

ANALISIS SUDUT LENGKUNG SUDU HORIZONTAL AXIS SAVONIUS WATER TURBINE PADA PIPA AIR VERTIKAL MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

Faris Zaiem Alhakiem¹, Mietra Anggara², Sopyan Ali Rohman³

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa

¹fariszaiem@gmail.com, ²mietraanggara@gmail.com, ³sopyan.ali.rohman@uts.ac.id

ABSTRACT

Water resources in Indonesia are very promising to be used as a renewable energy source given the high rainfall and can be used for electricity generation in pico-scale rainwater drains. The savonius turbine is a power plant that is able to utilize kinetic energy in low-speed water flows and low head heights. Previous research was conducted to determine the efficient design of the savonius turbine, one of which was twisting the rotor and producing better results than the ordinary rotor model. This study aims to determine the effect of the angle on the rotor blades on the performance of the savonius turbine in vertical pipe flow. This test is carried out using the computational fluid dynamic (CFD) method which helps in understanding the results of theory and experiment using a computer that can simulate fluid flow. The variables used in this study are the blade angle on the rotor of 110°, 120°, 130° and 140°. The results obtained in this study are the rotor with blade angle of 110° has the best performance compared to the others with a torque value of 0.36 Nm and C_p 0.68.

Keywords: Picohydro, CFD, Savonius Turbine, Blade angle, C_p

ABSTRAK

Sumber daya air di Indonesia sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan melihat curah hujan yang tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik pada saluran pembuangan air hujan berskala *pico*. Turbin savonius merupakan salah satu pembangkit listrik yang mampu memanfaatkan energi kinetik pada aliran air yang berkecepatan rendah dan ketinggian *head* yang rendah. Penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui desain yang efisien pada turbin savonius, salah satunya memuntir rotor dan menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan model rotor biasa. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut pada sudu rotor terhadap performa dari turbin savonius pada aliran pipa vertikal. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yang membantu dalam memahami hasil teori dan eksperimen menggunakan komputer yang dapat melakukan simulasi aliran *fluida*. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu besar sudut sudu pada rotor sebesar 110°, 120°, 130° dan 140°. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu rotor dengan sudut sudu 110° memiliki performa terbaik dibandingkan dengan yang lain dengan nilai Torsi 0.36 Nm dan C_p 0.68.

Kata Kunci: Picohydro, CFD, Turbin Savonius, Sudut sudu, C_p

PENDAHULUAN

Energi menjadi salah satu kebutuhan manusia dalam menjalani kehidupan. Di Indonesia energi yang paling banyak digunakan bersumber dari fosil mencapai 751,3 BOE (*Barrel Oil Equivalent*) [1]. Sumber daya air di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan pembangkit listrik melihat curah hujan dengan rata-rata pertahun 500 mm sampai 5000 mm [2].

Penelitian sebelumnya telah dilakukan pengembangan pada turbin air sumbu vertikal pada saluran pipa horizontal dengan kecepatan air

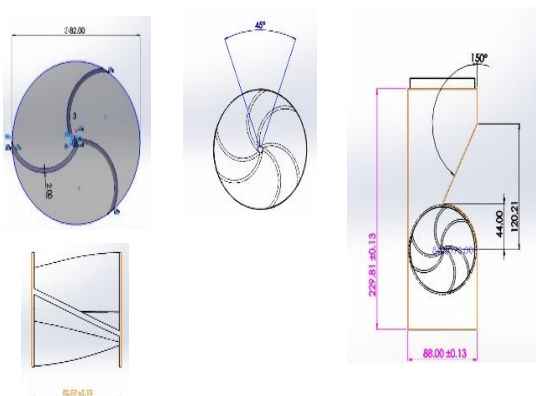
1.5 m/s dan *pressure drop* setinggi 5 m dan menghasilkan listrik 88.2 watt [3]. Hamzah dkk meneliti tentang *turbin savonius* yang diaplikasikan pada saluran pipa air vertikal dan menghasilkan C_p sebesar 0.23 pada TSR 1.7 [4]. Salah satu yang berpengaruh dalam performa turbin adalah jumlah sudu. Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui jumlah sudu yang terbaik untuk *turbin savonius* dan diketahui bahwa *turbin savonius* dengan 3 sudu menghasilkan performa terbaik disbanding yang lain [5]. Sudut lengkung sudu merupakan salah satu karakteristik

