

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.15

DESAIN TURBIN SAVONIUS DENGAN VARIASI KELENGKUNGAN SUDU BERBAHAN KALENG CAT

Muhammad Fajri Zetra^{a)}, Hadi Nasbey^{b)}, Esmar Budi^{c)}

¹Ganti bagian ini dengan afiliasi/ institusi Penulis (gunakan alamat lengkap). Superskrip “a)” menunjukkan alamat email penulis di bawah. Gunakan b), c), dst. untuk menunjukkan alamat email jika penulis lebih dari satu.

²Tambahan alamat afiliasi dtuliskan dengan superskrip 2, 3, dst. seperti ditunjukkan di atas.

³Tambahan alamat afiliasi, dst..

Email: ^{a)}penulispertama@emailaddress.ac.id, ^{b)}penuliskedua@thisaddress.org, dst

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan desain turbin angin tipe savonius dengan variasi kelengkungan sudu. Variasi kelengkungan sudu yang digunakan yaitu 180 mm, 165 mm, dan 135 mm dengan sudu bertipe U berjumlah tiga yang terbuat dari kaleng cat. Sudu bertipe U digunakan karena angin disirkulasikan terpusat di pusat turbin sehingga memiliki kecepatan putar yang tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan. Turbin disimulasikan dengan beberapa kecepatan angin sebesar 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* turbin akan semakin besar. Kecepatan angin mempengaruhi putaran poros sehingga semakin besar putaran poros maka *tip speed ratio* semakin besar.

Kata-kata kunci: turbin savonius, kelengkungan sudu, sudu bertipe U, *tip speed ratio*.

Abstract

This study aims to develop a savonius type wind turbine design with a variation of blade curvature. The variation of the curvature of the blade used are 180 mm, 165 mm, and 135 mm with three U-type blades made of paint cans. U-type blade is used because the wind is centrally circulated in the center of the turbine so that it has a high rotating speed. The method used in this research is development research method. The turbine is simulated with several wind speeds which are 3 m/s, 4 m/s, and 5 m/s. The results show that the greater the blade curvature, the greater the tip speed ratio of the turbine. Wind speed affects the rotation of the shaft so that the greater the rotation of the shaft, the greater the tip speed ratio.

Keywords: savonius turbine, blade curvature, U-type blade, tip speed ratio.

PENDAHULUAN

Zaman sekarang energi listrik sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia. Energi listrik berasal dari energi fosil yang mana energi fosil merupakan sumber energi tak terbarukan. Penggunaan energi tak terbarukan secara terus menerus dapat membuat persediaannya habis. Energi tak terbarukan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat tersedia kembali dan memiliki efek kurang ramah lingkungan [1]. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi yang dapat menggantikan penggunaan energi tak terbarukan. Energi tersebut adalah energi terbarukan (*renewable energy*). Salah satu contoh energi terbarukan adalah energi angin.

Pemanfaatan energi angin dapat menggunakan turbin angin. Turbin angin diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal [2]. Turbin angin sumbu vertikal mampu dipasang di lingkungan angin yang lambat seperti daerah perkotaan karena umumnya dapat menghasilkan energi dengan kecepatan angin yang rendah [3]. Turbin angin savonius adalah salah satu contoh dari turbin angin sumbu vertikal [4].

Kerja turbin angin savonius berdasarkan prinsip gaya hambat (*drag force*) pada permukaan sudu [5]. Sudu merupakan bagian dari turbin angin yang menerima energi kinetik dari angin dan dikonversi menjadi energi putar menggunakan prinsip aerodinamika angin [6]. Ketika kontak dengan udara, sudu turbin akan mengalami tegangan geser pada permukaannya [2]. Perbedaan gaya hambat yang bekerja pada sudu akan menghasilkan torsi yang dapat memutar turbin untuk menghasilkan energi [7]. Kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe savonius dipengaruhi jumlah sudu. Kinerja turbin akan meningkat pada kecepatan angin sekitar 3-5 m/s dengan penambahan jumlah sudu turbin [8]. Tingkat kelengkungan turbin dipengaruhi oleh massa dan luas penampang turbin [9].

