

P-62

## STUDI EKPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN CROSSFLOW

### EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF THE NUMBER OF BLADE ON THE PERFORMANCE OF CROSSFLOW WIND TURBINE

Yudi Kurniawan<sup>1</sup>, Dominicus Danardono<sup>2\*</sup>, Dwi Prija Tjahjana<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>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 adalah sumber daya alam potensial yang berlimpah dan bersih sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjawab permasalahan akan krisis sumber energi non-fosil. Alat yang dapat digunakan untuk merubah energi kinetik angin menjadi energi listrik adalah turbin angin. Turbin angin cross-flow merupakan salah satu jenis VAWT yang dimodifikasi dari turbin air banki. Turbin angin cross-flow memiliki desain yang sederhana, koefisien torsi yang tinggi pada tip speed ratio yang rendah, self starting yang baik, tidak berisik dan lebih stabil sehingga cocok untuk diaplikasikan pada daerah perkotaan. Untuk mendapatkan turbin angin crossflow dengan performa yang baik, maka beberapa parameter desain harus diperhatikan. Parameter jumlah sudu menjadi perhatian yang menarik untuk pengembangan desain dari turbin angin crossflow. Pengujian secara eksperimen ini bertujuan mencari putaran tertinggi dari variasi jumlah sudu crossflow. Variasi jumlah sudu yaitu 16, 20 dan 24. 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 jumlah sudu 20 pada kecepatan angin 7,27 m/s. Hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 250 rpm.

**Kata kunci:** renewable energy, crossflow, jumlah sudu, kecepatan putaran

#### ABSTRACT

*Wind energy is a potential natural resource that is abundant and clean so that it can be used to answer the problem of the crisis of non-fossil energy sources. The tool that can be used to convert the kinetic energy of the wind into electrical energy is a wind turbine. Crossflow wind turbines are one of the modified VAWT types from banki water turbines. Cross-flow wind turbines have a simple design, high torque coefficient at low tip speed ratio, good self starting, not noisy and more stable so that it is suitable for application in urban areas. To obtain a cross-flow wind turbine with good performance, several design parameters must be considered. The parameter number of blades is an interesting concern for the development of the design of cross-flow wind turbines. This experimental test aims to find the highest rotation of variations in the number of crossflow blades. Variations in the number of blades are 16, 20 and 24. Each variation of blade number is tested with 5 different wind speeds, namely 4.99 m / s, 5.94 m / s, 6.49 m / s, 6.99 m / s and 7.27 m / s. The test results show that the highest rotation speed is obtained in wind turbines with a number of blades 20 at a wind speed of 7.27 m / s. the highest rotation speed is 250 rpm.*

**Keywords:** renewable energy, crossflow, number of blades, rotation speed

#### PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan mengakibatkan energi semakin menipis. Selain itu masalah serius yang dihadapi terkait hal tersebut adalah polusi terhadap lingkungan [1] dan meningkatnya harga minyak dunia sehingga mendorong para peneliti untuk memanfaatkan banyak energi

alternatif dari penggunaan bahan bakar non-fosil [2]. Energi yang bersumber dari fosil (*non-renewable energy*) masih menjadi kebutuhan utama di beberapa negara berkembang. Indonesia merupakan salah satu negara yang masih menjadikan energi bersumber fosil sebagai sumber energi utama yaitu sebesar 74% dari kebutuhan sehari-hari

[3]. Melihat dari permasalahan atas krisis energi nasional mendorong pemerintah untuk berupaya meningkatkan penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*). Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin [4]

Energi angin adalah sumber daya alam potensial yang berlimpah dan bersih sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjawab permasalahan akan krisis sumber energi non-fosil [5]. Turbin angin dapat merubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan mekanisme generator. Turbin angin diklasifikasikan menjadi 2 yaitu turbin angin sumbu vertikal (VAWT) dan turbin angin sumbu horisontal (HAWT) [6]. VAWT merupakan turbin angin yang paling berkembang dikarenakan dapat menerima energi angin dari segala arah dan pada kecepatan angin yang berubah-ubah [7].

Turbin angin *crossflow* merupakan salah satu jenis VAWT yang dimodifikasi dari turbin air banki [8]. Turbin angin *crossflow* memiliki desain yang sederhana, koefisien torsi yang tinggi pada *tip speed ratio* yang rendah, *self starting* yang baik, tidak berisik dan lebih stabil sehingga cocok untuk diaplikasikan pada daerah perkotaan [9].

Untuk mendapatkan turbin angin *crossflow* dengan performa yang baik, maka beberapa parameter desain harus diperhatikan. Parameter jumlah sudu menjadi perhatian yang menarik untuk pengembangan desain dari turbin angin *crossflow*.

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan dasar perancangan turbin angin *crossflow*, diperoleh rancangan geometri terbaik dengan sudut masuk sudu  $30^\circ$  dan sudut keluar  $90^\circ$ , diameter dalam 3,2 m, diameter luar 4 m dan jumlah sudu 24 dengan radius kelengkungan 1,472 m [10].

