

## ANALISIS KINERJA TURBIN SAVONIUS SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

**Immanuel O. Silla, Arifin Sanusi, Yeremias M. Pell**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jalan Adisucipto, Penfui-Kupang NTT  
Email: immanueloktovianussilla@gmail.com, arifin@staf.undana.ac.id,  
yeremias.pell@staf.undana.ac.id

### Abstract

*One of the energies that cannot be separated from our lives is electrical energy. Sources of electrical energy can be grouped into two, namely renewable and non-renewable energy. The use of alternative energy in the form of renewable energy (renewable) needs to be conducted research for a wider use. One alternative energy that needs attention is wind energy, where its use requires wind turbines. The Savonius type wind turbine is one of the vertical shaft wind turbines (VAWT) with simple construction which has a main rotor that rotates vertically and has the advantage of being able to take advantage of wind from all directions, being able to work at low speeds, and not requiring towers that are too high. Based on the foregoing, in this study selected to use the two Savonius wind turbine blade because it requires relatively low rotation. The method used in this research is to take direct measurements of the turbine rotation. The steps taken are measuring wind speed, turbine torque, and tip speed ratio which in the calculation and analysis uses formulas related to Torque, Power Coefficient, Torque Coefficient and Tip Speed Ratio. The calculation and analysis, the (1) The average speed of wind measurable in the village Oenali is 8.26 m/s is able to rotate the turbine Savonius expected in an average round of 654 rpm so menghasilkan Torque Turbine ( $T_t$ ) at 0.33 N.m. (2) The Power Coefficient ( $C_P$ ) is 2.8 (%) with a tip speed ratio of 0.6 ( $\lambda$ ). (3) The Torque Coefficient ( $C_T$ ) is 8.7 (%), and the Tip Speed Ratio obtained is 0.1 ( $\lambda$ ).*

**Key words:** Wind potential; Savonius type turbine; Savonius wind turbine performance

### Abstrak

*Salah satu energi yang tidak dapat lepas dari kehidupan kita yakni, energi listrik. Sumber energi listrik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu energi yang dapat diperbaharui dan yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan energi alternatif berupa energi yang dapat diperbaharui (terbarukan) perlu dilakukan penelitian untuk pemanfaatan yang lebih luas. Salah satu energi alternatif yang perlu mendapat perhatian yakni energi angin dimana pemanfaatannya memerlukan turbin angin. Turbin angin tipe Savonius merupakan salah satu turbin angin poros vertikal (VAWT) dengan konstruksi sederhana dimana memiliki rotor utama yang berputar secara vertikal dan memiliki kelebihan yang dapat memanfaatkan angin dari semua arah, mampu bekerja pada kecepatan yang rendah, serta tidak memerlukan menara yang terlalu tinggi. Berdasarkan hal tersebut diatas maka dalam penelitian ini dipilih menggunakan turbin angin Savonius dua blade karena membutuhkan putaran yang relatif rendah. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan pengukuran langsung terhadap putaran turbin. Tahapan yang dilakukan yaitu mengukur kecepatan angin, torsi turbin, dan tip speed ratio dimana dalam perhitungan dan analisa menggunakan rumus-rumus yang berhubungan dengan Torsi, Koefisien Daya, Koefisien Torsi dan Tip Speed Ratio. Hasil perhitungan dan analisa diperoleh (1) Kecepatan rata-rata angin yang terukur di desa Oenali adalah 8.26 m/s mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata sebesar 654 rpm sehingga menghasilkan Torsi Turbin ( $T_t$ ) sebesar 0.33 N.m. (2) Koefisien Daya ( $C_P$ ) sebesar 2.8 (%) dengan tip speed ratio sebesar 0.6 ( $\lambda$ ). (3) Koefisien Torsi ( $C_T$ ) diperoleh sebesar 8.7 (%), dan Tip Speed Ratio yang diperoleh sebesar 0.1 ( $\lambda$ ).*

**Kata Kunci:** Potensi angin; Turbin tipe Savonius; kinerja turbin angin Savonius

**PENDAHULUAN**

Angin adalah udara yang bergerak, pengertian ini menunjukkan bahwa dalam angin ada sejumlah aliran udara yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Jika udara dipanaskan, udara akan mengalami pemuaian sehingga menjadi lebih ringan dan naik ke permukaan bumi.

