

Experimental Study on the Influence of Angle of Attack and Number of Blade on Break Power of Darrieus Wind Turbine Type H-Rotor Integrated with Cooling Tower

Budi Santoso^{1,*}, Dominicus Danardono¹ dan Miko Hadi Wijaya²

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret - Surakarta

²Prodi Sarjana, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret - Surakarta

*Corresponding author: msbudis@yahoo.co.id

Abstract. The aim of the wind turbine (darrieus H-rotor with NACA 0018) installation on the cooling tower was to harness the unused or wasted energy produced from the cooling tower. The objectives of this study is to understand the influence of angle of attack and number of blade towards the produced power from the darrieus H-rotor wind turbine in the integrated energy regeneration system with cooling tower. Guide vane was placed close to the darrieus H-rotor wind turbine to reduce the negative torsion generated from the turbine blade, and to direct the wind flow to the turbine blade. The turbine model was made in a laboratory scale with the diameter of 400 mm and the height of 380 mm. The result of this study shows that the darrieus H-rotor wind turbine with angle of attack at the position of 50° and five turbine blades have the best performance.

Abstrak. Pemasangan turbin angin *darrieus H-rotor* dengan *NACA 0018* diatas menara pendingin digunakan untuk memanfaatkan kembali energi yang terbuang dari menara pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan dan jumlah sudu terhadap daya yang dihasilkan turbin angin *darrieus H-rotor* pada sistem pemulihan energi yang terintegrasi dengan menara pendingin. *Guide vane* ditempatkan di sekitar turbin angin *darrieus H-rotor* untuk mengurangi torsi negatif yang dihasilkan sudu turbin dan mengarahkan angin ke sudu turbin. Pemodelan dibuat skala laboratorium dengan diameter turbin 400 mm dan tinggi 380 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin *darrieus H-rotor* dengan sudut kemiringan sudu turbin sebesar 50° dan jumlah sudu lima buah memiliki performa terbaik.

Keywords: menara pendingin, *darrieus H-rotor*, *NACA 0018*, *wind turbine*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Menara pendingin atau *cooling tower* merupakan alat yang paling umum digunakan sebagai alat penukar panas pada industri dan mesin refrigerasi. Menara pendingin menggunakan udara sebagai fluida pendingin dan air dengan metode *mixed flow* dan *cross flow*. Menara pendingin membutuhkan fan/kipas untuk mengalirkan udara dan udara yang keluar dari menara pendingin masih memiliki kecepatan udara yang relatif tinggi. Jenis menara pendingin yang paling umum digunakan adalah *induced draft cooling tower*. Udara sekitar ditarik ke menara pendingin dan udara panas dipaksa keluar dari outlet menara pendingin dengan bantuan kipas. Sistem pembuangan udara ini cocok untuk pembangkit listrik karena dapat menghasilkan kecepatan angin hingga 18 m/s pada jarak 0.3 m di atas *outlet cooling tower* [1]. Udara buangan dengan kecepatan tinggi dari menara pendingin ini dapat dimanfaatkan sebagai penggerak dari turbin angin. Kecepatan angin yang dihasilkan adalah lebih tinggi dan konsisten jika dibandingkan dengan angin alami.

Castelli, et al [2] melakukan uji simulasi pengaruh jumlah sudu terhadap koefisien daya dan *tip speed ratio* pada turbin angin sumbu vertikal darrieus tipe H. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi 2 dimensi. Turbin angin sumbu vertikal darrieus yang dimodelkan menggunakan profil sudu *NACA 0025* dengan diameter rotor 1030 mm dan chord line 85,8 mm. Kecepatan angin yang digunakan pada simulasi ini konstan 9 m/s. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa koefisien daya maksimal semakin menurun seiring meningkatnya jumlah sudu, dimana koefisien daya untuk 3 sudu, 4 sudu dan 5 sudu adalah 0,40, 0,38, dan 0,34. *Tip speed ratio* maksimal juga semakin rendah seiring meningkatnya jumlah sudu, dimana *tip speed ratio* untuk 2 sudu, 3 sudu dan 5 sudu adalah 2,58, 2,33 dan 2,04.