Al-maaitah [7], telah melakukan penelitian turbin angin Banki dengan jumlah sudu 8 dan desain diameter luar 1 m dan tinggi 1 m. Penelitian dilakukan secara eksperimen dan pada kondisi angin yang nyata. Turbin tersebut dapat menghasilkan koefisien daya 0,3 dan dapat menghasilkan daya pada kecepatan angin awal 1,2 m/s.

Acharya [11], juga melakukan penelitian untuk membandingkan karakteristik turbin dengan menggunakan variasi jumlah sudu. Dengan memberikan variasi jumlah sudu 16, 18, 20, 22, 24, 28 dan 32. Hasil dari pengujian tersebut adalah turbin tidak memiliki mekanisme pusaran fluida dan efisiensi

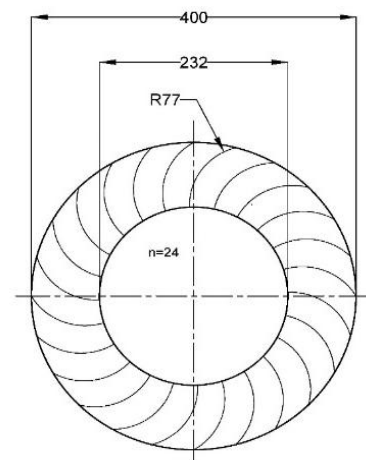
maksimum yang diperoleh pada jumlah sudu 22 adalah 12%.

Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian secara eksperimen terhadap unjuk kerja turbin anginsumbu vertikal(VAWT) *crossflow* dengan berbagai macam variasi jumlah sudu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah terhadap putaran turbin yang dihasilkan, sehingga diketahui jumlah sudu paling optimal.

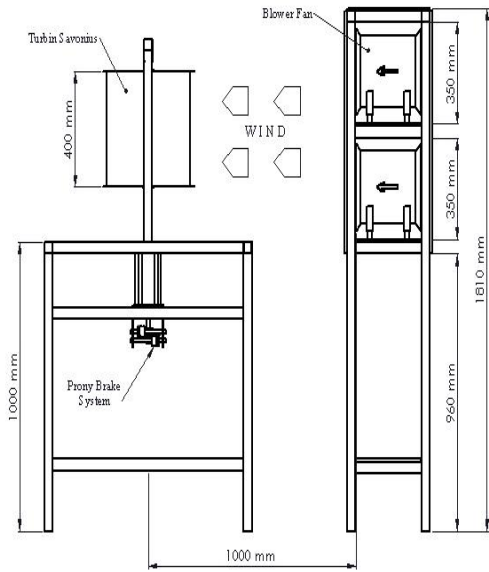
## METODOLOGI

Berdasarkan literatur sebelumnya, pembuatan desain turbin *crossflow* untuk dilakukan pengujian. Turbin angin *crossflow* dibuat dari bahan alumunium, tebal 2 mm dan dengan mempertimbangkan dimensi geometri seperti diameter luar 400 mm, diameter dalam 232 mm, tinggi sudu 400 mm, profil sudu melengkung R77. Pengujian dilakukan dengan 3 spesimen yaitu jumlah sudu 16, 20 dan 24. Gambar 1 menunjukkan geometri turbin angin *crossflow* dengan variasi jumlah sudu 24.

Pengujian dilakukan dengan skematik test (gambar 2) 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 3 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 4).



Gambar 1. Geometri turbin angin *crossflow* dengan variasi jumlah sudu 24.



Gambar 2. Skematik pengujian



Gambar 3. Fan blower

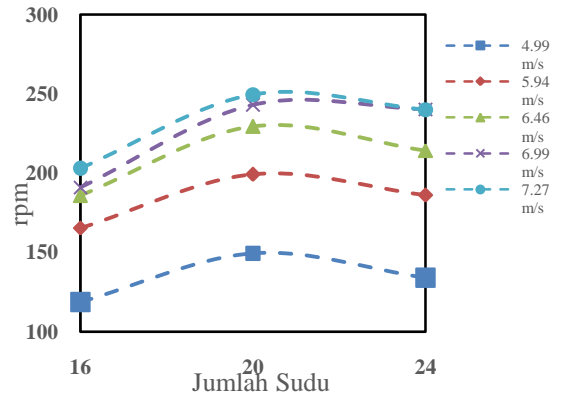


Gambar 4. Tachometer

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen turbin angin *crossflow* dengan variasi jumlah sudu 16, 20 dan 24 terhadap nilai kecepatan putaran (rpm). Gambar 5

menunjukkan grafik hubungan antara variasi jumlah sudu terhadap rpm.



