

Pengaruh Sudu dan Kecepatan Angin Terhadap Koefisien Torsi dan Koefisien Daya Serta Efisiensi Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal

Chaidir¹, Niharman², Een Tonadi³

eenonadishodiq@gmail.com

Abstract

The present paper is concerned with experimental study of performance of a vertical axis savonius wind turbine. Savonius turbine blades are made of PVC pipe and a fan to drive the turbine. The test was carried out with a different number of blades, namely 2 blades, 3 blades and 4 blades at air velocity of 3.6 m/s, 4.4 m/s and 5.8 m/s. The results obtained the highest maximum power efficiency is in the 3 blade test, namely at air velocity of 3.6 m/s of 0.156, air velocity of 4.4 m/s of 0.313 and air velocity of 5.8 m/s of 0.182. The maximum torque coefficient for the three air velocity also obtained the highest value in the 3 blade test. At a air velocity of 3.6 m/s, a torque coefficient of 0.641 is obtained, a air velocity of 4.4 m / s is 1.027 and a air velocity of 5.8 m/s is 0.745. The maximum efficiency in the 3 blades test with air velocities of 3.6 m/s, 4.4 m/s, and 5.8 m/s is obtained respectively 15.6%, 31.3% and 18.2% efficiency. In conclusion, the 3 blades wind turbine has the highest efficiency compared to the 2 and 4 blades tests. Meanwhile, the highest efficiency was obtained at a air velocity of 4.4 m / s with 3 blades, namely 31.3%.

Keywords: Savonius, coefficient, torque, power, efficiency

Pendahuluan

Salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) adalah energi angin. Di Indonesia sendiri pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit listrik masih sangat terbatas. Energi angin merupakan sumber energi yang bersih tanpa emisi. Selain itu penggunaan energi angin akan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Namun rata-rata kecepatan angin tahunan di wilayah Indonesia tidak begitu besar yaitu 5-6 m/s untuk beberapa wilayah Indonesia. Untuk itu turbin angin Savonius sumbu vertikal merupakan jenis turbin yang cocok dipakai pada kondisi kecepatan angin rendah. Hal itu karena turbin jenis ini memiliki *self starting* yang baik sehingga mampu memutar rotor dan menghasilkan torsi yang relatif tinggi.

Selain itu turbin savonius sumbu vertikal ini memiliki konstruksi yang sederhana, mampu memanfaatkan potensial angin dari segala arah dan tidak memerlukan tempat pemasangan

yang luas serta torsi yang dihasilkan relatif tinggi.

Prinsip kerja dari turbin angin memanfaatkan energi kinetik angin untuk putaran kincir untuk memutar rotor yang akan menghasilkan listrik.

Untuk mendapatkan koefisien daya (C_p) sebuah turbin, dihitung terlebih dahulu daya turbin dan daya angin. Daya turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$P_{turbin} = T \cdot \omega \quad \dots(1)$$

$$P = \frac{1}{2} \rho v A (v^2) \quad \dots(2)$$

Maka daya mekanik menjadi:

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \dots(3)$$

Dari persamaan (1) dan (3) maka kita dapat menentukan nilai koefisien daya (C_p)

$$C_p = \frac{P_{turbin}}{P_{angin}} = \frac{T \omega}{\frac{1}{2} \rho A v^3} \quad \dots(4)$$

Selanjutnya untuk mendapatkan koefisien torsi, dihitung terlebih dahulu *Tip Speed Ratio* (λ) menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{\omega r}{v} = \frac{V_{Rotor}}{V_{angin}} = \frac{2\pi nr}{60 V_{angin}} \quad \dots(5)$$

Maka dapat dihitung koefisien torsi (C_T) dengan rumus:

$$C_T = \frac{C_P}{\lambda} = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho V^2 A r} \quad \dots(6)$$

Hicary, dkk (2016) telah melakukan pengujian turbin angin savonius sumbu vertikal dengan variasi jumlah sudu untuk melihat tegangan dan arus yang dihasilkan oleh turbin untuk pengisian akumulator. Hasilnya menunjukkan bahwa turbin savonius dengan 2 sudu dengan kecepatan angin 8 m/s menghasilkan tegangan dan arus yang maksimal yaitu diperoleh tegangan sebesar 3,003 Volt dan Arus sebesar 0,587 Ampere pada beban 1709 gram.