Secara geografis, hasil pemantauan yang dilakukan oleh LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional), terdapat beberapa wilayah di Indonesia yang memiliki kecepatan angin rendah diantaranya Nusa Tenggara Timur (NTT). Nusa Tenggara Timur (NTT) sendiri memiliki kecepatan angin yang berkisar  $2\text{ m/s}$  –  $7\text{ m/s}$  yang tergolong dalam jenis kecepatan angin rendah. Salah satu wilayah dengan spesifikasi seperti itu adalah Kabupaten Timur Tengah Selatan (TTS), yaitu berkisar  $6,9\text{ m/s}$  –  $7,0\text{ m/s}$ . Dari data kecepatan angin tersebut terdapat potensi yang sangat baik untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif yaitu energi listrik

Kecepatan rata-rata minimum dan maksimum dapat dikonversikan sebagai daya energi. Berikut ini adalah beberapa daerah di NTT yang memiliki kecepatan angin di atas  $5\text{ m/s}$  dan dapat dimanfaatkan sebagai pemutar turbin untuk dikonversikan menjadi energi listrik [1].

Tabel 1. Kecepatan Angin Rata –Rata Tahunan di Wilayah NTT [2]

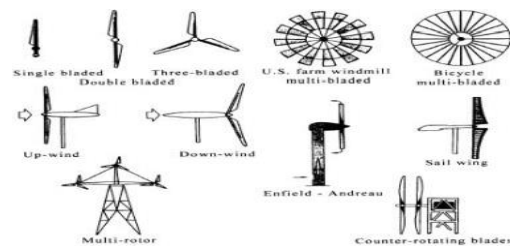
Lokasi	Kecepatan Angin ( $m/s$ )
Atambua	7,3
TTS	6,9 – 7,0
Sumba	5,3 – 6,8
Rote	5,8
Flores	5,1

Turbin angin adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi putar menggunakan bilah sudu dan kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik sebagai pembangkit energi alternatif.

Desain dari turbin angin sangat banyak dan beragam bentuknya. Berdasarkan bentuk rotor turbin angin tersebut, turbin angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu,

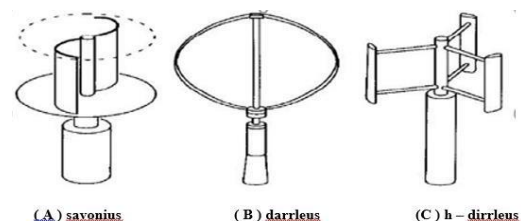
1. Turbin Angin Poros Horizontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT)

Secara umum turbin angin poros horizontal banyak digunakan untuk pembangkit tenaga listrik karena mempunyai efisiensi yang tinggi dengan menggunakan prinsip gaya angkat (*lift*) dibandingkan dengan turbin angin poros vertikal. Turbin angin poros horizontal mempunyai sudut yang berputar dalam bidang vertikal dan mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang. Sedangkan aliran pada salah satu sisi sudu dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain fenomena ini menimbulkan perbedaan tekanan pada daerah didepan dan dibelakang sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar [3]



Gambar 1. Macam-macam Desain Turbin Angin HAWT

Berbeda dengan dengan turbin angin poros horizontal, jenis turbin angin dengan poros vertikal memiliki *blade* rotor sejajar dengan arah angin sehingga rotor turbin dapat berputar. Salah satu kelebihan dari turbin ini adalah dapat berputar pada semua arah angin. Secara umum tipe rotor dari turbin angin poros vertikal yakni tipe Savonius yang memanfaatkan gaya dorong (*drag*) sedangkan tipe Darrieus rotor memanfaatkan gaya angkat (*lift*) serta kombinasi dari keduanya [1]



Gambar 2. Model Turbin Angin Sumbu Vertikal

## 2. Turbin Angin Savonius

Salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang dapat digunakan pada angin dengan kecepatan rendah adalah turbin angin Savonius. Turbin ini ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sungurd J. Savonius pada tahun 1922. Konstruksi turbin sangatlah sederhana, tersusun dari dua buah sudu setengah silinder. Pada perkembangannya mengalami perubahan bentuk rotor seperti desain rotor yang berbentuk huruf L



Gambar 3. Turbin Angin Savonius Dengan Tipe U

Pada rotor angin Savonius, angin yang berhembus pada salah satu bilah rotor diharapkan lebih banyak mengalir ke bilah rotor lainnya melalui celah disekitar poros sehingga menyediakan daya dorong pada bilah rotor ini. Sehingga rotor dapat berputar cepat.

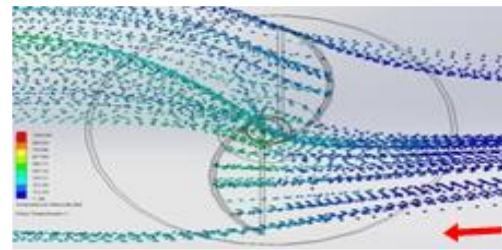
Pada bentuk rotor Savonius setengah lingkaran (Savonius U), aliran udara di kedua sisi sama besar, dibandingkan dengan pada rancangan rotor yang kedua (Savonius L), aliran pada sisi bilah yang lurus lebih besar dibandingkan pada sisi bilah lengkung seperempat lingkaran.



