

PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN SUDU SAVONIUS PADA *HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE* DI ALIRAN DALAM PIPA

Taufan Apha Sanditya¹, Syamsul Hadi¹, D. Danardono Dwi Prija Tjahjana¹

¹Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sebelas Maret
Telp.0271632163

Email: taufansanditya07@gmail.com

ABSTRACT

Water turbine is a device that works to convert water energy into mechanical energy in the form of a torque in turbine shaft. In this study, the angle of attack of Savonius water turbine with horizontal axis (HAWT), simulated using "Solidworks Flow Simulation" software, is obtained by applying the model in a flow through a pipe. The angle of attack used in this simulation is varied from 110°, 120°, 130° and 140°. The aims of this research are to obtain the optimum angle of attack with a debit of 0,0122 m³/s. Then the angle of attack of the blade is evaluated based on the torque, pressure contour and fluid velocity distribution. The results show that the optimum angle of attack is found at 120° with the torque about 3,8 Nm.

Keywords: pichydro, angle of attack, solidwork, savonius, torque

PENDAHULUAN

Air hujan merupakan salah satu potensi untuk menciptakan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Pikohidro adalah pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas dibawah 5kW. Eksperimen untuk pemanenan air hujan (RWH) menggunakan tipe turbin Savonius *single stage* pernah dilakukan. Hasilnya, mampu menyalakan lampu LED sebesar 0,3 watt. Pembangkit listrik dengan sistem RWH ini sangat tergantung pada efisiensi kemampuan rotasi sudu (*blade*) [1].

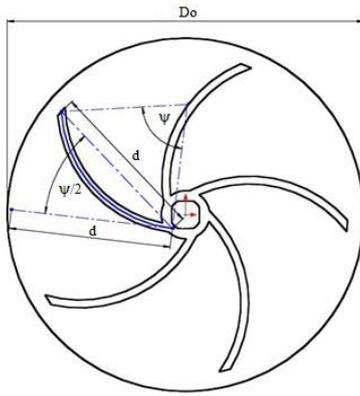
Penelitian tentang turbin air poros vertikal (*vertical axis water turbine*) untuk pembangkit listrik pada aliran dalam pipa dapat menghasilkan daya listrik sebagai *supply* monitor dalam mengontrol kualitas air di dalam pipa. Daya listrik maksimal yang dicapai adalah 88,2 W dengan kecepatan air 1,5 m/s dan *pressure drop* kurang dari 5 m. Dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan simulasi komputasional dan pengujian dalam skala lab. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi ANSYS CFD guna untuk mengetahui performa dari turbin air dan karakteristik aliran air yang ada didalam pipa saluran tersebut [2].

Upaya peningkatan efisiensi turbin terus dilakukan dengan beberapa penelitian dan eksperimen. Ilmuwan asal Tunisia melakukan penelitian mengenai sudut *blade* dengan pemodelan numerik menggunakan *software solidworks* untuk mendapatkan sudut *blade* yang optimal. Penelitian dilakukan dengan mengamati

pengaruh peningkatan kelengkungan sudut *blade* (ψ) terhadap zona depresi dan zona percepatan [3]. Penelitian lain mengamati kelengkungan sudu turbin Savonius dengan variasi sudut kelengkungan sudu (ψ) 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, dan 90° yang diuji dalam *wave chanel*. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa turbin Savonius dengan sudut 70° adalah yang paling optimal [4]. Eksperimen dengan memodifikasi turbin Savonius tanpa poros dan dengan *end plate* juga pernah dilakukan, dalam upaya meningkatkan koefisien daya dan untuk mendapatkan keseragaman torsi statis [5].

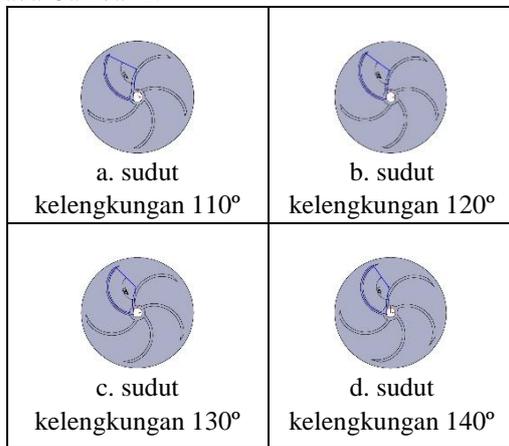
METODOLOGI PENELITIAN

Desain turbin yang akan diuji mengacu pada jurnal yang telah diteliti sebelumnya dengan jumlah sudu 5 [4]. Turbin mempunyai *aspect ratio* $H/D = 1$ dan parameter *end plate* $Do/D = 1,1$ [6]. Diameter turbin (D) adalah 82 mm sedangkan tebal adalah 2 mm. Skema desain sudut kelengkungan sudu dicari dengan menggunakan prinsip sudut busur pada lingkaran seperti dijelaskan pada gambar 1. Sudut busur ditulis dengan notasi (ψ), diameter sudu turbin (d), dan diameter *end plate* (Do).