Sementara penelitian yang dilakukan oleh Robby (2014) tentang karakteristik turbin angin savonius 2 dan 3 sudu dengan menggunakan bantuan sudu pengarah. Hasilnya menunjukkan bahwa turbin angin savonius dengan 2 sudu dan sudut sudu pengarah 15° dengan beban 800 gram serta kecepatan angin 3,5 m/s menghasilkan koefisien daya tertinggi.

Kemudian Muhammad Halil (2017) melakukan pengujian kinerja turbin angin savonius sumbu vertikal overlap dengan deflektor lengkung ganda. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi maksimum tertinggi didapat pada sudut deflektor $\alpha_2 = 135^\circ$ $\beta_2 = 45^\circ$ dengan kecepatan angin 4 m/s dan 6 m/s diperoleh efisiensi masing-masing sebesar 8,027% dan 6,763%.

Dedy, dkk (2017) meneliti tentang Pengaruh pemasangan sudu pengarah dan variasi jumlah sudu rotor terhadap kinerja turbin angin savonius tipe L. Hasilnya menunjukkan pada rotor dengan sudu pengarah efisiensi maksimal terjadi pada rotor tiga sudu sebesar 40,84 %, rotor empat sudu sebesar 34,42 %, rotor dua sudu sebesar 31,52%. Efisiensi tertinggi ini terjadi pada kecepatan angin 5 m/s. Sementara pada rotor tanpa sudu pengarah efisiensi maksimum terjadi pada rotor tiga sudu sebesar 37,39 %, rotor dua sudu sebesar

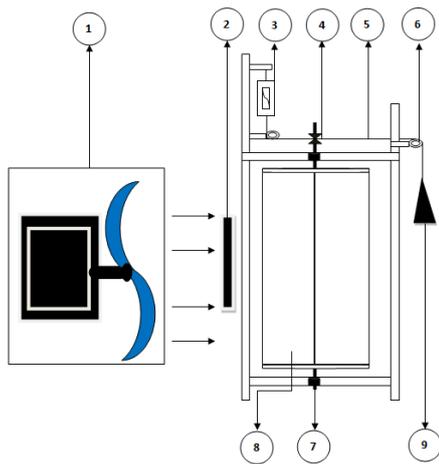
25,36 % dan rotor empat sudu sebesar 18,009 %.

Pada penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh sudu terhadap koefisien torsi dan koefisien daya turbin savonius sumbu vertikal.

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini turbin angin yang digunakan adalah turbin angin savonius sumbu vertikal dengan bahan terbuat dari pipa PVC. Pada pengujian menggunakan jumlah sudu (*blade*) yang berbeda-beda dan kecepatan angin yang berbeda pula. Untuk menggerakkan turbin digunakan sebuah kipas angin (*fan*). Pengujian turbin angin ini menggunakan variasi jumlah sudu dan kecepatan angin. Jumlah sudu yang digunakan yaitu 2 sudu, 3 sudu dan 4 sudu. Sementara untuk kecepatan angin yaitu sebesar 3,6 m/s dan 4,4 m/s dan 5,8 m/s. Jarak antara kipas dengan turbin dibuat tetap yaitu sejauh 1 meter.

