengan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Turbin angin dapat mengubah energi kinetik pada angin menjadi energi listrik dengan memanfaatkan generator. pemanfaatan turbin angin sumbu horizontal telah banyak dilakukan namun kurang mendapatkan hasil yang maksimal. Kecilnya pemanfaatan energi angin disebabkan kecepatan rata-rata angin di Indonesia yang rendah hanya sekitar 2,0 s/d 5,0 m/s (Warjito & Rachman, 2012). Pengaplikasian turbin angin untuk pembangkit listrik dengan menyesuaikan kecepatan angin di Indonesia lebih tepat dengan turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal (Chaudhary & Prakash, 2018).

B. METODE PENELITIAN

Pembuatan sudu dilakukan dengan 3D *Printing* menggunakan material PLA. Setelah pembuatan sudu dan *assembly* objek penelitian, dilakukan pengujian pada turbin angin. Penelitian dilakukan pada 1 Juni hingga 15 Agustus 2021 di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sebelas Maret. *Wind Tunnel* mensimulasikan keadaan sebenarnya dari objek di bawah pengaruh aerodinamika. *Wind tunnel* digunakan sebagai tempat pengujian untuk turbin angin sumbu horizontal. Panjang *wind tunnel* adalah 3000 mm, lebar 2000 mm dan tinggi 2400 mm.

Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi perhatian penelitian. Tujuan utama penelitian ini adalah menjelaskan variabel terikat, selanjutnya diharapkan dapat ditemukan hasil dan penyelesaian dari permasalahan. Variabel terikat pada penelitian ini adalah daya output yang dihasilkan oleh turbin angin sumbu horizontal skala mikro.

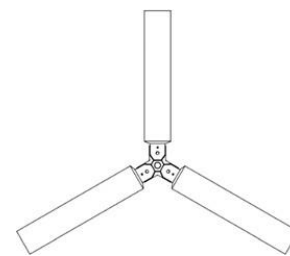
Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Jumlah sudu yang digunakan adalah tiga, empat dan lima sudu.
2. Pembebanan yang digunakan berupa lampu LED 12v dan 24v.

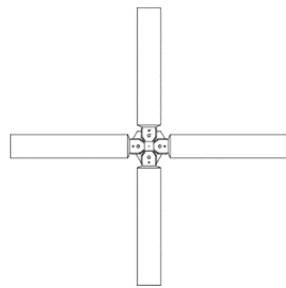
3. Kecepatan angin yang digunakan adalah 1 m/s hingga 5 m/s dengan interval 0,2.

Data penelitian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan mengamati secara langsung hasil pengukuran di lapangan. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan metode penyelidikan deskriptif untuk mencari pemecahan masalah terkait pemanfaatan energi angin sebagai energi terbarukan melalui perbandingan hubungan sebab akibat dengan faktor-faktor yang diteliti. Data yang telah dibuat ke dalam grafik dianalisis dan ditarik kesimpulan.

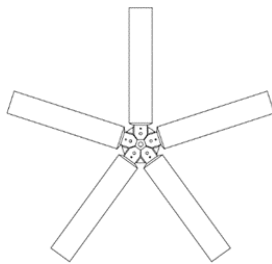
Sudu yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang 400 mm. Turbin angin yang digunakan memiliki tinggi 1500 mm dengan diameter rotor 850 mm. generator yang digunakan adalah tipe PMSG dengan daya maksimum 100 Watt.



(a)



(b)

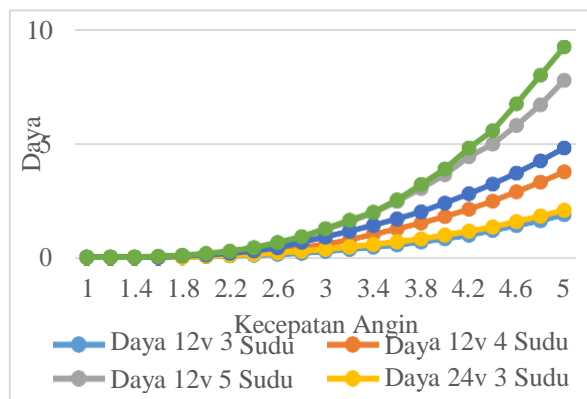


(c)

Gambar 1. Konfograsi jumlah sudu (a) tiga sudu (b) empat sudu (c) lima sudu

PEMBAHASAN

Pada pengujian pengaruh jumlah sudu dan pembebanan terhadap daya didapatkan data daya yang tertera pada gambar 1.



