

P-63

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH ASPEK RASIO TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN CROSSFLOW

EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF THE ASPECT RATIO ON THE PERFORMANCE OF CROSSFLOW WIND TURBINE

Yudi Kurniawan¹, Diniar Mungil Kurniawati², Dominicus Danardono^{3*}, Dwi Prija Tjahjana⁴
^{1,2,3,4}Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*E-mail: ddanardono@staff.uns.ac.id

Diterima 21-10-2018	Diperbaiki 16-11-2018	Disetujui 20-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Energi angin telah dianggap sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan primer sejak tahun 2000. Turbin angin diklasifikasikan berdasarkan sumbunya, yaitu turbin angin sumbu horizontal (HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (VAWT). VAWT digunakan pada daerah perkotaan dimana kecepatan angin rata-ratanya relatif kecil dan arahnya berubah-ubah. VAWT dibagi menjadi beberapa tipe, diantaranya turbin Savonius dan Darrieus. Turbin angin cross-flow berasal dari konsep turbin air banki dapat menjadi alternatif untuk mengekstrak energi potensial angin menjadi energi listrik. Turbin cross-flow memiliki desain yang sederhana sehingga turbin mudah untuk dibuat dan dapat menghasilkan torsi yang tinggi pada kecepatan angin yang relatif rendah. Banyak peneliti melakukan perubahan desain geometri pada cross-flow dengan tujuan meningkatkan performa turbin. Aspek rasio (H/D) adalah salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kinerja dari turbin angin crossflow. Pengujian secara eksperimen ini bertujuan mencari kecepatan putaran tertinggi dari variasi aspek rasio crossflow. Variasi aspek rasio (H/D) yang digunakan yaitu 1, 1,56 dan 0,64 dengan jumlah sudu 16. Setiap variasi jumlah sudu dilakukan pengujian dengan 5 kecepatan angin yang berbeda yaitu 4,99 m/s, 5,94 m/s, 6,49 m/s, 6,99 m/s dan 7,27 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan aspek rasio (H/D) 1,56 pada kecepatan angin 7,27 m/s. Hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 313 rpm.

Kata kunci: energi baru terbarukan, crossflow, aspek rasio, kecepatan putaran

ABSTRACT

Wind energy has been referred to as one of the primary renewable energy sources since 2000. Its axis-based concrete wind turbines are horizontal wind turbines (HAWT) and vertical wind turbines (VAWT). VAWT are generally in urban areas with an average speed that is relatively small and its direction is variable. VAWT is divided into several types, namely Savonius and Darrieus turbines. Cross-flow wind turbines derived from the concept of banki water turbines can be an alternative to extract potential wind energy into electrical energy. Cross-flow turbines have a simple design. Can be used and can produce high torque at relatively low speeds. Many designs of geometry design in cross-flow with the aim of improving the performance of the turbine. The aspect ratio (H / D) is one of the parameters that can affect the performance of a crossflow wind turbine. This ratio is used to measure the crossflow ratio aspect. Variation in aspect ratio (H / D) which is 1, 1.56 and 0.64 with number of blades 16. If the number of blades is carried out with 5 different wind speeds of 4.99 m/s, 5.94 m/s, 6.49 m/s, 6.99 m/s and 7.27 m/s. The experimental results show the highest speed in the wind turbine with an aspect ratio (H / D) of 1.56 at a wind speed of 7.27 m/s. The highest rotation speed is 313 rpm.

Keywords: renewable energy, crossflow, aspect ratio, rotation speed

PENDAHULUAN

Tujuan pemanfaatan energi angin untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan bahan bakar fosil, selain itu energi

angin telah dianggap sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan primer sejak tahun 2000 [1]. turbin angin diklasifikasikan berdasarkan sumbunya, yaitu turbin angin sumbu horisontal

(HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (VAWT). HAWT banyak digunakan diberbagai negara untuk pembangkit listrik sekalan menengah dan besar. Lain halnya dengan VAWT yang digunakan pada daerah perkotaan dimana kecepatan angin rata-ratanya relatif kecil dan arahnya berubah-ubah.

Turbin angin dengan output daya antara 1,5 MW hingga 5 MW dapat dikategorikan skala besar, kemudian bila turbin angin yang menghasilkan listrik dibawah 100 kW merupakan kategori skala kecil. Berdasarkan diameter rotor turbin angin dapat diklasifikasikan menjadi turbin mikro (<1 m), kincir angin untuk pertanian (1-15 m), turbin ukuran medium (15-55 m), turbin MW (>55 m) [2].