Pengaruh jumlah dan sudut sudu pengaruh (*guide vane*) pada turbin angin *cross flow* pada sistem pemulihan energi pembuangan udara yang terintegrasi dengan menara pendingin juga telah dilakukan. Penelitian dilakukan dengan kipas angin berdiameter 1 m, turbin angin *cross flow* dengan diameter luar turbin 40 cm dan radius sudu turbin

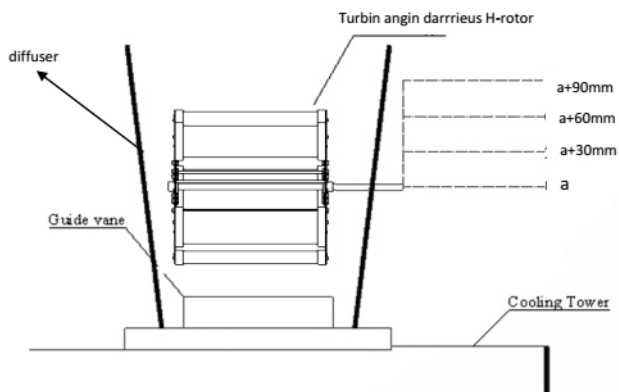
90 m. Turbin *crossflow* dengan posisi, jumlah dan sudut sudu pengarah optimal mampu menghasilkan koefisien daya hingga 0,48 pada TSR 0,89 [3,4].

Chong dkk. [5] melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh sudu pengarah dan diffuser pada sistem pemulihan energi pada menara pendingin. Penelitian dilakukan menggunakan kipas angin berdiameter 0,7 m, *duct silinder* berdiameter 0,8 m, dua buah turbin H rotor 5 sudu menggunakan airfoil MH114, diffuser dengan kemiringan 7°, dan empat sudu pengarah. Variasi sudut kemiringan sudu pengarah mulai dari 0°-180°. Hasil penelitian menunjukkan sudut optimal dari sudu pengarah adalah 40°, 70°, 70° dan 40° dengan masing-masing kecepatan putar turbin sebesar 471,7 rpm, 482,2 rpm, 478,9 rpm dan 480 rpm. Sudu pengarah pada sudut optimum membuat kecepatan putar turbin bertambah dan kecepatan rata-rata air intake meningkat 32,9 %. Pemasangan turbin ini tidak menimbulkan efek negatif terhadap konsumsi daya.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut serang dan posisi vertikal turbin angin darrieus yang menggunakan sudu *airfoil* NACA 0018 terhadap daya. Alasan pemilihan airfoil pada penelitian ini adalah penempatan turbin angin dan sumber angin buangan yang tidak seragam.

Metodelogi Penelitian

Gambar 1 memperlihatkan peralatan yang digunakan. Udara keluar dari menara pendingin buatan menggerakkan turbin yang diukur putaran dan torsinya, sehingga daya turbin angin dapat dihitung. Motor listrik penggerak kipas menara pendingin juga diukur dengan wattmeter.



Gambar 1. Skema peralatan penelitian [6].

Pada tahap pengambilan data diperoleh data-data berupa kecepatan angin (m/s), kecepatan putar poros (rpm), nilai pembebanan (kg) dan konsumsi daya (Watt) model menara pendingin pada berbagai variasi kemiringan sudut turbin, posisi sumbu y dan

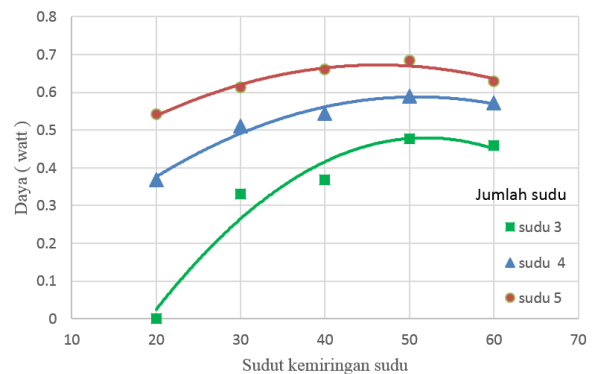
juga kemiringan guide vane. Data-data digunakan untuk memperoleh daya turbin (P), *tip speed ratio* (TSR), dan koefisien daya (Cp).