Penelitian ini bertujuan membuat desain turbin angin savonius berjumlah tiga bertipe U. Sudu dibuat menggunakan kaleng cat. Kaleng cat yang digunakan terbuat dari bahan seng. Seng memiliki sifat keras dan rapuh namun dapat ditempa antara suhu 100° sampai 150° C. Karena dapat ditempa, seng dapat digunakan untuk membuat sudu turbin yang melengkung. Selain itu, seng digunakan karena harganya murah dan mudah didapat. Pemilihan bahan seng untuk dilihat pengaruhnya terhadap putaran turbin. Desain turbin yang dibuat divariasikan kelengkungan sudunya untuk mengetahui nilai dari *tip speed ratio*. *Tip speed ratio* adalah perbandingan antar putaran kecepatan ujung sudu terhadap kecepatan angin yang melewati sudu [10]. Kelengkungan yang digunakan sebesar 180 mm, 165 mm, dan 135 mm. Turbin disimulasikan dengan beberapa kecepatan angin sebesar 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan. Penelitian ini mengembangkan desain turbin angin tipe savonius dengan sudu yang terbuat dari kaleng cat berbahan seng. Desain turbin dibuat menggunakan software CorelDRAW. Turbin savonius dikembangkan dengan variasi kelengkungan sudu sebesar 180 mm, 165 mm, dan 135 mm. Masing-masing kelengkungan sudu akan dilihat karakterisasinya dalam menghasilkan putaran. Putaran turbin ini berdasarkan besarnya nilai *tip speed ratio* yang dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$\lambda = \frac{\omega d}{v} \quad (1)$$

dengan

λ = *tip speed ratio*

ω = kecepatan sudut sudu (rad/s)

d = kelengkungan sudu (m)

v = kecepatan angin (m/s)

Kecepatan sudut sudu dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2)$$

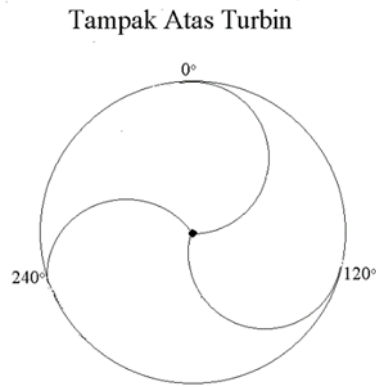
dengan

n = putaran poros (rpm)

Tip speed ratio dihitung menggunakan software Python dan dibuat grafik. Kecepatan angin disimulasikan untuk menguji turbin. Kecepatan angin yang digunakan sebesar 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s.

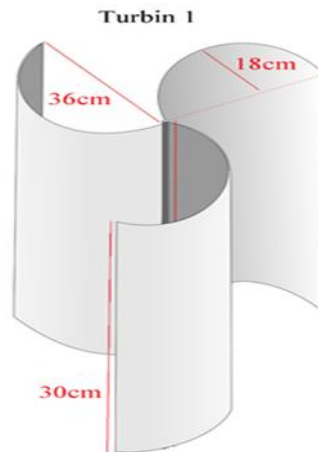
HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbin yang didesain memiliki sudu berjumlah tiga. Jarak antar sudu dibuat sebesar 120°. Tampak atas dari desain turbin yang dibuat sebagai berikut.



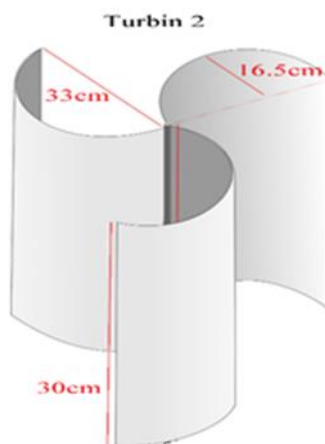
GAMBAR 1. Tampak Atas Turbin Savonius

Penelitian ini membuat 3 desain turbin angin savonius yang divariasikan kelengkungan sudunya. Desain turbin yang dibuat sebagai berikut.



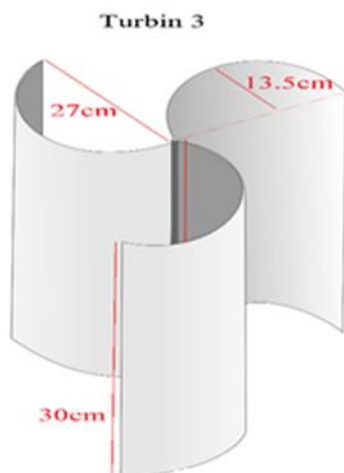
GAMBAR 2. Desain Turbin Savonius Variasi Kelengkungan 180 mm

Desain turbin yang pertama memiliki ukuran diameter 36 cm, tinggi kelengkungan 18 cm, dan tinggi sudu 30 cm. Desain turbin ini memiliki nilai kelengkungan paling besar diantara dua desain yang lain.



