

Analysis Performance of Savonius Wind Turbines with combined blade without loaded

Arifin Sanusi^{1,*}, Nurhayati² dan Hikmah³

^{1,2}Prodi. Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang

³Prodi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Nusa Cendana, Kupang

*Corresponding author: arifin_undana@yahoo.com

Abstract. The Savonius turbine with conventional blade is model developed to improve its performance, either through modification of the blade model or by providing additional equipment to the turbine rotor. The blade modification and additional tools to improve its performance. The modification in this research is a blade combination where the circle-shaped conventional model is combined with the one of a concave elliptical model. The purpose of this paper as a first step to analyze the performance of Savonius wind turbines applied as an energy source. The analysis is carried out theoretically based on the rotation data measured on the drive pulley with a diameter of 250 mm which is placed at the center of the endplate with the existing wind speed, before being given or before being released with the alternator as a power source. The purpose of this paper is to first analyze the performance of the Savonius wind turbine applied as an energy source. The results of the measurement of the rotating rotors with the variation of the wind speed, shows the measurement results equal to the laboratory scale.

Abstrak. Model *blade* konvensional turbin angin tipe Savonius merupakan model utama yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerjanya, baik melalui modifikasi model *blade* maupun dengan memberikan peralatan tambahan pada rotor turbin. Modifikasi *blade* dan penambahan alat tambahan bertujuan untuk meningkatkan kinerjanya. Modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan kombinasi *blade*, dimana menggabungkan model konvensional sebagai sisi cembung dan model elips sebagai sisi cekung *blade*. Tujuan makalah ini sebagai langkah awal menganalisa kinerja turbin angin Savonius yang di aplikasikan sebagai sumber energi. Analisis dilakukan secara teoritis berdasarkan data putaran rotor yang di ukur pada puli penggerak dengan diameter 250 mm yang ditempatkan pada pusat *endplat* dengan kecepatan angin yang ada, sebelum diberikan beban atau sebelum dihubungkan dengan *alternator* sebagai sumber listrik. Hasil pengukuran putaran rotor dengan variasi kecepatan angin yang ada, menunjukkan hasil pengukuran sama dengan skala laboratorium

Keywords: Turbin Angin, Putaran, Tanpa Beban, Aplikasi

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kebutuhan energi semakin meningkat sehingga kebutuhan akan pengembangan energi alternatif sangat diperlukan dewasa ini. Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan potensial untuk dikembangkan. Turbin angin Savonius sebagai turbin pembangkit energi alternatif, memiliki konstruksi sederhana, mampu memanfaatkan angin dari segala arah, akan tetapi memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan jenis turbin lainnya. Kinerja rotor Savonius dipengaruhi oleh parameter aliran dan geometri turbin, dimana konfigurasi aliran tertentu pada geometri yang berbeda memberikan hasil yang berbeda [1]. Upaya

meningkatkan kinerja turbin Savonius, para peneliti telah melakukan penelitian dan modifikasi konstruksi rotor dan *blade* turbin Savonius konvensional dengan metode yang berbeda. Penambahan *blade* menjadi tiga dapat mengurangi koefisien daya, dimana udara dari *blade* pertama dipantulkan kembali pada *blade* berikutnya (*blade* ke-2) sehingga berputar kearah berlawanan dengan *blade* pertama dan rotor bertingkat (*multi staging*) berpengaruh terhadap peningkatan inersia rotor turbin [2]. Perbandingan antara satu, dua, dan tiga tingkat (*multi staging*) terhadap modifikasi rotor Savonius mengindikasikan bahwa koefisien daya cenderung menurun dengan bertambahnya jumlah stage rotor [3].

