

# Unjuk Kerja Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Optimasi Panjang Turbin

Muhammad Muzni Herbalubun<sup>1</sup>, Witono Hardi<sup>2</sup>, Rudi Hartono<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun  
[witono@unkhair.ac.id](mailto:witono@unkhair.ac.id)

## Abstraks

Sampai saat ini penyediaan energi listrik untuk wilayah terpencil masih merupakan sebuah permasalahan di Maluku Utara. Pemerintah dalam hal ini melalui PLN belum menjangkau daerah terpencil termasuk pulau-pulau kecil. Padahal kebutuhan energi listrik pada masa sekarang sudah merupakan sesuatu yang sangat vital. Oleh karena itu energi angin merupakan kandidat sumber energi yang layak untuk dikembangkan sebagai *renewable energy*. Banyak peneliti yang mengembangkan desain turbin angin sumbu vertikal. Penelitian sebelumnya tentang Pembangkit Listrik Turbin Angin Sumbu Vertikal telah dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Khairun pada tahun 2020 menghasilkan keluaran berupa prototype Turbin Angin Sumbu Vertikal yang memiliki sudut optimum. Pada usulan penelitian fakultas ini akan dikembangkan lebih jauh lagi desain Turbin angin sumbu vertikal dengan titik berat pada panjang turbin. Dilakukan pembuatan turbin angin dalam skala laboratorium dan diuji di terowongan angin. Dari pengujian itu akan didapat hasil berupa kecepatan putar turbin sebagai fungsi dari kecepatan angin yang disajikan dalam diagram TSR (*Tip Speed Ratio*) serta torsi yang didapatkan. Hubungan antara panjang turbin dan unjuk kerja turbin akan dapat diketahui sehingga didapatkan dimensi yang optimum dengan mempertimbangkan faktor kendala yang ada. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pada ketinggian turbin 17.5 cm, untuk kecepatan angin 2.8 m/s kecepatan poros 330 rpm, untuk kecepatan angin 3.4 m/s kecepatan poros 407 rpm dan kecepatan angin 3.8 m/s didapatkan kecepatan poros 465 rpm. Ini adalah tinggi optimum yang menghasilkan kecepatan sudut paling besar untuk semua variasi tinggi VAWT.

**Kata kunci :** Energi terbarukan, tips speed ratio, panjang turbin, optimum, torsi

## PENDAHULUAN

Listrik merupakan energi yang sangat diperlukan oleh manusia saat ini setelah BBM. Penggunaan energi listrik merambah ke berbagai bidang kehidupan bahkan saat ini manusia sedang dalam pengembangan mobil listrik yang sangat fenomenal itu. Kebutuhan listrik tidak hanya didominasi masyarakat perkotaan namun sudah sampai ke desa dan pelosok terpencil. Selain itu dengan kemajuan teknologi membuat orang memerlukan listrik tidak hanya sekedar untuk penerangan namun juga untuk menghidupkan berbagai peralatan yang akan mempermudah kehidupannya.

Saat ini banyak gadget dan peralatan elektronik modern yang membutuhkan energi listrik. Walaupun dari segi daya yang dibutuhkan kecil, namun variannya banyak sekali. Mulai dari pemutar lagu, pemutar film sampai dengan telepon cerdas. Ini merupakan sebuah keniscayaan yang tak terhindarkan. Padahal di satu sisi penyediaan energi listrik masih terbatas karena terbatasnya sumber energi maupun jaringan listrik yang ada.

Turbin angin sumbu vertikal dipilih pada penelitian ini karena berbagai pertimbangan. Yaitu kemampuannya menerima angin dari berbagai arah, mampu berputar pada kecepatan

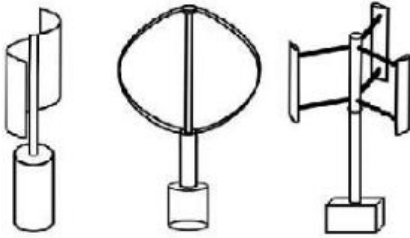
angin yang rendah serta tidak diperlukan rem untuk kecepatan angin tinggi. Namun demikian diperlukan sebuah desain yang baik agar bisa memanfaatkan potensi angin yang ada di Maluku Utara. Dengan demikian akan didapatkan sumber energi alternatif yang bisa memenuhi kebutuhan masyarakat terutama di daerah yang jauh dari jangkauan jaringan listrik.