GAMBAR 3. Desain Turbin Savonius Variasi Kelengkungan 165 mm

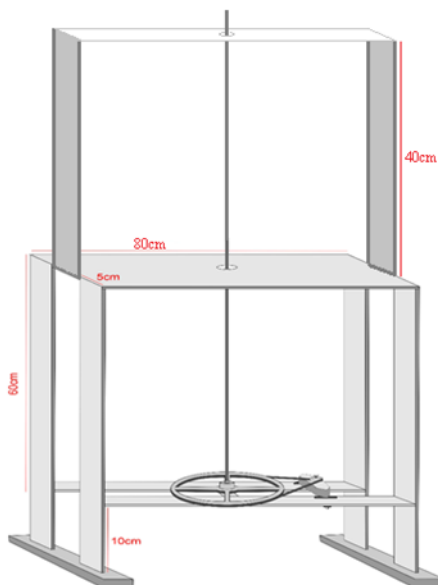
Desain turbin yang kedua memiliki ukuran diameter 33 cm, tinggi kelengkungan 16,5 cm, dan tinggi sudu 30 cm.



GAMBAR 4. Desain Turbin Savonius Variasi Kelengkungan 135 mm

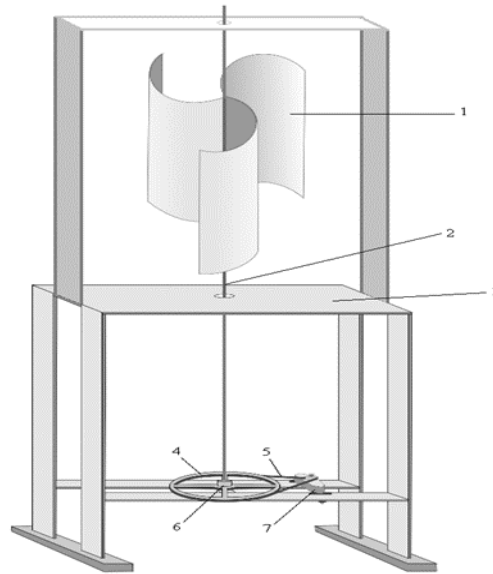
Desain turbin yang ketiga memiliki ukuran diameter 27 cm, tinggi kelengkungan 13,5 cm, dan tinggi sudu 30 cm. Desain turbin ini memiliki nilai kelengkungan paling kecil diantara dua desain yang lain.

Turbin yang dibuat akan ditempatkan di atas tiang penyangga yang terbuat dari bahan *hollow* berukuran 5 cm. Desain tiang penyangga turbin sebagai berikut.



GAMBAR 5. Desain Tiang Penyangga Turbin

Pada tiang penyangga ditempatkan sebuah *pulley* berukuran diameter 30 cm dan generator. Tiang penyangga ini didesain dengan tinggi 70 cm dan lebar 80 cm. Tinggi tiang penyangga disesuaikan dengan tinggi penyangga *wind tunnel* sebagai alat pengujian turbin. Desain turbin yang digabungkan dengan tiang penyangga sebagai berikut.

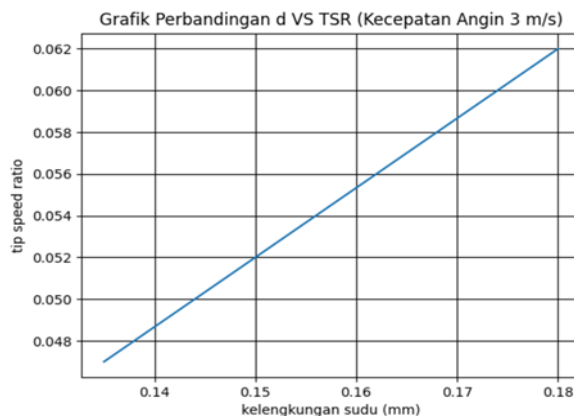


GAMBAR 6. Desain Turbin dan Tiang Penyangga

Keterangan:

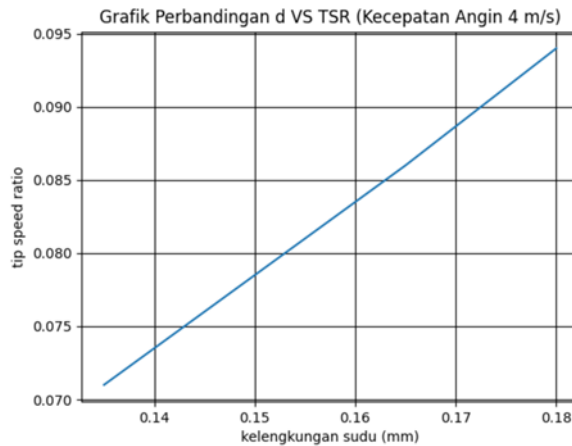
1. Sudu
2. Poros
3. Tiang Penyangga
4. Pulley
5. Belt
6. Bearing
7. Generator

Sudu turbin yang berjumlah tiga dibuat dengan kaleng cat berbahan seng dengan tebal 5 mm. Tiga sudu turbin ini menempel pada poros. Poros yang digunakan adalah as dengan tinggi 115 cm dan diameter 20 mm. Poros turbin diperkuat dengan menggunakan bearing yang berfungsi menahan sudu saat berputar. Poros ini menghubungkan sudu dengan pulley yang berada di tiang penyangga. Pulley yang digunakan terbuat dari bahan aluminium berdiameter 30 cm. Pulley berfungsi untuk meneruskan energi mekanik putaran dari poros turbin ke generator. Generator berfungsi mengubah energi putar poros menjadi energi listrik. Generator dapat berputar dengan bantuan belt. Belt berfungsi untuk menghubungkan pulley dengan pulley generator. Ketiga desain turbin yang telah dibuat disimulasikan dengan software Python untuk melihat pengaruh kelengkungan sudu terhadap tip speed ratio. Simulasi yang pertama menggunakan kecepatan angin 3 m/s. Grafik yang didapat sebagai berikut.



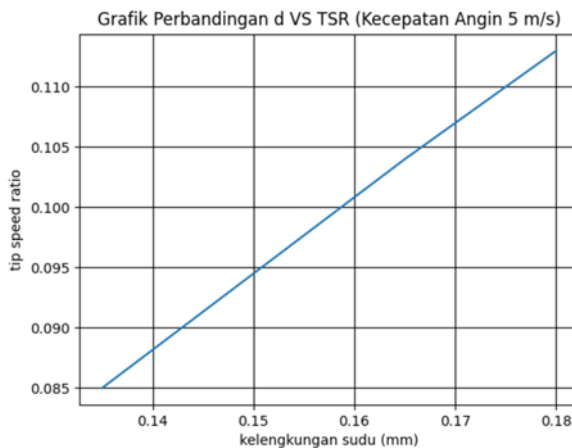
GAMBAR 7. Grafik Perbandingan Kelengkungan Sudu terhadap Tip Speed Ratio dengan Kecepatan 3 m/s

Dari grafik, dengan kecepatan angin 3 m/s didapat nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 135 mm sebesar 0,047. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 165 mm didapat sebesar 0,057. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 180 mm didapat sebesar 0,062. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* akan semakin besar.



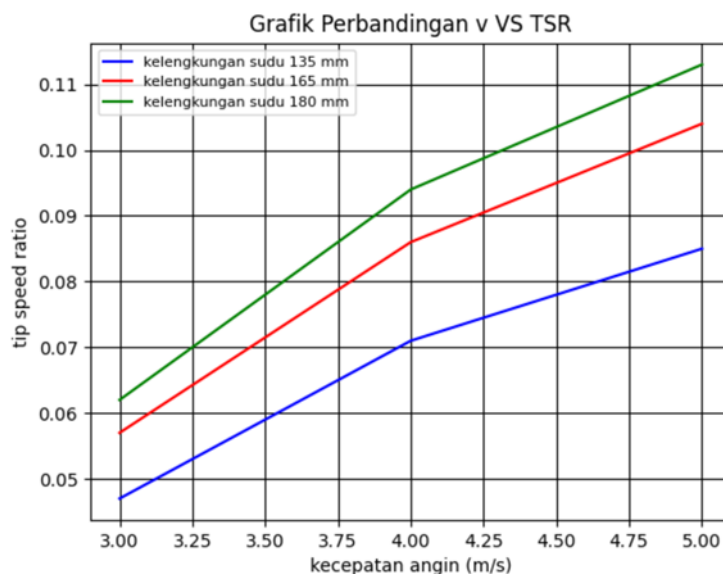
GAMBAR 8. Grafik Perbandingan Kelengkungan Sudu terhadap *Tip Speed Ratio* dengan Kecepatan 4 m/s

Dari grafik, dengan kecepatan angin 4 m/s didapat nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 135 mm sebesar 0,071. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 165 mm didapat sebesar 0,086. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 180 mm didapat sebesar 0,094. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* akan semakin besar.