Data daya turbin (P) pada masing-masing variasi dibuat grafik hubungan antar variasi terhadap daya yang dihasilkan. Setelah mengetahui perbandingan daya yang dihasilkan pada masing-masing variasi dilakukan analisa pengaruh jumlah sudu terhadap performa turbin.

Sedangkan data daya konsumsi kipas digunakan untuk mengetahui pengaruh dari pemasangan turbin angin terhadap kinerja dari kipas atau model menara pendingin.

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan jumlah sudu yang paling optimal dengan menggunakan turbin darrieus H-rotor pada posisi vertikal turbin sebesar 30 mm. dengan variasi jumlah sudu sebanyak 3 sudu, 4 sudu, dan 5 sudu untuk masing-masing sudut kemiringan sudu sebesar 20°, 30°, 40°, 50°, dan 60°.

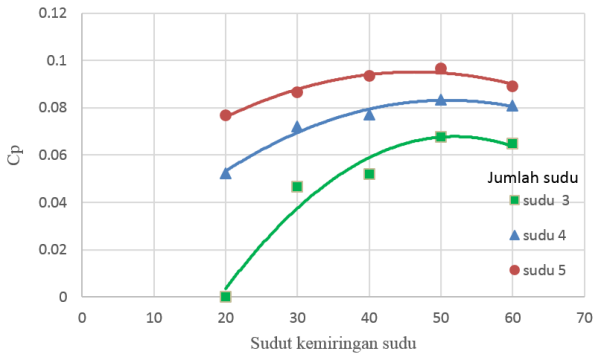


Gambar 2. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap daya

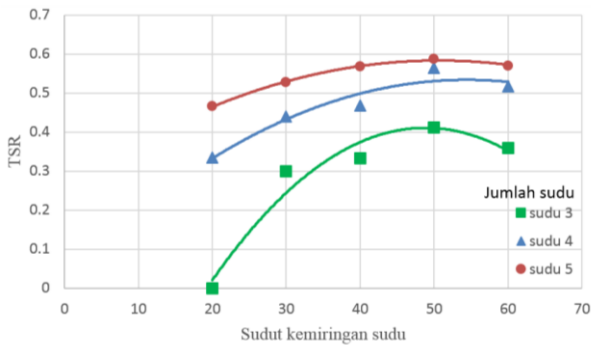
Gambar 2 menunjukkan daya pada setiap variasi jumlah sudu 3, sudu 4, sudu 5. Pada hasil percobaan ini didapatkan hasil terbaik pada jumlah sudu 5 dengan sudut kemiringan sudu 50° dan menghasilkan daya sebesar 0,68 Watt. Performa terburuk terjadi pada jumlah sudu 3 dengan sudut kemiringan sudu 30° dan daya yang dihasilkan hanya sebesar 0,33 Watt. Jumlah sudu turbin mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin. Daya turbin angin tipe ini dihasilkan dari gaya angkat pada airfoil, sedangkan gaya angkat dipengaruhi oleh sudut kemiringan sudu. Semakin banyak jumlah sudu turbin, semakin besar gaya angkat pada airfoil.