yang dapat mempengaruhi performa turbin karena sudu turbin merupakan tempat terjadinya proses energi kinetik dari air ke energi gerak pada rotor [6]. Penelitian lain juga dilakukan dengan memodifikasi bentuk rotor helical yang dipuntir sebesar 45° menghasilkan performa terbaik dibanding besar sudut yang lain [7]. Penelitian lain dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran fluida yang terjadi disekitar rotor menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) [8].

Berdasarkan literatur yang telah dipelajari, desain bentuk sudu perlu dilakukan penelitian kembali untuk meningkatkan performa turbin dengan menggabungkan desain dari beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan performa turbin agar lebih optimal. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan variasi sudut sudu model turbin savonius sumbu horizontal yang dipuntir 45° untuk mengetahui sudut sudu yang terbaik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan laptop Lenovo ideapad 330 dengan spesifikasi RAM 4GB, Processor Intel® Core™ i5-8250U CPU @1.60GHZ (8CPUs), 1.8GHz. Aplikasi Solidworks 2018 untuk membuat geometri model turbin dan Ansys 2020 R1 untuk melakukan komputasi dinamika fluida. Spesifikasi turbin pada penelitian ini adalah *Helical Savonius Turbin* dengan diameter turbin 82 mm, *Aspect ratio* (H/D) 1, ketebalan 2 mm, jumlah sudu 3, dan sudut puntir 45° [9][5][10].

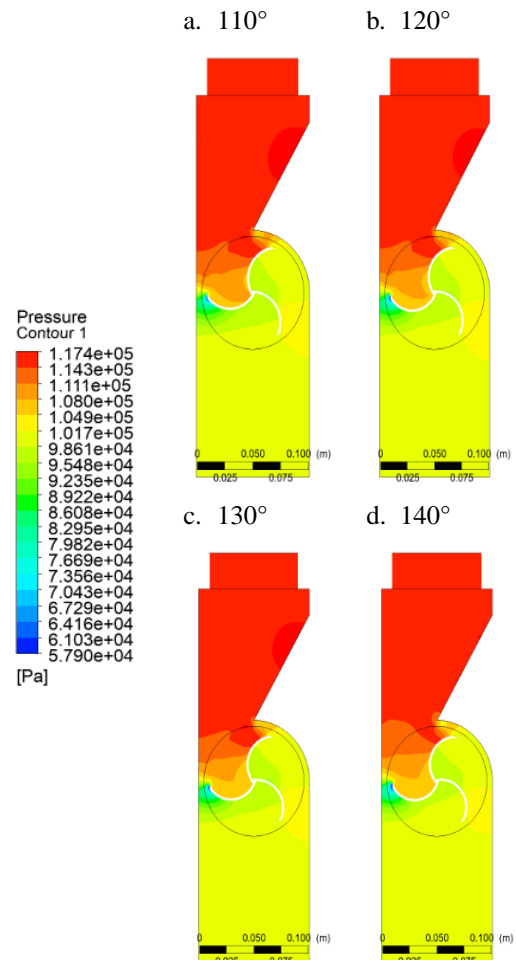


Gambar 1. Skema desain turbin

Pada penelitian ini membandingkan unjuk kerja 4 rotor berbeda dengan sudut sudu 110° , 120° , 130° dan 140° . Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode CFD dengan melakukan permodelan menggunakan aplikasi solidworks 2018 dan simulasi menggunakan Ansys 2020. Analisa dari penelitian ini adalah *Coefficient of Power* dari masing-masing rotor.