Pembelajaran yang baik dengan cara sederhana memungkinkan masyarakat akan bisa membuat sendiri dan mandiri dalam mendapatkan sumber energi listrik. Untuk itulah maka dilakukan penelitian dengan judul : *Unjuk Kerja Turbin Angin Sumbu Vertikal dengan Optimasi Panjang Turbin*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan inovasi terkait dengan energi terbarukan dalam hal ini adalah Turbin Angin Sumbu Vertikal sebagai salah satu sumber energi yang bisa dikembangkan di Maluku Utara. Selain itu juga melakukan desain optimum turbin angin sumbu vertikal dalam kaitannya dengan panjang turbin terhadap Tip Speed Ratio (TSR) dan torsi yang dihasilkan. Kemudian melakukan Uji Purwarupa turbin dengan menitikberatkan pada panjang turbin.

## TEORI PENUNJANG

Turbin angin sumbu vertikal terdiri atas 2 jenis, yaitu savonius dan darius. Secara umum dapat dilihat pada gambar di bawah.

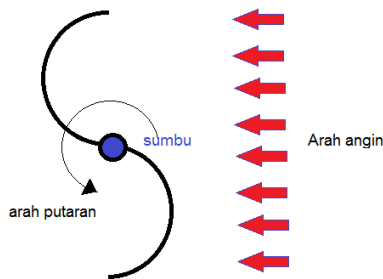


Gambar 1 Dasar dari VAWT [1]

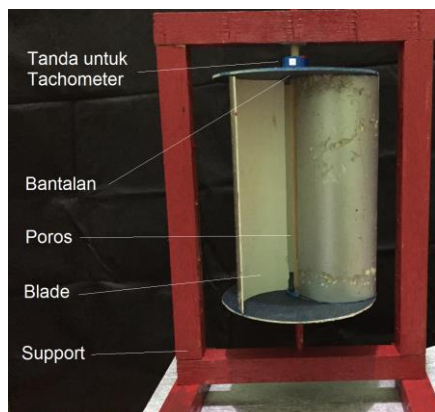
Turbin angin sumbu vertikal bekerja berdasarkan drag force. Pada saat mendapat angin pada sebuah arah, maka koefisien drag antar kedua sisi turbin berbeda. Perbedaan ini menimbulkan terjadinya perputaran. Tabel koefisien drag bisa dilihat pada gambar 3.

Keuntungan Turbin Angin Sumbu Vertikal adalah : Starting point rendah, bisa berputar pada angin kecil, posisi poros rendah sehingga mudah dalam pengoperasian, tahan angin ribut, dan tanpa perlu pengarah karena bisa dari angin arah mana saja.

Adapun beberapa kelemahannya adalah : Efisiensi lebih rendah daripada sumbu horizontal, tidak mengambil keuntungan dari angin yang berputar lebih tinggi dan torsi awal yang rendah.



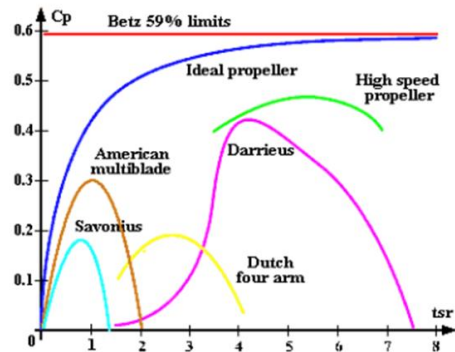
Gambar 2 Prinsip Kerja VAWT



Gambar 3 Purwarupa Turbin Angin Sumbu Vertikal

Pada gambar 3 adalah purwarupa VAWT yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya [2] Salah satu kelemahan dari VAWT adalah efisiensinya yang lebih rendah daripada Horizontal Axis Wind Turbine. Secara lengkap bisa dilihat pada gambar 2. 5 di bawah.

Oleh karena itu dalam perencanaan VAWT adalah membuat desain yang optimum untuk meningkatkan efisiensi sehingga akan diperoleh keuntungan-keuntungan.