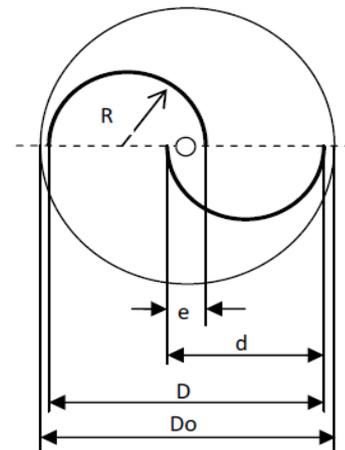
Kinerja turbin Savonius dapat ditingkatkan dengan menambahkan peralatan tambahan pada

Rotor turbin. Penambahan obstacle dan curtain dapat meningkatkan kinerja turbin angin Savonius [4, 5]. Sementara penggunaan plat *deflector* dapat meningkatkan koefisien daya (C_p) sampai 50 % dibandingkan jika tanpa penggunaan *deflector* plat [6]. Penggunaan *guide-box tunnel* pada turbin savonius dua blade lebih besar dibanding tanpa menggunakan *guide-box* [7]. Namun demikian penambahan peralatan tambahan akan menyebabkan kerumitan dalam pembuatan karena semakin kompleksnya konstruksi turbin serta membatasi kelebihan turbin Savonius yang selama ini dapat memanfaatkan angin dari segala arah.

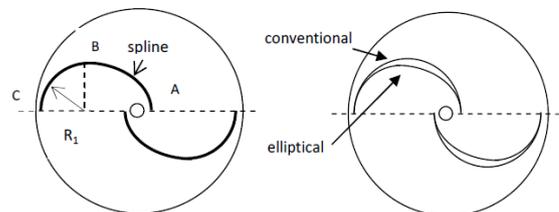
Turbin angin tipe Savonius di modifikasi dengan membuat kombinasi blade rotor antara sisi cekung dan cembung yang dilakukan melalui eksperimental menunjukkan peningkatan koefisien daya C_p 11% dari blade konvensional (8). Untuk aplikasi dilapangan maka dibuat turbin angin dengan skala yang lebih besar (100cm x 100cm) dan dipasang langsung di daerah yang memiliki pontensi angin yang cukup. Oleh karena itu pada makalah ini difokuskan untuk analisa turbin angin tipe Savonius *blade* kombinasi yang telah dipasang dilapangan sehingga bisa diaplikasikan langsung sebagai sumber energi oleh masyarakat.

Metode Penelitian

Modifikasi *blade* dilakukan dengan menggabungkan model konvensional gambar 1(a) sebagai sisi cekung dan model elips gambar 1(b) sebagai sisi cembung menjadi sebuah *blade* kombinasi gambar 1(c) Model dan dimensi *blade* elips adalah garis lengkung yang menghubungkan titik koordinat sumbu-x yakni A (- 75 mm ; 0) , B (250 mm ; 250 mm) , C (- 500 mm ; 0), dimana garis yang menghubungkan titik A dan B adalah *spline* (9) dan yang menghubungkan titik B dan C adalah garis seperempat lingkaran dengan jari-jari $R_1 = 250$ mm. Model konvensional sebagai sisi cekung yang berbentuk setengah lingkaran dengan jari-jari $R = 287.5$ mm. Dari titik tersebut akan terbentuk rotor turbin dengan dimensi $D = 1000$ mm, H (tinggi) = 1000 mm, aspek ratio (AR) = 1.0, ratio diameter *endplat* (D_o/D) = 1.1, diameter chord $d = 575$ mm, jarak overlap $e = 150$ mm. *Blade* rotor turbin terbuat dari plat almunium 0.9 mm dan *endplat* terbuat dari plat baja yang diperkuat dengan rangka besi serta dilengkapi dengan rangka tiang setinggi 3 meter.