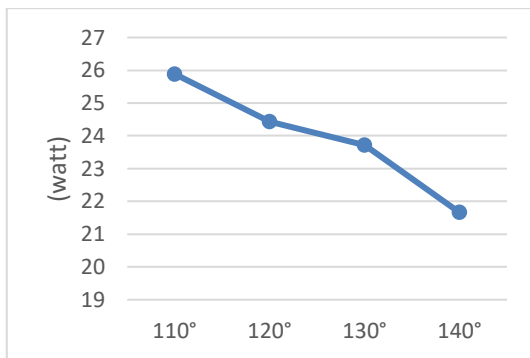
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa sudut lengkung sudu pada rotor dilakukan untuk mengetahui sudut sudu terbaik untuk *helical savonius water turbine* dengan variasi sudut 110° , 120° , 130° dan 140° menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Tipe analisis yang digunakan pada simulasi ini adalah *transient blade row model* dengan kecepatan aliran fluida 2.25 m/s.



Gambar 2. Contour tekanan fluida

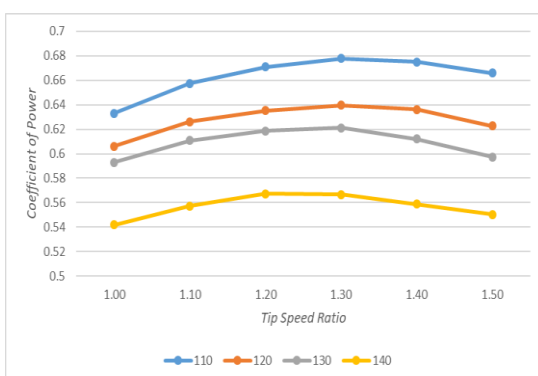
Hasil simulasi *contour* tekanan dapat dilihat pada gambar 2 dimana hasil *contour* tekanan pada masing masing turbin berbeda. Pada turbin dengan besar sudut sudu 110° terlihat mengalami gradasi warna indikator besar tekanan, khususnya dapat dilihat pada permukaan sudu yang mendapatkan tekanan lebih besar dibandingkan dengan variasi lain. Seiring bertambahnya besar sudut sudu, berbanding terbalik dengan tekanan yang didapatkan, hal ini dikarenakan perbandingan antara gaya yang diterima oleh rotor dengan luas permukaan sudu rotor. Semakin besar sudut sudu maka semakin besar pula luas permukaan sudu.



Gambar 3. Hubungan sudut sudu terhadap daya mekanik

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan daya mekanik seiring dengan peningkatan besar sudut sudu masing-masing rotor. Untuk rotor dengan besar sudut sudu 110° menghasilkan daya mekanik sebesar 25,89 Watt, rotor dengan besar sudut sudu 120° menghasilkan daya mekanik sebesar 24,42 Watt diikuti dengan rotor dengan besar sudut sudu 130° yang menghasilkan daya mekanik sebesar 23,71 dan daya mekanik yang paling rendah dihasilkan oleh rotor dengan besar sudut sudu 140° yaitu 21,66 Watt.

Adanya penurunan daya mekanik seiring dengan semakin besar sudut sudu dipengaruhi oleh torsi yang dihasilkan oleh rotor dan kecepatan putar rotor. Adanya perbedaan torsi yang dihasilkan disebabkan oleh tekanan yang diterima oleh permukaan sudu rotor, semakin besar luas permukaan sudu rotor maka semakin kecil tekanan yang akan diterima oleh permukaan sudu rotor.



Gambar 4. Hubungan TSR terhadap Cp

Gambar 4 menunjukkan pengaruh TSR terhadap Cp, seiring bertambahnya TSR tidak selalu berbanding lurus dengan nilai Cp. Hal ini dikarenakan ketika kecepatan putar rotor meningkat dan nilai Cp sudah berada pada titik maksimum maka akan terjadi penurunan nilai Cp itu sendiri. Hal ini juga dikarenakan torsi yang

dihasilkan pada tiap TSR memiliki interval yang tidak konstan, mengakibatkan hasil perkalian torsi dengan kecepatan putar memiliki titik maksimum. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai Cp paling besar dihasilkan dari rotor dengan sudut sudu 110° dan kemudian menurun seiring dengan peningkatan besar sudut sudu rotor.