Rotor Savonius U

Rotor Savonius L

Gambar 4. Perbandingan Distribusi Angin Pada Rotor [4]

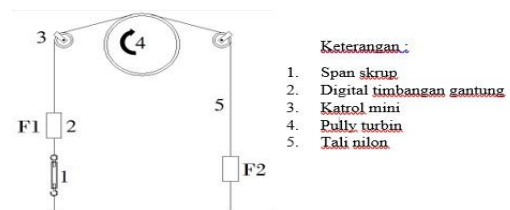


Gambar 5. Simulasi Gerak Angin Yang Masuk Melewati Turbin

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dimana metode ini memerlukan sebuah penelitian dalam menguji kebenaran yang ada. Penelitian ini dilakukan dengan mengetahui beberapa besaran yang diperlukan dalam proses analisis dengan bantuan alat ukur. Adapun besaran-besaran yang dimaksud tersebut, yaitu kecepatan angin, putaran turbin dan torsi yang dihasilkan, agar mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian.

Prosedur pelaksanaan penelitian dapat disajikan dengan terlebih dahulu menyiapkan alat ukur. Alat ukur tersebut dipasang pada tiap titik pengukuran yang telah ditentukan. Pengambilan data penelitian dimulai dari pengukuran kecepatan angin, putaran turbin, serta pengukuran torsi. Proses pengambilan data pengukuran dilakukan tiap satu jam mulai dari pukul 08.00-16.00 WITA atau disesuaikan dengan kondisi angin yang ada pada lokasi penelitian.



Gambar 8. Sketsa cara perhitungan torsi

Data yang diperoleh dari hasil eksperimen akan dianalisis untuk mendapatkan nilai koefisien daya ( $CP$ ) dan koefisien torsi ( $CT$ ) kemudian ditunjukkan dalam bentuk grafik antara *tip speed ratio* ( $TSR$ ) dengan nilai dari koefisien tersebut. Pengujian torsi dilakukan dengan

mengukur besaran gaya terhadap perubahan putaran dan beban yang diberikan dengan cara dikurangi setiap 50 RPM sampai rotor tidak lagi berputar ( $n = 0$ ). Nilai torsi turbin ( $T_T$ ) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$T_T = \frac{(F1+F2)(R_{puli}+R_{tali})g}{1000} \quad (1)$$

Dimana:

- $F1$  = beban (gram)
- $F2$  = *spring balance* (gram)
- $R_{puli}$  = Jari-jari puli (mm)
- $r_{tali}$  = Jari-jari tali (mm)
- $g$  = gaya gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Sementara daya turbin ( $P_T$ ) diperoleh dengan persamaan,

$$P_T = T_t \cdot \omega \text{ dan } \omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2)$$

Sehingga nilai koefisien daya ( $CP$ ) dan koefisien torsi ( $CT$ ) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$C_p = \frac{2P_T}{\rho \alpha A_T V^3} \text{ dan } C_T = \frac{2T_t}{\rho \alpha A_T V^2 R} \quad (3)$$

Setelah nilai  $CP$  dan  $CT$  diperoleh, maka selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik terhadap nilai *tip speed ratio* ( $TSR$ ) dengan menggunakan rumus:

$$TSR = \frac{C_p}{C_T} \quad (4)$$

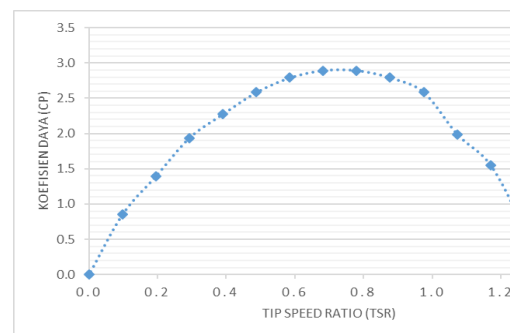
## PEMBAHASAN

Pengukuran kecepatan angin dilaksanakan pada bulan April tahun 2020. Pengukuran dilakukan saat kecepatan angin dapat memutar turbin tanpa berhenti atau stabil. Untuk mendapatkan kecepatan angin yang baik, maka turbin ditempatkan pada menara dengan tinggi 4m. Daya yang dihasilkan bergantung pada kecepatan angin di lokasi. Turbin terbuat dari plat aluminium dengan ukuran rotor 1m X 1m dengan menggunakan *pully* turbin berdiameter sebesar 16 inci yang terkopel langsung dengan *pully* generator berdiameter sebesar 4 inci.