Gambar 2. Perbandingan Setiap Sudu dengan Pembebanan

Hasil pengujian daya yang dihasilkan turbin angin dengan berdasarkan jumlah sudu dan pembebanan, diketahui pada

pembebanan lampu 12v daya terendah yang dihasilkan oleh turbin dengan tiga sudu yaitu sebesar 0,025Watt pada kecepatan angin 2 m/s, dan daya tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan lima sudu yakni sebesar 5,028Watt pada kecepatan angin 5 m/s.

Pada kecepatan angin 2 m/s dengan pembebanan 24v menghasilkan daya terendah sebesar 0,052Watt pada turbin dengan menggunakan tiga sudu. Daya tertinggi dihasilkan oleh turbin angin dengan lima sudu sebesar 9,22Watt pada kecepatan angin 5 m/s

Berdasarkan variasi jumlah sudu memiliki perbedaan karakteristik satu dengan yang lainnya. Turbin dengan lima sudu dapat menghasilkan daya yang lebih maksimal dibandingkan dengan jumlah sudu yang lainnya. Turbin angin dengan tiga sudu menghasilkan daya lebih sedikit dikarenakan jarak antar sudu terlalu jauh sehingga menyebabkan distribusi angin tidak merata antar sudu dan energi yang diperoleh hilang. Turbin dengan lima sudu mampu menghasilkan putaran yang optimal dikarenakan jarak antar sudu tidak terlalu jauh sehingga menghasilkan daya yang lebih tinggi.

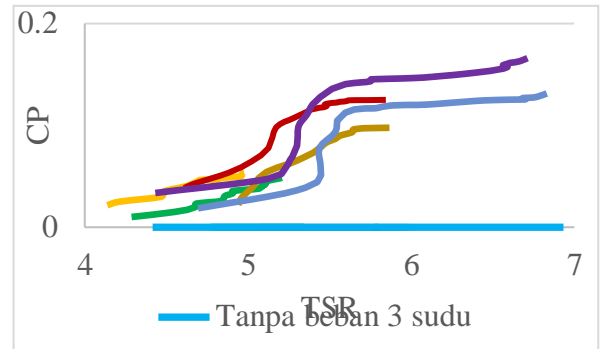
Penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto et al. (2021) dengan variasi jumlah sudu sebanyak tiga dan empat sudu

didapatkan bahwa turbin dengan empat sudu menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan tiga sudu. Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Sayoga, (2014) yang melakukan penelitian pada turbin angin sumbu horizontal dengan variasi sudu sebanyak tiga, empat dan lima didapatkan hasil bahwa turbin dengan lima sudu menghasilkan daya yang paling optimal dibandingkan tiga sudu dan empat sudu.

Pemberian beban pada turbin angin mempengaruhi kemampuan sudu dan turbin dalam menghasilkan energi listrik. Pemberian beban berupa lampu LED 24v menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan 12v, hal tersebut dikarenakan semakin besar beban maka semakin besar pula kuat arus yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh Achmad et al. (2014) dengan memberikan beban pada turbin angin berupa lampu didapatkan hasil bahwa dengan adanya pemberian beban mampu meningkatkan kemampuan turbin dalam menghasilkan energi listrik.

Indikator dari kemampuan turbin selain daya adalah *tip speed ratio* (TSR) dan koefisien daya (CP). TSR merupakan perbandingan kecepatan putaran rotor dengan kecepatan angin sedangkan koefisien daya

merupakan kemampuan turbin dalam mengkonversi energi yang berasal dari angin menjadi energi listrik, energi tersebut dikonversi oleh sudu.