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan parameter kecepatan angin dan jumlah sudu yang berbeda. Adapun pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran kecepatan angin menggunakan *Anemometer*. Pengukuran putaran turbin menggunakan *Tachometer*. Timbangan digital untuk mengukur beban dan neraca pegas yang diberikan pada turbin. Beban diberikan untuk mengukur kekuatan maksimal yang mampu ditarik oleh turbin pada masing-masing variasi sudu dan kecepatan angin. Pemberian beban dari 0 gram, 15 gram dan seterusnya (kelipatan 15 gram) sampai turbin berhenti berputar.



Gambar 1. Layout Penelitian

Keterangan Gambar:

- | | |
|------------------|--------------|
| 1). Kipas angin | 6). Rol |
| 2). Anemometer | 7). Bantalan |
| 3). Neraca pegas | 8). Turbin |
| 4). Puly | 9). Beban |
| 5). Tali | |

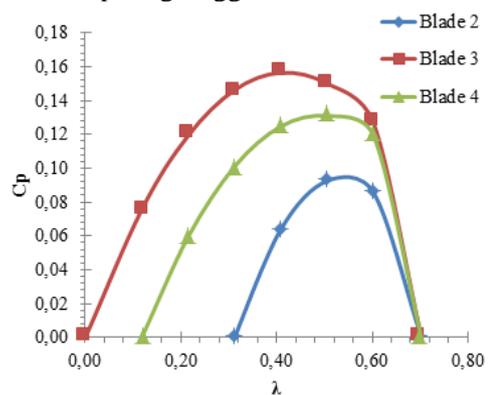


Gambar 2. Perangkat Turbin Savonius

Hasil dan Pembahasan

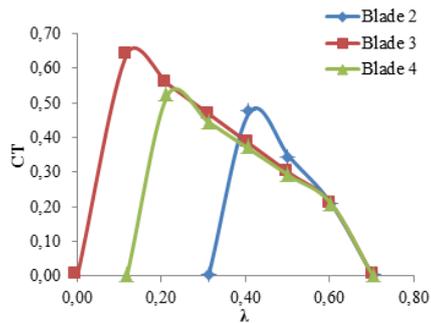
Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah sudu pada turbin savonius sumbu vertikal memiliki pengaruh terhadap koefisien daya dan torsi serta efisiensi turbin tersebut. Seperti yang terlihat di Gambar 3, hasil pengujian pada kecepatan angin 3,6 m/s dengan 2 sudu didapat nilai koefisien daya maksimal ($C_p \max$) sebesar = 0,093.

Sementara dengan 3 sudu, nilai koefisien daya didapat ($C_p \max$) = 0,156. Angka ini lebih besar daripada daya yang dihasilkan 2 sudu dan 4 sudu. Kemudian dengan jumlah 4 sudu didapat nilai ($C_p \max$) = 0,131. Efisiensi maksimal ($\eta \max$) yang diperoleh dari ketiga percobaan tersebut adalah dengan 2 sudu diperoleh sebesar 9,3%, 3 sudu sebesar 15,6% dan 4 sudu sebesar 13,1%. Hasil tersebut menunjukkan pengujian turbin dengan 3 sudu pada kecepatan angin 3,6 m/s memperoleh efisiensi paling tinggi.



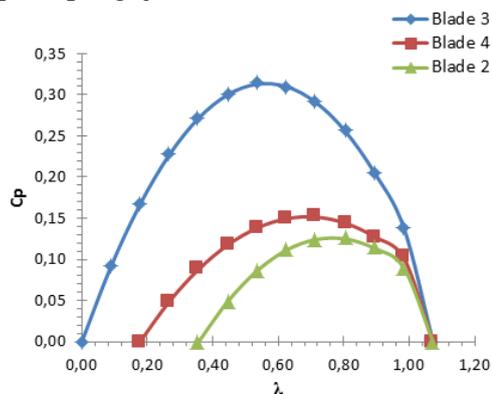
Gambar 3. Perbandingan koefisien daya pada turbin angin savonius dengan 3 perubahan sudu (*blade*) pada kecepatan angin 3,6 m/s.