Berdasarkan data pengukuran selama 1 bulan maka diperoleh kecepatan angin tertinggi sebesar 8.26 m/s sedangkan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 3.80 m/s. Dari kecepatan angin yang berfluktuasi maka diperoleh data pengukuran kecepatan angin terendah 3.80 m/s yang mampu menggerakkan turbin dengan kecepatan putaran sebesar 400

rpm.

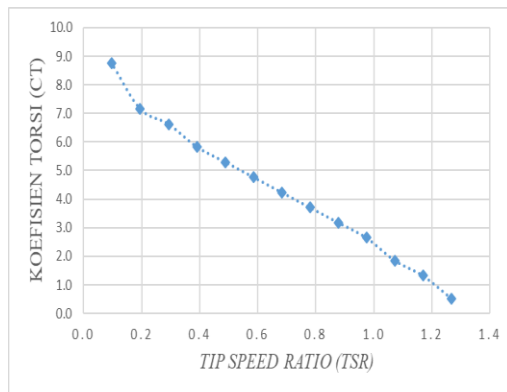
Kemudian untuk mendapatkan nilai torsi, maka sebelumnya dilakukan pengukuran torsi dimana torsi merupakan ukuran kekuatan atau gaya yang dapat menyebabkan obyek berputar. Berdasarkan data pengukuran torsi terhadap putaran maka diperoleh torsi tertinggi sebesar 0.33 N.m pada putaran 50 rpm, sedangkan torsi terendah sebesar 0.02 N.m pada saat putaran mencapai 650 rpm. Torsi tertinggi diperoleh sebesar 0.33 N.m pada saat putaran hampir berhenti atau mengalami pengereman. Oleh karena itu untuk meningkatkan kecepatan putaran pada *pulley* generator maka, digunakan *belt* sebagai penghubung sekaligus penghubung antara kedua *pulley*. Pada Gambar IV.4 menunjukkan grafik koefisien daya ( $CP$ ) terhadap *Tip Speed Ratio* ( $TSR$ ). Dimana mengasilkan  $CP$  tertinggi sebesar 2.8 % dengan  $TSR$  sebesar 0.6  $\lambda$ , namun pada saat mencapai nilai maksimum cenderung memperlihatkan penurunan koefisien daya ( $CP$ ) yang signifikan. Dengan memperlihatkan uraian tersebut, maka dapat dilihat bahwa turbin angin Savonius menghasilkan koefisien daya yang baik.



Gambar 3. Grafik Koefisien Daya ( $CP$ ) terhadap *Tip Speed Ratio* ( $TSR$ ).

Pada perbandingan koefisien torsi ( $CT$ ) terhadap *Tip Speed Ratio* ( $TSR$ ), menunjukkan nilai perbandingan koefisien torsi ( $CT$ ) tertinggi sebesar 8.7 % dengan  $TSR$  sebesar 0.1  $\lambda$ . Perubahan diakibatkan karena angin mendorong *blade* pada sisi cekung rotor Savonius dengan kecepatan tertentu, sehingga mengasilkan kekuatan angin positif yang merupakan torsi positif dan kekuatan angin negatif yang menghambat *blade* pada sisi cembung menghasilkan torsi negatif. Hal ini dikarenakan torsi pada sisi cekung lebih tinggi dari torsi pada sisi cembung, seperti yang di

tunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Terhadap Koefisien Torsi (CT) terhadap Tip Speed Ratio(TSR)

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Kecepatan rata-rata angin yang terukur di desa Oenali adalah 8.26 m/s mampu memutar turbin Savonius dengan putaran rata-rata sebesar 654 rpm dan putaran rotor tersebut menghasilkan Torsi turbin sebesar 0.33 N.m

Berdasarkan putaran turbin, maka

diperoleh Kofisien Torsi (CT) sebesar 8.7% pada TSR sebesar 0.1  $\lambda$

Berdasarkan putaran turbin, maka diperoleh Kofisien Daya (CP) sebesar 2.8%, pada TSR sebesar 0.6  $\lambda$

### DAFTAR PUSTAKA

- 1 Sanusi A. Simulasi Dan Eksperimental Kinerja Turbin Angin Tipe Savonius Dengan Kombinasi Blade Konvensional Dan Elips. Program Doktor Teknik Mesin, Malang.
- 2 Pakpahan S. 2003. Pemetaan Energi Angin Untuk Pemanfaatan Dan Melengkapi Peta Potensi Sda Indonesia. *Jakarta: Lembaga Penerbangan Dan Analisa Nasional (LAPAN)*.
- 3 Alit IB, Nurchayanti, Pamuji SH. 2016. Turbin angin poros vertikal tipe Savonius bertingkat dengan variasi posisi sudut. *Din. Tek. Mesin*. **6**(2): 107.
- 4 Pangestu R, Andriani H. SA. Perancangan Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Bertingkat Dengan Variasi Blade. *Politeknik Negeri Bandung.*, Bandung. 2017.