Gambar 3. Perbandingan TSR dan CP

Pada pengujian ini didapatkan hasil *cut in speed* turbin dengan tiga, empat dan lima sudu yaitu pada kecepatan angin 2 m/s, 1,8 m/s dan 1,6 m/s. Jumlah sudu mempengaruhi kecepatan putaran awal pada turbin, hal tersebut dikarenakan turbin dapat berputar dengan memanfaatkan gaya angkat. Semakin banyak sudu pada turbin maka semakin besar pula gaya angkat pada turbin dan memudahkan turbin berputar pada kecepatan angin rendah.

Pada penelitian ini nilai TSR dan CP optimal yang dihasilkan oleh turbin adalah pada lima sudu pada kecepatan angin 5 m/s dengan pembebanan 24v. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada turbin angin diketahui bahwa nilai TSR terendah adalah 4,139 sedangkan nilai terendah CP adalah 0 pada turbin dengan tiga sudu. Nilai TSR tertinggi adalah 6,93 sedangkan nilai CP

adalah 0,241 pada turbin angin dengan lima sudu pada kecepatan angin 5 m/s.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sangidzun et al. (2021) membuktikan bahwa semakin banyak jumlah sudu pada turbin maka semakin besar gaya angkat yang bekerja pada turbin sehingga turbin dapat berputar pada kecepatan angin yang rendah. Pengujian tersebut menggunakan variasi tiga, empat dan lima sudu dengan penambahan *winglet* didapatkan *cut in speed* masing-masing adalah 2,3 m/s, 1,8 m/s dan 1,8 m/s.

Penelitian yang dilakukan oleh Jiang et al. (2015) didapatkan hasil bahwa nilai koefisien daya (CP) yang ideal pada turbin akan semakin meningkat apabila jumlah sudu pada turbin angin semakin banyak. Sehingga rasio gaya *lift* dan *drag* pada sudu tidak terbatas dan rasio kecepatan ujung mendekati tak terhingga maka koefisien daya pada turbin angin ideal mendekati batas Betz.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian beban pada turbin berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, semakin besar beban maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh turbin angin.

2. Turbin dengan lima sudu pada beban 24v menghasilkan daya tertinggi sebesar 9,22 *Watt* dibandingkan dengan jumlah sudu tiga dan empat.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, C., Surindra, M. D., & Prasetyo, B. (2014). Unjuk Kerja Sistem Turbin Angin Sumbu Horisontal Tipe Tsd 500 Berdasarkan Nilai Tip Speed Ratio. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 10(2), 35–38.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Hasil Sensus Penduduk 2020. *Berita Resmi Statistik*, 27, 1–52. <https://papua.bps.go.id/pressrelease/2018/05/07/336/indeks-pembangunan-manusia-provinsi-papua-tahun-2017.html>
- Chaudhary, M. K., & Prakash, S. (2018). Investigation of Aerodynamic Behavior of SG series Airfoil on Small Wind Turbine Blade. *International Journal of Management, Technology And Engineering*, 8(372), 372–379.
- Jiang, H., Li, Y., & Cheng, Z. (2015). Performances of ideal wind turbine. *Renewable Energy*, 83, 658–662. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.05.013>
- Outlook Energi Indonesia. (2020). *Indonesia*

- Energy Outlook 2020 - Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sektor Energi di Indonesia* (Issue September).
- Sangidzun, A., Wijayanto, D. S., Saputro, H., Soenarto, & Triyono, M. B. (2021). Performance Test of Winglet Horizontal Shaft Wind Turbine against Cut in Speed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1808(1), 4–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012028>
- Sayoga, I. M. A. (2014). Pengaruh Variasi Jumlah Blade terhadap Aerodinamik Performan pada Rancangan Kincir Angin 300 Watt. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 2088–88.
- Warjito, & Rachman, A. (2012). Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV*, 187, 936–942.
- Wijayanto, D. S., Soenarto, Triyono, M. B., & Sangidzun, A. (2021). Experimental Study of the Effect of Winglets on Horizontal Wind Turbine (HAWT) Performance. *International Energy Journal*, 21(3), 375–384.