(a) blade konvensional



(b) blade elips

(c) blade kombinasi

Gambar 1 Model blade rotor turbin Savonius

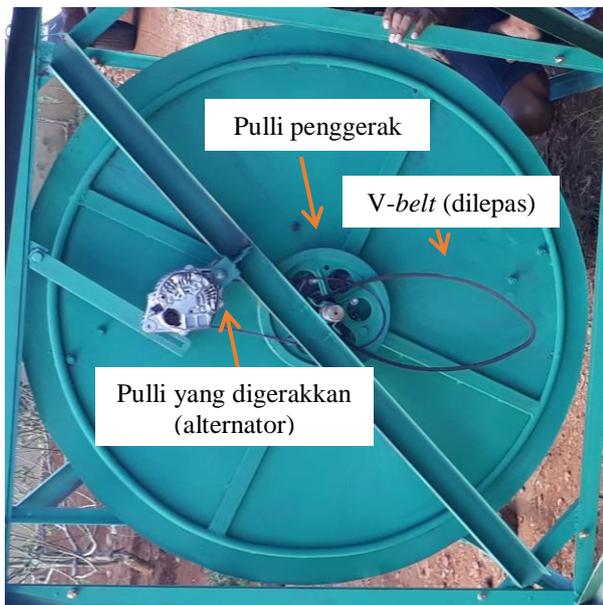
Sesuai dengan ukuran diatas, Turbin angin yang di aplikasikan dilapangan sebagai objek penelitian dibuat dengan konstruksi yang kuat dengan menggunakan material besi kecuali sisi *blade* menggunakan plat almunium sebagaimana pada gambar berikut:



Gambar 2 Konstruksi Turbin Savonius

Pengukuran dilakukan pada turbin yang sudah terpasang dengan kecepatan angin yang

tersedia secara alami. Kecepatan angin diukur dengan menggunakan Manometer dengan akurasi: $\pm 0.3 \%$, sementara putaran rotor menggunakan Tachometer dengan akurasi: $\pm (0.05 \% + 1 \text{ digit})$. Pengukuran putaran dilakukan pada puli rotor dengan diameter 250 mm (puli penggerak) yang ditempatkan pada *endplat* dengan harapan dapat meningkatkan putaran pada alternator yang menggunakan diameter puli 80 mm (puli yang digerakkan) sehingga terjadi peningkatan putaran 3,125 kali dari putaran rotor turbin. Sistem transmisi daya menggunakan *V-belt* tipe A yang menghubungkan puli penggerak dan puli alternator sebagaimana pada gambar 3 berikut:



Gambar 3 Sistem transmisi daya turbin

Pengukuran dilakukan dengan melepaskan sistem transmisi daya (*V-belt*) antara rotor turbin dengan alternator, sehingga diperoleh putaran rotor tanpa beban sekaligus menguji kemampuan star awal turbin tanpa beban dengan kecepatan angin yang tersedia. Analisa dilakukan secara toritis dengan persamaan berikut:

$$\text{kecepatan sudut} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

$$\text{tip speed ratio} \quad TSR = \frac{\omega \cdot R}{V} \quad (2)$$

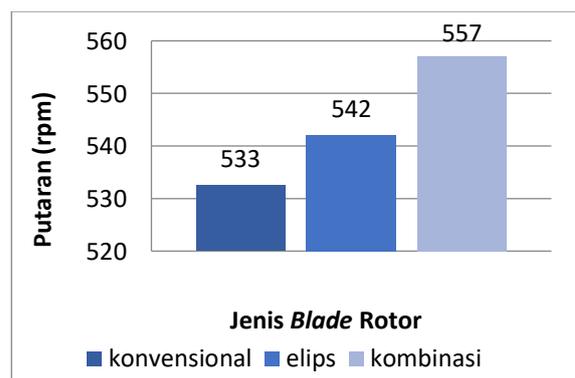
$$\text{daya turbin} \quad P_T = \frac{1}{2} \rho_a A_T V^3 \quad (3)$$