Gambar 4 Perbandingan Cp dan TSR beberapa jenis turbin angin

### Konversi Energi Angin menjadi Daya Mekanis

Energi kinetik akibat angin :

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(1)$$

m = massa yang bergerak (kg) dan

v adalah kecepatan angin ( $\frac{m}{s}$ )

$$V = vA \left( \frac{m^3}{s} \right) \dots\dots\dots(2)$$

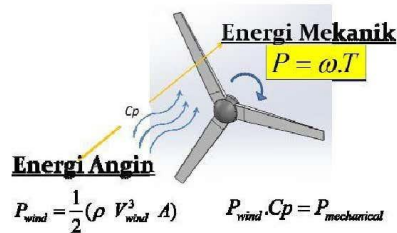
V = laju volume dan A adalah luas sapuan rotor ( $m^3$ )

Massa dapat dituliskan sebagai  $m = \rho vA$

Maka Energi :

$$P = \frac{1}{2} \rho Av^3 \dots\dots\dots(3)$$

P = Daya mekanis (W) dan  $\rho$  = densitas udara rata-rata ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ )



Gambar 5 Konversi Energi Angin Menjadi Energi Mekanik

Penelitian tentang Turbin angin sumbu vertikal telah dilakukan oleh Hamsir dkk [2] dan mendapatkan sudut blade yang paling optimum dalam sebuah VAWT type savonius 3 sudu. Salah satu kelebihan turbin angin sumbu vertikal adalah self starting yang rendah [3]. Pada penelitian ini Rangga dkk telah memodifikasi sudut sudu turbin angin vertikal type savonius bertingkat yang sudunya berbentuk setengah lingkaran. Penelitian berikutnya membahas desain VAWT versi mikro pada daerah dengan kecepatan angin yang rendah [4]. Walaupun dalam penelitian lain disimpulkan bahwa kenaikan sudut sudu turbin savonius menurunkan unjuk kerja turbin [5]. Namun itu hanya pada kondisi tertentu saja..

Untuk rumah tangga penelitian sebelumnya dengan menggunakan variabel panjang lengan sebagai variabel yang diteliti [6]. Panjang lengan dimodifikasi dengan roda gigi untuk menghasilkan daya yang paling besar dari segala variasi yang ada.

Rasyid dkk. melakukan penelitian pengaruh jumlah stage terhadap kinerja turbin dengan keluaran yaitu torsi, putaran poros dan daya. Penelitian ini membuktikan bahwa turbin angin sumbu vertikal 2 stage memiliki efisiensi tertinggi pada sudu berbentuk L [7].

Analisa kelengkungan turbin pada sudut  $90^\circ$  oleh Pitriadi Peri dkk menghasilkan kesimpulan inerja terbaik dari kincir angin sumbu vertikal tiga sudu dengan kelengkungan  $90^\circ$  memiliki nilai koefisien power tertinggi pada kecepatan angin = 2,2 m/s yaitu 0,4.[8].

Brusca dkk dengan menggunakan metode numerik menyimpulkan bahwa makin besar Reynold Number unjuk kerja turbin makin meningkat [9]. Dengan simulasi komputer menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic) dilakukan oleh A. Alaimo dkk dengan meneliti turbin angin vertikal type helix dan straight dalam pemodelan 2 dimensi dan 3 dimensi. Dari pemodelan 3 dimensi terlihat turbin angin type helix memiliki torsi rata rata sebesar 8.75% dibanding type straight [10]. Selain untuk kebutuhan listrik, turbin air skala kecil juga dibangun untuk sebuah kompressor udara [11].

Turbin angin dalam bentuk kecil telah didesain [12] dan mendapatkan bentuk yang lengkap berkaitan dengan kebutuhan dan ketersediaan angin pada lokasi tersebut. Sedangkan turbin angin portable telah diusulkan oleh Nakhoda dkk [13] yaitu type kecil yang bisa dibawa ke tempat yang dirasa banyak terdapat angin. Pada

model ini sangat efektif dalam penggunaan yang berdaya kecil namun sangat efisien dalam mobilitas yang tinggi. Ini sangat cocok diterapkan di daerah terpencil.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan di *workshop* Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate.