Gambar 5. Hubungan antara variasi jumlah sudu terhadap rpm

Gambar 5 menunjukkan bahwa variasi jumlah sudu berpengaruh terhadap kecepatan putaran (rpm) turbin angin *crossflow*. Pada kecepatan rendah yaitu 4,99 m/s, turbin *crossflow* jumlah sudu 16 menghasilkan putaran 119 rpm, pada jumlah sudu 20 putaran turbin meningkat menjadi 149 rpm, namun pada jumlah sudu 24 putaran mengalami penurunan menjadi 134 rpm. Hal serupa juga terjadi pada kecepatan angin 5,94 m/s, dimana pada jumlah sudu 16 menghasilkan putaran 165 rpm, pada jumlah sudu 20 kembali mengalami peningkatan menjadi 199 rpm dan mengalami sedikit penurunan pada sudu 24. Pada kecepatan angin 6,46 m/s, 186 rpm diperoleh pada sudu 16, 229 rpm diperoleh pada sudu 20 dan 214 rpm diperoleh sudu 24. Pada variasi kecepatan angin ke-4 yaitu 6,99 m/s, *crossflow* dengan variasi jumlah sudu 16, 20 dan 24 memperoleh 191 rpm, 243 rpm dan 240 rpm. Pada variasi kecepatan putaran tertinggi yaitu 7,27 m/s, turbin dengan jumlah sudu 16 menghasilkan 203 rpm, jumlah sudu 20 menghasilkan 250 rpm dan jumlah sudu 24 menghasilkan 240 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 *crossflow* meningkat yang mengakibatkan kecepatan putaran ikut meningkat.

Jumlah sudu 20 menghasilkan putaran tertinggi pada setiap variasi kecepatan angin

dibandingkan dengan jumlah sudu yang lebih sedikit yaitu 16 dan jumlah sudu yang lebih banyak yaitu 24. Hal ini disebabkan variasi jumlah sudu tidak berbanding lurus dan tidak berbanding terbalik dengan kecepatan putaran (rpm). jumlah sudu yang terlalu banyak akan membuat rapat celah antar sudu, sehingga torsi negatif pada turbin tersebut meningkat. torsi negatif dapat mengurangi kecepatan putaran turbin (rpm).

Jumlah sudu yang terlalu sedikit akan menghasilkan rugi-rugi yang semakin besar sehingga kecepatan putaran (rpm) akan menurun. Laju aliran masa udara tidak menabrak luasan rotor dengan sempurna karena gaya momentum angin yang menabrak sudu hanya sedikit. Hal tersebut menyebabkan kemampuan angin untuk memutar turbin akan berkurang, sehingga performa turbin pun akan menurun. Menurut Ahmed, dkk [12], data hasil rpm dapat digunakan untuk analisa unjuk kerja turbin angin *crossflow*.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen dan analisis data maka dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan jumlah sudu 20 pada kecepatan angin 7,27 m/s. hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 250 rpm.

#### 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] J. H. Lee, Y. T. Lee, and H. C. Lim, "Effect of twist angle on the performance of Savonius wind turbine," *Renew. Energy*, vol. 89, pp. 231–244, 2016.
- [2] W. Tian, Z. Mao, B. Zhang, and Y. Li, "Shape optimization of a Savonius wind rotor with different convex and concave sides," *Renew. Energy*, vol. 117, pp. 287–299, 2018.
- [3] Kementerian ESDM, 2016, Outlook Energy Indonesia, Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. ([https://www.esdm.go.id/assets/media/content/outlook\\_energi\\_indonesia\\_2016\\_opt.pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/outlook_energi_indonesia_2016_opt.pdf).)
- [4] Daryanto, "Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," no. April, 2007.
- [5] C. M. Chan, H. L. Bai, and D. Q. He, "Blade shape optimization of the Savonius wind turbine using a genetic algorithm," *Appl. Energy*, vol. 213, no. January, pp. 148–157, 2018.
- [6] X. Liang, S. Fu, B. Ou, C. Wu, C. Y. H. Chao, and K. Pi, "A computational study of the effects of the radius ratio and attachment angle on the performance of a Darrieus-Savonius combined wind turbine," *Renew. Energy*, vol. 113, pp. 329–334, 2017.
- [7] 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.
- [8] A. Dragomirescu and M. Schiaua, "Experimental and numerical investigation of a Bánki turbine operating far away from design point," *Energy Procedia*, vol. 112, no. October 2016, pp. 43–50, 2017.
- [9] T. Shigemitsu, J. Fukutomi, and Y. Takeyama, "Study on Performance Improvement of Cross-Flow Wind Turbine with Symmetrical Casing \*," vol. 4, no. 3, pp. 1505–1511, 2009.
- [10] I. C. M. Ş, D. N. Robescu, and M. B. Ă. R. G. L. Ă. Zan, "Capitalization Of Wind Potential Using A Modified Banki Turbine," vol. 70, no. May, 2008.
- [11] N. Acharya, C. Kim, B. Thapa, and Y. Lee, "Numerical analysis and performance enhancement of a cross-flow hydro turbine \*," *Renew. Energy*, vol. 80, pp. 819–826, 2015.
- [12] 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.