$$\text{dan} \quad P_T = T_T \cdot \omega \quad (4)$$

Hasil dan Pembahasan

Angin yang mendorong blade pada sisi cekung rotor Savonius (*advancing blade*) dengan kecepatan tertentu menghasilkan kekuatan angin positif yang merupakan torsi positif (M_r+) dan kekuatan angin negatif yang menghambat blade cembung pada *returning blade* menghasilkan torsi negatif (M_r-). Karena torsi pada sisi cekung (*advancing blade*) lebih tinggi dari torsi pada sisi cembung (*returning blade*), menyebabkan gerakan rotasi (putar) pada rotor turbin [5]. Selisih momen gaya yang besar akan menghasilkan kinerja yang lebih besar terhadap turbin. Bertambahnya jarak pusat perputaran pada sisi cekung *advancing blade* akan menyebabkan bertambahnya momen positif rotor, sebaliknya semakin kecil jarak pusat perputaran pada sisi cembung *returning blade* akan mengurangi momen negatif. Hal tersebut sesuai dengan model kombinasi yang dilakukan terhadap modifikasi blade konvensional dan elips. Penggunaan model elips blade pada sisi cekung dapat memperbesar jarak titik tangkap gaya terhadap pusat perputaran, sementara sisi cembung yang menggunakan model konvensional (setengah lingkaran) memiliki jarak titik tangkap gaya hambat lebih kecil terhadap pusat perputaran daripada menggunakan model elips [8].

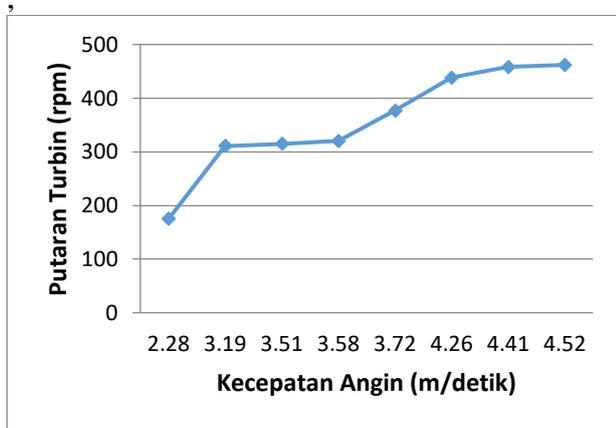
Hasil analisis yang telah dilakukan secara eksperimental bahwa *blade* kombinasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja dalam bentuk koefisien daya (C_p) sebesar 11% [8] serta putaran tanpa beban menunjukkan *blade* kombinasi menghasilkan putaran yang paling tinggi [10] sebagaimana pada gambar berikut:



Gambar 4 Putaran tanpa beban masing-masing prototipe dengan *blade* berbeda

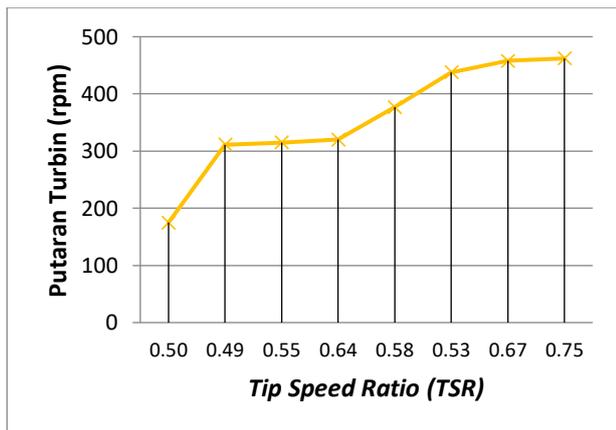
Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan modifikasi model *blade* melalui kombinasi antara kedua sisi blade (*blade* kombinasi) menunjukkan peningkatan putaran rotor yang dilakukan pengujian tanpa beban. Hasil pengukuran tersebut, terlihat bahwa prototipe dengan *blade* kombinasi menghasilkan putaran yang paling tinggi disusul

dengan prototipe dengan blade konvensional dan blade elips. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan *wind tunnel* sistem terbuka dengan menggunakan beban melalui pengukuran torsi dengan putaran yang berbeda.



Gambar 5 Putaran turbin tanpa beban terhadap kecepatan angin

Gambar 5 menunjukkan grafik putaran rotor turbin terhadap kecepatan angin yang di ukur langsung dilapangan berdasarkan kecepatan angin yang terjadi. Dari data tersebut terlihat bahwa turbin angin dapat mulai berputar pada kecepatan angin lebih dari 2 m/detik. Hal ini menunjukkan bahwa turbin angin tersebut memiliki kecepatan awal yang rendah. Disamping itu, pada kecepatan angin mencapai 3 m/detik menghasilkan putaran yang langsung meningkat lebih dari 300 rpm.