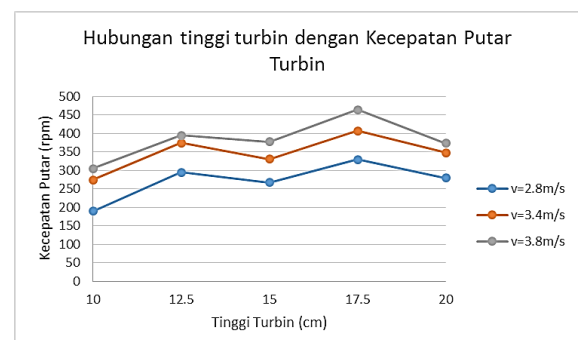


Gambar 6 Peralatan Percobaan VAWT

Langkah-langkah pengujian:

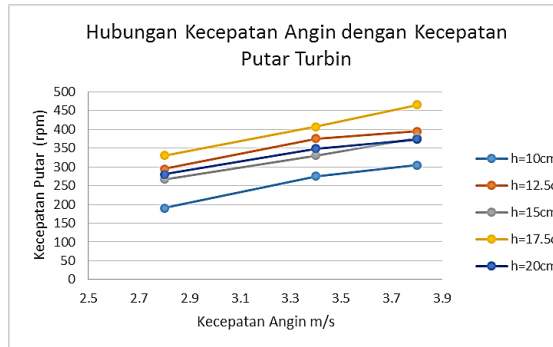
1. Pasang alat sebagaimana settingan awal
2. Nyalakan kipas pada putaran terendah.
3. Ukur kecepatan angin yang ditimbulkan di ujung terowongan. Pembuatan terowongan angin agar kecepatan angin bisa terfokus.
4. Catat nilai kecepatan angin, pindahkan anemometer.
5. Arahkan tachometer ke reflektor yang sudah dipasang di poros VAWT.
6. Catat nilai pada setiap kecepatan angin dengan variasi VAWT yang berbeda

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 7 Hubungan Tinggi Turbin dengan Kecepatan Putar Turbin

Pada gambar 7, terjadi kecenderungan kenaikan putaran turbin dalam rpm dengan bertambahnya tinggi turbin. Nilai tertinggi pada setiap putaran ada pada ketinggian turbin 17.5 cm. Jika dinaikkan lagi maka kecepatan putar justru turun.



Gambar 8 Hubungan Kecepatan Angin dengan Kecepatan Putar Turbin

Semakin besar kecepatan angin, semakin besar rpm dari VAWT. Dari gambar 8 diketahui bahwa kecepatan putar tertinggi ada pada kecepatan angin 3.8 m/s dan pada H = 17.5 cm. Kecepatan terendah ada pada V angin = 2.8 m/s dan H = 10 cm.

#### TIP SPEED RATIO (TSR)

Adalah perbandingan antara kecepatan angin dengan kecepatan linier turbin di ujung blade.

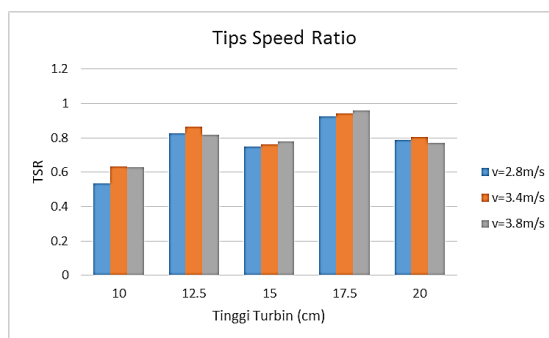
$$TSR = \frac{\pi D \omega}{60 \cdot v}$$

Dimana

D = diameter turbin (m)

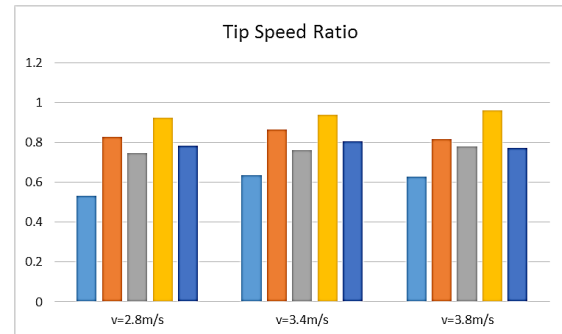
$\omega$  = rpm

v = Kecepatan angin (m/s)



Gambar 9 Hubungan tinggi turbin terhadap TSR

Dari gambar 10 diketahui bahwa pada tinggi turbin 17.5 cm TSR paling tinggi pada 3 kecepatan yang berbeda.