Tabel 1. Data hasil Cp terhadap TSR

TSR	Variasi Sudu Sudu			
	110°	120°	130°	140°
1.0	0.633137	0.606188	0.5929	0.54179
1.1	0.657385	0.626199	0.610901	0.557361
1.2	0.670929	0.63527	0.618728	0.567369
1.3	0.678004	0.63975	0.621076	0.56676
1.4	0.674945	0.636059	0.612216	0.558916
1.5	0.666088	0.622628	0.597448	0.550294

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa rotor dengan besar sudut sudu 110° menghasilkan Cp maksimal pada TSR 1.3 sebesar 0.678004. Untuk rotor dengan besar sudut sudu 120° menghasilkan Cp maksimal sebesar 0.63975 pada TSR 1.3. Kemudian pada rotor dengan sudut sudu 130° menghasilkan Cp maksimal sebesar 0.621076 pada TSR 1.3 dan pada rotor dengan besar sudut sudu 140° menghasilkan Cp maksimal sebesar 0.567369 pada TSR 1.2.

Dari tabel 1 diatas dapat disimpulkan bahwa rotor dengan sudut sudu 110° memiliki performa terbaik jika dibandingkan dengan ke 3 variasi rotor lain. Hal ini berdasarkan nilai torsi yang dimiliki rotor dengan sudut sudu 110° lebih besar dibandingkan yang lain pada TSR 1.0 sampai 1.5, sedangkan rotor dengan sudut sudu 140° memiliki performa paling minimum dengan nilai Cp maksimal 0.567369 pada TSR 1.2.

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Desain rotor paling optimal pada penelitian ini dihasilkan dari rotor dengan besar sudut sudu 110° dengan nilai Cp pada TSR 1.3 sebesar 0.678004.
2. Perbedaan besar sudut sudu rotor berpengaruh terhadap nilai Cp turbin, semakin besar sudut sudu turbin pada model turbin yang kami teliti mengalami penurunan nilai Cp. Hal ini dikarenakan semakin besar sudut sudu semakin besar bidang sudu dan semakin kecil tekanan yang diterima oleh rotor.
3. *Coefficient of Power* akan mencapai titik maksimal pada TSR tertentu dan kemudian

nilainya akan berkurang setelah mencapai nilai maksimal.

4.2. Saran

Desain dan analisa desain turbin air savonius menggunakan metode CFD ini dapat dikembangkan lebih jauh lagi, disarankan untuk menganalisa pengaruh jumlah sudu rotor untuk menghasilkan daya yang lebih optimal untuk model turbin helical savonius.

REFERENSI

- [1] Kementerian ESDM, 2017. Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik, Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber daya Mineral. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-kajian-penyediaan-dan-pemanfaatan-energi-2017.pdf>
- [2] Tukidi, "Karakter Curah Hujan di Indonesia", Jurnal Geografi UNNES. 7(2):145, 2010.
- [3] Chen, J., Yang, H.X., Liu, C.P., Lau, C.H., dan Lo, M., "A Novel Vertical Axis Water Turbine for Power Generation from Water Pipelines". *Energi*, 54: 184-193. 2013.
- [4] Hamzah I, Prasetyo A., Tjahjana D. D. D. P., Hadi S., 2018. "Effect of Blades Number to Performance of Savonius Water Turbine in Water Pipe". AIP Proceeding.
- [5] Hamzah I, Prasetyo A., Tjahjana D. D. D. P., Hadi S., 2018. "Effect of Blades Number to Performance of Savonius Water Turbine in Water Pipe". AIP Proceeding.
- [6] Mao, Zhaoyong., Tian, Wenlong., "Effect of Blade Arc Angle on The Performance of a Savonius Wind Turbine". *Advance in Mechanical Engineering*, Vol. 7(5) 1-10. 2015.
- [7] Ahmed S, Saad., Ali M, Abdelsalam., I, M, Sakr., W, A, El-Askary., "Performance Analysis of a Helical Savonius Wind Turbine with Modified Rotor", ASAT-17-060-HF. 2017.
- [8] R. Gokulnath, P. Booma Devi, M. Senbagan, S. Manigandan, "CFD Analysis of Savonius Type Vertical Axis Wind Turbine", *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 9(8), pp. 1378–1383. 2018.
- [9] Sanditya. T.A., Prasetyo. A, Kristiawan, B., Hadi, S., 2018. *Effect of Blade Curvature Angle of Savonius Horizontal Axis Water Turbine to The Power Generation*. IOP Proceeding.
- [10] 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.