Gambar 6 Putaran turbin tanpa beban terhadap tip speed ratio (TSR)

Gambar 6 Menunjukkan grafik putaran rotor turbin terhadap tip speed ratio (TSR) yang di ukur langsung dilapangan berdasarkan kecepatan angin yang terjadi dan memiliki model grafik yang sama dengan putaran berdasarkan kecepatan angin. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin dan

TSR adalah sesuatu yang berbeda, dimana TSR ditentukan dengan kecepatan angin dan kecepatan pada ujung *blade*.

Berdasarkan grafik pada gambar 5 dan gambar 6 terlihat bahwa turbin angin cenderung stabil dan meningkat setelah mencapai kecepatan angin 3,72 m/detik. Namun demikian *tip speed ratio* menurun pada kecepatan angin tertentu. Hal ini disebabkan karena adanya pusaran angin pada saat pengukuran menyebabkan arah angin tidak tetap. Perubahan *TSR* disebabkan karena adanya penurunan putaran dengan kecepatan angin tetap.

Kesimpulan

Dari hasil pengukuran secara langsung dan analisis terhadap turbin angin *blade* kombinasi diatas maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Turbin angin dengan rotor *blade* kombinasi, dapat beroperasi dan berputar dengan baik pada kecepatan angin yang rendah
2. Turbin dapat berputar dengan relatif stabil dengan perubahan arah angin, namun tetap berpengaruh terhadap *TSR*.
3. Putaran rotor turbin relatif stabil pada kecepatan angin lebih dari 4 m/detik.

Penghargaan

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah menyediakan dana penelitian pada skim Penelitian Strategis Nasional tahun ke-2, (2018).

Referensi

- [1] Akwa, J.V., Vielmo, H.A., Petry, A.P., 2012. A review on the performance of Savonius wind turbines,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 3054 – 3064.
- [2] Saha, U.K., Rajkumar, M.J., 2006. On the performance analysis of Savonius rotor with twisted blades”, *Renewable Energy* 31, pp. 1776 – 1788.
- [3] Kamoji, M.A., Kedare, S.B., Prabhu, S.V., 2011. Experimental investigations on two and three stage modified Savonius rotor, *Wind Engineering* Vol. 35, No. 4, pp 483 – 510.

- [4] Mohamed, M.H., Janiga, G., Pap, E., Thévenin, D., Technical Note, 2010: Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade, *Renewable Energy* 35 : pp. 2618 – 2626.
- [5] Altan, B.A., Atilgan, M., 2012. A study on increasing the performance of Savonius wind rotors, *Journal of Mechanical Science and Technology* 26 (5), pp. 1493 – 1499.
- [6] Golecha, K., Eldho, T.I., Prabhu, S.V., 2011. Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine, *Applied Energy* 88 , pp. 3207– 3217.
- [7] Irabu, K., Roy, J.N., 2007. Characteristics of wind power on Savonius rotor using a guide-box tunnel, *Experimental Thermal and Fluid Science* 32 , pp. 580 – 586.
- [8] Arifin, S., Sudjito, S., Slamet, W. and Lilis, Y.. 2016. Experimental Study of Combined Blade Savonius Wind Turbine, *Int. J. Renew. Energy Res. IJRER*, vol. 6, no. 2, pp. 614–619.
- [9] Kacprzak, K., Liskiewicz, G., Sobczak, K., 2013. Numerical investigation of conventional and modified Savonius wind turbines,” *Renewable Energy* 60, pp. 578 – 585.
- [10] Nurhayati dan Arifin, S., 2017. Peningkatan Kinerja Turbin Angin Tipe Savonius Melalui Modifikasi *Blade Rotor*” Seminar Nasional Teknik FST-Undana pp.14