VAWT memiliki dua dasar gaya aerodinamis yang bekerja pada sudu, yaitu berdasarkan gaya *drag* dan gaya *lift*. Turbin angin berbasis gaya *drag* yang paling umum adalah turbin angin *Savonius*. Sementara itu, turbin angin *Darrieus* adalah turbin angin sumbu vertikal yang berbasis gaya *lift* atau gaya angkat. Gaya *lift* yang dihasilkan oleh angin menumbuk *airfoil* untuk membuat rotasi. Turbin angin tipe *lift* memiliki output kinerja dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan turbin *Savonius*[3].

Turbin angin *cross-flow* berasal dari konsep turbin air banki dapat menjadi alternatif untuk mengekstrak energi potensial angin menjadi energi listrik. Turbin *cross-flow* dapat menghasilkan performa yang tinggi dengan kecepatan angin yang rendah. Beberapa keuntungan turbin *cross-flow* antara lain konstruksi yang sederhana dan biaya investasi yang rendah [4].

Untuk mendapatkan turbin angin *cross-flow* dengan performa yang baik, maka beberapa parameter desain harus diperhatikan. Desain geometri menjadi perhatian yang menarik untuk pengembangan desain dari turbin angin *cross-flow*. Geometri turbin dinyatakan dalam bentuk aspek rasio. Aspek rasio adalah perbandingan antara diameter luar dan diameter dalam turbin atau perbandingan tinggi dan diameter luar turbin. Pengaruh aspek rasio dalam performa turbin angin dapat meningkatkan koefisien daya. Pada turbin angin tipe *Savonius* dengan aspek rasio yang lebih besar menunjukkan performa yang baik dikarenakan *losses* yang rendah [5]. Sama halnya dengan turbin angin *cross-flow* yang mempunyai aspek rasio yang besar mempunyai *losses* yang rendah [6].

Kamoji [7], melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *aspect ratio* (H/D) 0,88, 0,93, dan 1,17 terhadap performa *Savonius*. Penelitian ini menggunakan turbin *Savonius* dengan *twisted angle* 90°. Hasil penelitian adalah turbin angin *Savonius* dengan *aspect ratio* 0,88 memperoleh nilai koefisien daya terbesar yaitu 0,165 pada TSR 0,7 dibandingkan dengan *aspect ratio* 0,93 dan 1,17.

Turbin angin Banki dengan aspek rasio 1 m x 1 m telah di uji secara eksperimen di kondisi angin yang *real*. Turbin dengan jumlah sudu 8 dan sudut arah datang angin sebesar 30°. Turbin tersebut menghasilkan aliran yang relatif kontinu disekitar sudu dengan *losses* yang minimum. C_p maksimum yang dihasilkan sekitar 0,3 dan cut in pada kecepatan angin 1,2 m/s [8].

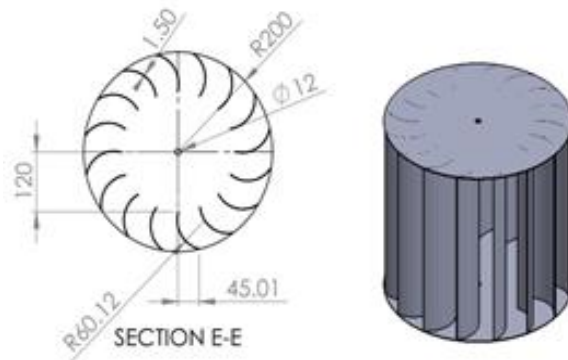
Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian secara eksperimen terhadap unjuk kerja turbin angin sumbu vertikal (VAWT) *cross-flow* dengan berbagai macam variasi aspek rasio. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aspek rasio terhadap kecepatan putaran turbin yang dihasilkan, sehingga diketahui parameter aspek rasio yang paling optimal.

METODOLOGI

Berdasarkan referensi sebelumnya, pembuatan desain turbin *cross-flow* untuk dilakukan pengujian. Turbin angin *cross-flow* dibuat dari bahan aluminium, tebal sudu 1 mm, tebal end plate 2 mm, jumlah sudu 16 dan dengan mempertimbangkan dimensi geometri seperti profil sudu melengkung R90. Pengujian dilakukan dengan 3 spesimen yaitu aspek rasio 1 (H/D 400mm x 400mm), 1,56 (H/D 500mm x 320mm), dan 0,64 (H/D 320mm x 500mm). Gambar 1 menunjukkan geometri turbin angin *cross-flow* dengan variasi aspek rasio 1, Gambar 2 menunjukkan geometri turbin angin *cross-flow* dengan variasi aspek rasio 1,56, Gambar 3 menunjukkan geometri turbin angin *cross-flow* dengan variasi aspek rasio 0,56.