Hubungan parameter tidak berdimensi dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang menunjukkan hubungan antara sudut kemiringan sudu terhadap Cp dan TSR. Cp merupakan perbandingan antara daya yang

dihasilkan oleh turbin dan daya yang terkandung dalam angin (P_{out}/P_{in}). TSR merupakan perbandingan kecepatan angin dengan kecepatan



Gambar 3. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap koefisien daya (C_p)



Gambar 4. Hubungan sudut kemiringan sudu terhadap Tip Speed Ratio (TSR)

Tabel 1. Nilai rata-rata konsumsi daya

Jumlah sudu	Sudut kemiringan sudu ($^{\circ}$)	Konsumsi	
		Daya Motor (Watt)	Presentase (%)
Tanpa Turbin Angin		458,5	-
3 sudu	20	458,5	-
	30	447,5	- 0,212
	40	447	- 0,212
	50	448,5	- 0,213
	60	449	- 0,213
4 sudu	20	456,5	- 0,217
	30	453,5	- 0,215
	40	454,5	- 0,216
	50	455,5	- 0,216
	60	457,5	- 0,217
5 sudu	20	452,5	- 0,215
	30	446,5	- 0,212
	40	451	- 0,214
	50	448,5	- 0,213
	60	452,5	- 0,215

ujung sudu. Pada eksperimen ini kecepatan rata-rata angin adalah sebesar 4,31 m/s, sedangkan kecepatan ujung sudu didapat melalui perkalian antara kecepatan radial turbin dan radius turbin. Koefisien daya dan TSR maksimum terjadi pada

jumlah sudu 5 pada sudut kemiringan sudu 50 $^{\circ}$. C_p dan TSR maksimum yang dihasilkan sebesar 0,096 dan 0,58.

Pengaruh pemasangan turbin angin pada menara pendingin dapat dilihat dari perubahan konsumsi daya listrik pada motor penggerak kipas aksial yang terpasang pada menara pendingin. Tabel 1 menunjukkan Konsumsi daya model menara pendingin. Pemasangan turbin angin pada menara pendingin tidak mempengaruhi konsumsi daya listrik model menara pendingin, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Kesimpulan

Berdasarkan data dapat disimpulkan bahwa konfigurasi turbin *darrieus H-Rotor NACA 0018* yang terbaik adalah dengan menggunakan lima buah sudu dengan sudut kemiringan sudu 50 $^{\circ}$. Konsumsi daya model menara pendingin tidak dipengaruhi oleh pemasangan turbin angin.

Penghargaan

Penelitian ini mendapat dukungan dari DP2M DIKTI melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2018.

Referensi

- [1] Chong, W.T., 2013. Early Development of an Energy Recovery Wind Turbine Generator for Exhaust Air System. *Applied Energy* 112, 568–575
- [2] Castelli, M. R. A. et al., 2012. Wind Energy : Effect of Blade Number on a Straight-Bladed Vertical-Axis Darrieus Wind Turbine. *Journal of World Academy of Science, Engineering and Technology*
- [3] Santoso, B. dkk., (2017). Pengaruh Jumlah dan Sudut Kemiringan Sudu Pengarah (Guide Vane) terhadap Unjuk Kerja Turbin Cross Flow yang Terintegrasi dengan Menara Pendingin. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XVI (SNTTM XVI)*.
- [4] Santoso, B. and Tjahjana, D. D. D. P., (2017). The Influence of Guide Vane to the Performance of Cross-Flow Wind Turbine on Waste Energy Harvesting System. *Proceeding in International Joint Conference on Advanced Engineering and Technology (IJCAET 2017)*.
- [5] Chong, W.T., 2014. The Experimental Study on The Wind Turbine's Guide Vanes and Diffuser of an Exhaust Air Energy Recovery System Integrated with The Cooling Tower,

Energy Conversion and Management 87
(2014) 145–155

- [6] Wijaya M. H., 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu, Sudut Serang dan Posisi Vertikal Terhadap Daya yang Dihasilkan Turbin Angin Darrieus Tipe H-Rotor pada Sistem Pemulihan Energi Terintegrasi dengan Menara Pendingin. Skripsi. Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.