Selanjutnya hasil pengujian menunjukkan jumlah sudu juga mempengaruhi nilai koefisien torsi turbin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Turbin dengan 2 sudu didapat koefisien torsi maksimal ($C_T \max$) didapat sebesar 0,473. Pada pengujian dengan 3 sudu menunjukkan nilai ($C_T \max$) sebesar 0,641, dan pengujian dengan 4 sudu menunjukkan nilai ($C_T \max$) senilai 0,523. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa koefisien torsi maksimal tertinggi didapat pada pengujian turbin dengan 3 sudu. Hal itu disebabkan dengan 3 sudu dorongan angin ke sudu-sudu dapat maksimal sebagaimana penelitian-penelitian sebelumnya.



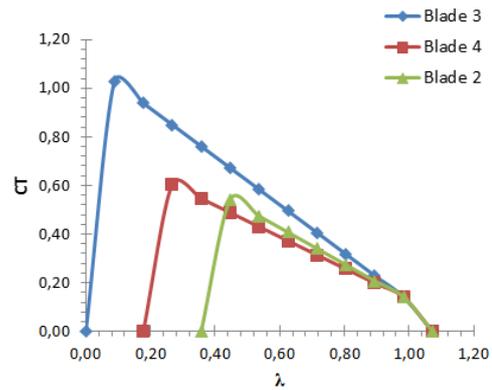
Gambar 4. Perbandingan koefisien torsi turbin angin Savonius dengan 3 perubahan sudu pada kecepatan angin 3,6 m/s

Selanjutnya pengujian turbin savonius pada kecepatan angin 4,4 m/s. Gambar 5 diperlihatkan grafik koefisien daya 2 sudu diperoleh nilai ($C_P max$) sebesar 0,125. Kemudian pada 3 sudu nilai yang dihasilkan ($C_P max$) sebesar 0,313 dan pada 4 sudu nilai yang dihasilkan ($C_P max$) = 0,151. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai koefisien daya pada turbin dengan 3 sudu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian pada 2 sudu dan 4 sudu. Selanjutnya untuk efisiensi turbin pada kecepatan angin 4,4 m/s diperoleh (ηmax) sebesar 12,5% pengujian 2 sudu, 31,3% untuk pengujian 3 sudu dan 15,1% untuk pengujian 4 sudu. Sama seperti pengujian pada kecepatan angin 3.6 m/s sebelumnya, pada kecepatan angin 4,4 m/s ini juga efisiensi tertinggi diperoleh pada pengujian turbin 3 sudu.



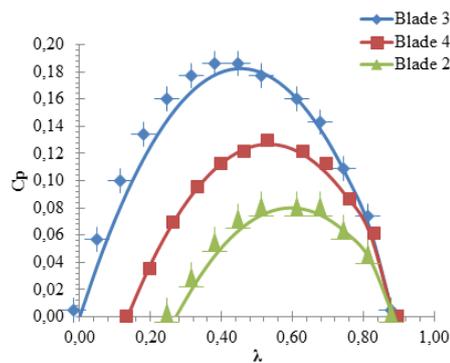
Gambar 5. Koefisien daya pada turbin angin savonius dengan 3 perubahan pada kecepatan angin 4,4 m/s

Kemudian nilai koefisien torsi pada kecepatan angin 4 m/s ditunjukkan pada Gambar 6. Hasilnya menunjukkan turbin dengan 2 sudu diperoleh nilai torsi ($C_T max$) = 0,541. Pada pengujian dengan 3 sudu koefisien torsi ($C_T max$) didapat sebesar 1,027 dan pada 4 sudu koefisien torsi ($C_T max$) = 0,604. Hal itu dapat disimpulkan bahwa pada pengujian 3 sudu memperoleh koefisien torsi lebih tinggi dibandingkan dengan 2 sudu dan 4 sudu.