Pengujian dilakukan dengan skematik test (Gambar 4) yang menyesuaikan dengan keadaan nyata di lapangan. Variasi kecepatan angin (4,99 m/s, 5,94 m/s, 6,49 m/s, 6,99 m/s dan 7,27 m/s) akan dialirkan pada turbin angin untuk dapat mengetahui karakteristik turbin. Gambar 5 menunjukkan *fan blower* yang digunakan sebagai *input* dari angin pada skematik pengujian. Angin dari *fan blower* diarahkan menuju turbin agar membuat turbin

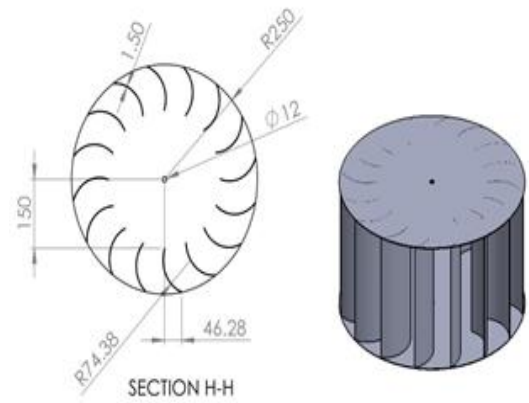
angin *crossflow* berputar dan dapat diukur putaran per menit (rpm) dengan alat *tachometer* (Gambar 6).



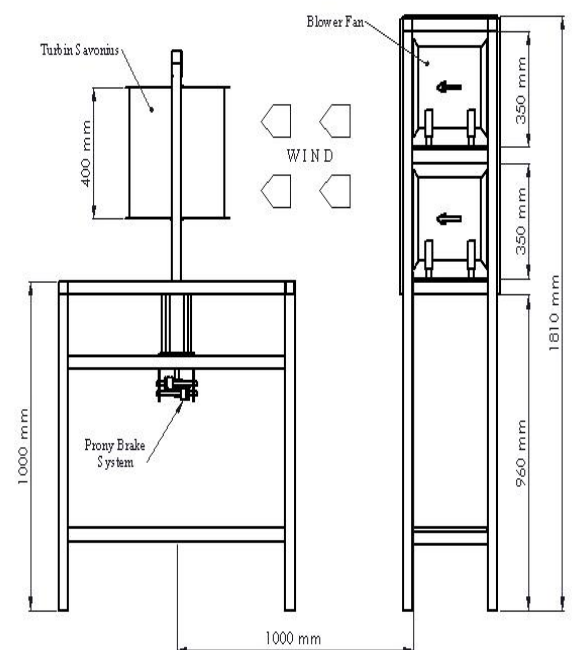
Gambar 1. Geometri turbin angin *crossflow* dengan variasi aspek rasio 1



Gambar 2. Geometri turbin angin *crossflow* dengan variasi aspek rasio 1,56



Gambar 3. Geometri turbin angin *crossflow* dengan variasi aspek rasio 0,64



Gambar 4. Skematik pengujian



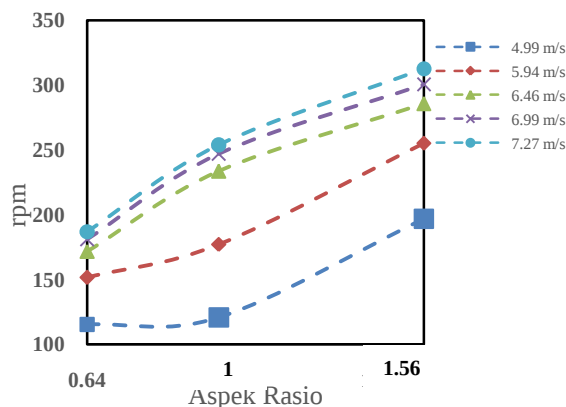
Gambar 5. Fan blower



Gambar 6. Tachometer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen turbin angin *crossflow* dengan variasi aspek rasio (AR) 1, 1,56 dan 0,64 terhadap nilai kecepatan putaran (rpm). Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan antara variasi aspek rasio terhadap rpm.



Gambar 7. Hubungan antara variasi aspek rasio terhadap rpm

Gambar 7 menunjukkan bahwa variasi AR berpengaruh terhadap kecepatan putaran (rpm) turbin angin *cross-flow*. Pada awal kecepatan rendah yaitu 4,99 m/s, turbin *crossflow* dengan jumlah sudu 16 dan AR 0,64 menghasilkan putaran 115 rpm, sedangkan pada AR 1 menghasilkan kecepatan putaran turbin 121 rpm, kemudian pada AR 1,56 kecepatan putaran mengalami kenaikan menjadi 197 rpm. Hal serupa juga terjadi pada variasi kecepatan angin ke-2 yaitu 5,94 m/s, dimana pada AR 0,64 menghasilkan kecepatan putaran 152 rpm, pada AR 1 kembali mengalami kenaikan menjadi 177 rpm dan mengalami sedikit kenaikan pada AR 1,56 (225 rpm). Pada kecepatan angin 6,46 m/s, 172 rpm diperoleh pada AR 0,64, 234 rpm

diperoleh pada AR 1 dan 286 rpm diperoleh AR 1,56. Pada variasi kecepatan angin ke-4 yaitu 6,99 m/s, *crossflow* dengan variasi AR 0,64, 1, dan 1,56 memperoleh kecepatan putaran turbin secara berturut-turut 181 rpm, 247 rpm dan 301 rpm. Pada variasi kecepatan putaran tertinggi yaitu 7,27 m/s, turbin dengan AR 0,64 menghasilkan 187 rpm, AR 1 menghasilkan 254 rpm dan AR 1,56 menghasilkan 313 rpm.