GAMBAR 9. Grafik Perbandingan Kelengkungan Sudu terhadap *Tip Speed Ratio* dengan Kecepatan 5 m/s

Dari grafik, dengan kecepatan angin 5 m/s didapat nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 135 mm sebesar 0,085. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 165 mm didapat sebesar 0,104. Nilai *tip speed ratio* pada kelengkungan 180 mm didapat sebesar 0,113. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* akan semakin besar.



GAMBAR 10. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin terhadap *Tip Speed Ratio* dengan Kelengkungan Sudu 135 mm, 165 mm, 180 mm

Dari grafik, pada kelengkungan sudu 135 mm didapatkan nilai *tip speed ratio* sebesar 0,047 dengan kecepatan angin 3 m/s, 0,071 dengan kecepatan angin 4 m/s, dan 0,085 dengan kecepatan angin 5 m/s. Kelengkungan sudu 165 mm didapatkan nilai *tip speed ratio* sebesar 0,057 dengan kecepatan angin 3 m/s, 0,086 dengan kecepatan angin 4 m/s, dan 0,104 dengan kecepatan angin 5 m/s. Kelengkungan sudu 180 mm didapatkan nilai *tip speed ratio* sebesar 0,062 dengan kecepatan angin 3 m/s, 0,094 dengan kecepatan angin sebesar 4 m/s, dan 0,113 dengan kecepatan angin 5 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* akan semakin besar. Kecepatan angin mempengaruhi putaran poros sehingga semakin besar putaran poros maka *tip speed ratio* semakin besar.

SIMPULAN

Turbin angin yang didesain adalah turbin angin sumbu vertikal tipe savonius dengan sudu berjumlah tiga. Dihasilkan tiga desain turbin angin savonius dengan variasi kelengkungan sudu. Kelengkungan sudu yang digunakan sebesar 180 mm, 165 mm, dan 135 mm. Sudu turbin yang didesain terbuat dari kaleng cat berbahan seng. Dilakukan simulasi untuk menghitung besar nilai *tip speed ratio* berdasarkan variasi kelengkungan sudu. Hasil yang didapat disimpulkan bahwa semakin besar kelengkungan sudu maka *tip speed ratio* turbin akan semakin besar. Kecepatan angin mempengaruhi putaran poros sehingga semakin besar putaran poros maka *tip speed ratio* semakin besar

REFERENSI

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM," *J. IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75-91, 2015.
- [2] I. M. A. Sayoga *et al.*, "Pengaruh Variasi Jumlah Blade Terhadap Aerodinamik Performan Pada Rancangan Kincir Angin 300 Watt," *Din. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, 2014.
- [3] M. K. Johari, M. A. A. Jalil & M. F. M. Shariff, "Comparison of Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) and Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 74-80, 2018.
- [4] C. I. Saputra, C. E. Rustana & H. Nasbey, "Pengembangan Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Triple-Stage Savonius Dengan Poros Ganda," *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)*, vol. 4, pp. 43-46, 2015.

- [5] M. Latif, "Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah," *J. Rekayasa Elekrika*, vol. 10, no. 3, 2013.
- [6] A. Bachtiar & W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34-45, 2018.
- [7] T. Yuwono *et al.*, "Improving the Performance of Savonius Wind Turbine by Installation of a Circular Cylinder Upstream of Returning Turbine Blade: Improving the Performance of Savonius Wind Turbine," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 59, no. 6, pp. 4923-4932, 2020.
- [8] Ridwan & A. Latief, "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Terhadap Distribusi Kecepatan Dan Tekanan," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 2, pp. 141-151, 2019.
- [9] A. Noviaranti, M. Si & A. Qurthobi, "Pengaruh Kelengkungan Sudu Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U," *e-Proceeding Eng*, vol. 7, no. 2, pp. 4371-4376, 2020.
- [10] F. Wenehenubun, A. Saputra & H. Sutanto, "An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related with the Number of Blades," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 297-304, 2015.