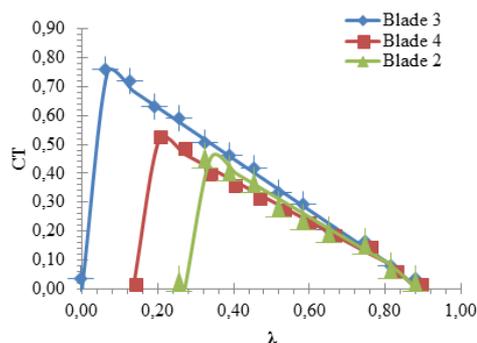
Gambar 6. Perbandingan koefisien torsi turbin angin Savonius dengan 3 variasi jumlah sudu pada kecepatan angin 4,4 m/s.

Pada Gambar 7 ditunjukkan perbandingan koefisien daya maksimum pengujian turbin angin savonius dengan 3 variasi jumlah sudu pada kecepatan angin 5,8 m/s. Hasilnya pengujian dengan 2 sudu didapat nilai koefisien daya ($C_P max$) sebesar 0,080 dan pengujian dengan 3 sudu didapat nilai ($C_P max$) sebesar 0,182. Pengujian dengan 4 sudu didapat nilai ($C_P max$) senilai 0,127. Selanjutnya efisiensi maksimal yang diperoleh pada 2 sudu sebesar 8,00%, 3 sudu sebesar 18,2% dan pada 4 sudu diperoleh sebesar 12,7%.



Gambar 7. Perbandingan koefisien daya turbin angin savonius dengan 3 perubahan sudu pada kecepatan angin 5,8 m/s

Selanjutnya koefisien torsi turbin savonius pada kecepatan angin 5,8 m/s. Gambar 8 menunjukkan profil koefisien torsi turbin savonius dengan 3 variasi jumlah sudu. Hasilnya turbin dengan 2 sudu didapat koefisien torsi maksimum ($C_T max$) sebesar 0,452 dan pada 3 sudu didapat koefisien torsi ($C_T max$) senilai 0,745 serta pada 4 sudu didapat nilai koefisien torsi ($C_T max$) sebesar 0,514.



Gambar 8. Perbandingan koefisien torsi turbin angin Savonius dengan 3 variasi jumlah sudu pada kecepatan angin 5,8 m/s

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian turbin angin savonius sumbu vertikal tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa turbin angin dengan 3 sudu memperoleh efisiensi paling tinggi dibandingkan pada pengujian 2 dan 4 sudu. Sementara efisiensi tertinggi diperoleh pada kecepatan angin 4,4 m/s

dengan 3 sudu yaitu sebesar 31,3%. Untuk koefisien torsi maksimum diperoleh nilai yang paling tinggi juga pada turbin dengan 3 sudu. Nilai koefisien torsi paling tinggi diperoleh pada pengujian 3 sudu pada kecepatan angin 4,4 m/s yaitu sebesar 1,027.

Daftar Pustaka

- Hicary, Suwandi, Ahmad Qurthobi. 2016 "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Terhadap Tegangan Dan Arus Di Dalam Poros Pengisian Akumulator". Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. http://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/121573/jurnal_eproc/analisis-pengaruh-jumlah-sudu-pada-turbin-angin-savonius-sumbu-vertikal-terhadap-tegangan-dan-arus-di-dalam-proses-pengisian-akumulator.pdf.
- Robby Ilham Fitrandi, Indra Herlamba Siregar. 2014. "Karakteristik Turbin Angin Savonius 2 dan 3 Blade Dengan Menggunakan Bantuan Guide Vane". Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya: Surabaya
- Dedy Nataniel, Bernadus Wuwur, dan Purnawarman Ginting. 2017. "Pengaruh Pemasangan sudu pengarah dan variasi jumlah sudu rotor terhadap performance turbin angin savonius tipe L". Fakultas Teknik Politeknik Negeri Kupang: Kupang.
- M. Halil. 2017. "Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Overlap Dengan Deflektor Lengkung Ganda", Unihaz: Bengkulu.