Gambar 10 TSR pada 3 tingkat kecepatan dan 5 ketinggian turbin yang berbeda

Dari gambar 10 jika dikelompokkan pada kecepatan angin, didapatkan H = 10 cm memiliki TSR yang paling kecil dan H=17.5 cm merupakan TSR yang paling besar.

#### KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pada ketinggian turbin 17.5 cm, untuk kecepatan angin 2.8 m/s kecepatan poros 330 rpm, untuk kecepatan angin 3.4 m/s kecepatan poros 407 rpm dan kecepatan angin 3.8 m/s didapatkan kecepatan poros 465 rpm. Ini adalah tinggi optimum yang menghasilkan kecepatan sudut paling besar untuk semua variasi tinggi VAWT. Hasil ini berlaku pada VAWT yang diujikan pada penelitian ini dengan model yang ada.

Saran untuk penelitian kedepan diperlukan optimasi pada variabel yang lain sehingga akan mendapatkan VAWT yang benar-benar optimum dengan memperhatikan faktor beban dan energi listrik yang dihasilkan

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. C. Ogunoh, D. T. Ezemmuo, and M. C. Ani, "Design and construction of vertical axis wind turbine," *Saudi J. Eng. Technol.*, pp. 65–72, 2017.
- [2] I. hamsir Ayub Wahab, "Optimization of the Vertical Axis Wind Turbine as a Renewable Energy Plant in North Maluku," in *International Conference on Innovation in Science, Health and Technology*, 2020.
- [3] R. Pangestu and P. N. Bandung, "Turbin Angin Vertikal Savonius Bertingkat Membentuk Helix SAVONIUS BERTINGKAT DENGAN VARIASI BLADE : SAVONIUS HELICAL L ROTOR," *Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu tugas Operasi Sistem Energi II Program Studi Diploma*

- III Teknik Konversi Energi D.” no. June, 2017.
- [4] D. Nongdhar, B. Goswami, P. Gogoi, and S. Borkataky, “Design of Horizontal Axis Micro Wind Turbine for Low Wind Speed Areas,” *ADBU J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–47, 2018.
- [5] I. B. Alit, N. Nurchayati, and S. H. Pamuji, “Turbin angin poros vertikal tipe Savonius bertingkat dengan variasi posisi sudut,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 107–112, 2016.
- [6] A. Putranto, A. Prasetyo, and A. Zatmiko, *Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga*, 2011.
- [7] K. S. Rasyid, S. Sudarno, and W. T. Putra, “PENGARUH VARIASI JUMLAH STAGE TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL SAVONIUS TIPE- L,” *KOMPUTEK*, 2018.
- [8] P. Pitriadi, R. Bachmid, and I. M. Susanto, “ANALISIS PERFORMANCE KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL TIGA SUDUT DENGAN KELENGKUNGAN 90°,” *J. Poli-Teknologi*, 2018.
- [9] S. Brusca, R. Lanzafame, and M. Messina, “Design of a vertical-axis wind turbine: how the aspect ratio affects the turbine’s performance,” *Int. J. Energy Environ. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 333–340, 2014.
- [10] A. Alaimo, A. Esposito, A. Messineo, C. Orlando, and D. Tumino, “3D CFD analysis of a vertical axis wind turbine,” *Energies*, vol. 8, no. 4, pp. 3013–3033, 2015.
- [11] A. O. Adeodu, I. A. Daniyan, O. R. Raji, K. A. Bello, and O. R. Oloyede, “Development of a Small-Scale Vertical Axis Wind Turbine for Generation of Compressed Air for Pneumatic Systems,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1378, no. 2, 2019.
- [12] J. Castillo, “Small-Scale Vertical Axis Wind Turbine Design,” *Ieee*, 2011.
- [13] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, “Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen,” *J. Inov.*, 2015.