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh secara umum menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan input angin yang diberikan pada turbin angin akan meningkatkan kecepatan putaran (rpm). Hal tersebut terjadi pada 5 variasi kecepatan angin yang diberikan. Kecepatan angin yang meningkat membuat *drag force* atau gaya dorong terhadap sudu *cross-flow* meningkat yang mengakibatkan kecepatan putaran ikut meningkat.

Analisis non dimensional dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perbedaan aspek rasio terhadap parameter performa turbin angin *crossflow*. variasi AR yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan diameter luar dengan tinggi turbin namun semua variasi mempunyai *swept area* yang sama. Berdasarkan hasil dari analisis nondimensional diameter dan tinggi turbin dapat mempengaruhi nilai kecepatan putaran turbin *crossflow*.

AR 1,56 menghasilkan putaran tertinggi pada setiap variasi kecepatan angin dibandingkan dengan AR yang lebih kecil yaitu 1 dan AR yang paling kecil yaitu 0,64. Hal ini disebabkan variasi AR berbanding lurus dengan kecepatan putaran turbin, dan tidak berbanding terbalik dengan kecepatan putaran (rpm). AR yang tinggi akan mengurangi *losses* pada sudu [6]. Hal ini mirip dengan prinsip kerja end plate dimana membantu mencegah keluarnya fluida pada masing-masing ujung sudu, sehingga dapat meningkatkan torsi positif yang berpengaruh pada peningkatan kecepatan putaran turbin (rpm).

AR yang terlalu kecil akan menghasilkan rugi-rugi yang semakin besar sehingga kecepatan putaran (rpm) akan menurun. Hal tersebut menyebabkan kemampuan angin untuk memutar turbin akan berkurang, sehingga performa turbin pun akan menurun. Data hasil rpm dapat digunakan untuk analisa unjuk kerja turbin angin *cross-flow*[9].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen dan analisis data maka dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan AR 1,56 pada kecepatan angin 7,27 m/s. hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 313RPM.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dapat menganalisa lebih lanjut kedalam perumusan dasar koefisien daya dan koefisien torsi maksimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pengelola laboratorium mekanika fluida Universitas Sebelas Maret yang telah menyediakan tempat dan ikut serta membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Kumar, K. Raahemifar, and A. S. Fung, "A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 89, no. September 2016, pp. 281–291, 2018.
- [2] W. C. Wang, W. T. Chong, and T. H. Chao, "Performance analysis of a cross-axis wind turbine from wind tunnel experiments," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 174, no. January, pp. 312–329, 2018.
- [3] W. T. Chong *et al.*, "Cross axis wind turbine: Pushing the limit of wind turbine technology with complementary design," *Appl. Energy*, vol. 207, pp. 78–95, 2017.
- [4] A. Dragomirescu, "Performance assessment of a small wind turbine with cross flow runner by numerical simulations," *Renew. Energy*, vol. 36, no. 3, pp. 957–965, 2011.
- [5] N. H. Mahmoud, A. A. El-Haroun, E. Wahba, and M. H. Nasef, "An experimental study on improvement of Savonius rotor performance," *Alexandria Eng. J.*, vol. 51, no. 1, pp. 19–25, 2012.
- [6] J. V. Akwa, H. A. Vielmo, and A. P. Petry, "A review on the performance of Savonius wind turbines," *Renew.*

Sustain. Energy Rev., vol. 16, no. 5, pp. 3054–3064, 2012.

- [7] M. A. Kamoji, S. B. Kedare, and S. V. Prabhu, "Performance tests on helical Savonius rotors," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 3, pp. 521–529, 2009.
- [8] A. Ayman, "The design of the Banki wind turbine and its testing in real wind conditions," *Des. Banki Wind turbine its Test. real Wind Cond.*, vol. 3, no. 6, 1993.
- [9] M. R. Ahmed, M. Faizal, and Y. Lee, "Optimization of blade curvature and inter-rotor spacing of Savonius rotors for maximum wave energy extraction," *Ocean Eng.*, vol. 65, pp. 32–38, 2013.