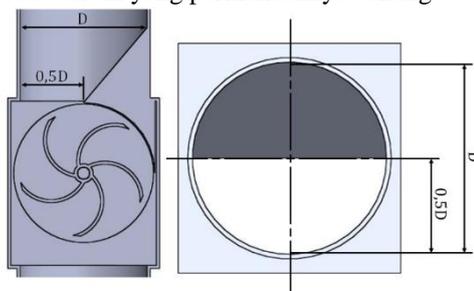
Gambar 1. Skema desain sudut kelengkungan sudu

Desain turbin yang diuji adalah turbin Savonius dengan variasi sudut kelengkungan sudu 110° , 120° , 130° , dan 140° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Variasi sudut kelengkungan sudu turbin

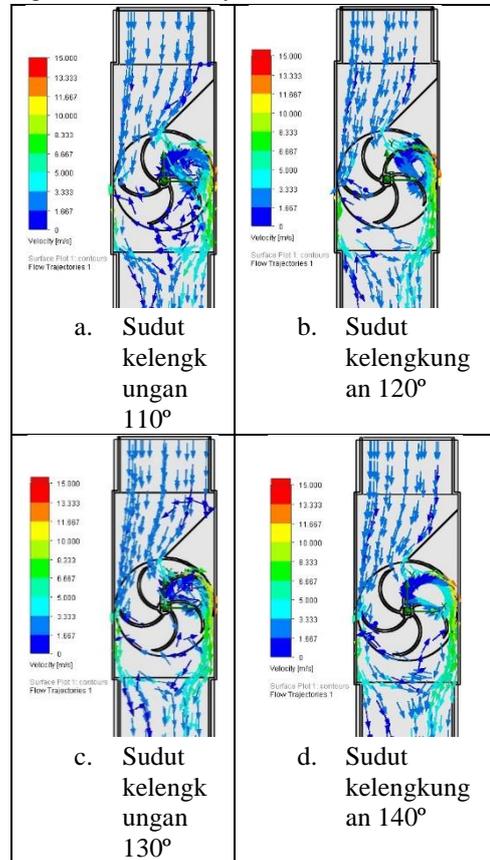
Gambar 3 adalah gambar skema dari luas penampang deflektor dengan sudut kemiringan 45° dan deflector ratio 50% [7]. Diameter pipa dalam (D) adalah 82 mm dengan luas penampang pipa $0,00528 \text{ m}^2$. Pemasangan deflektor tersebut bertujuan untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida dan mengarahkan aliran fluida mengenai sudu turbin yang mempunyai torsi positif atau bagian sudu turbin yang permukaannya cekung.



Gambar 3. Luas penampang deflektor

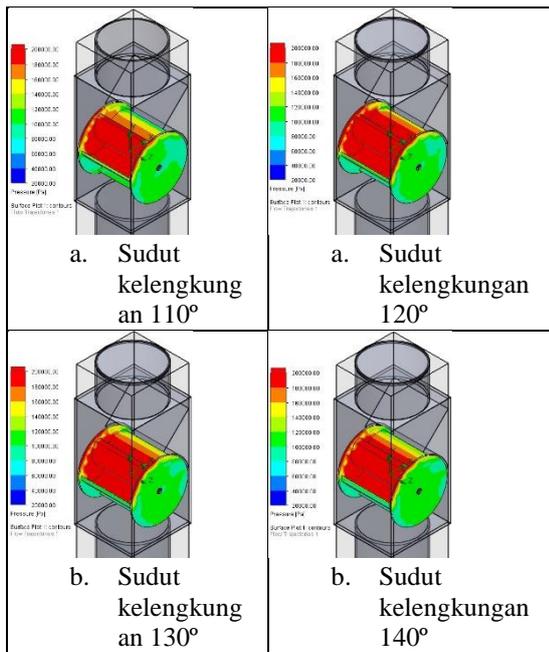
HASIL DAN DISKUSI

Analisa studi simulasi dengan tujuan agar mengetahui kemungkinan desain yang terbaik dengan variasi sudut kelengkungan sudu adalah 110° , 120° , 130° , dan 140° . Parameter yang digunakan pada simulasi adalah debit yang mengenai sudu turbin yaitu $0,0122 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 4. Distribusi kecepatan fluida pada sudut 110° sampai dengan 140°

Hasil simulasi distribusi kecepatan fluida pada Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap turbin mempunyai distribusi kecepatan dan arah fluida yang berbeda, dimana distribusi kecepatan fluida tersebut dibedakan dengan adanya gradasi warna dan arah fluida ditunjukkan dengan anak panah. Contohnya pada Gambar 4.a distribusi kecepatan fluida sebelum melewati turbin ditunjukkan dengan warna biru yaitu sekitar $1,7-3,3 \text{ m/s}$ setelah melewati turbin ditunjukkan dengan warna biru hingga biru muda yaitu sekitar $1,7-5 \text{ m/s}$. Sedangkan warna biru tua menunjukkan adanya distribusi kecepatan fluida pada bagian belakang sudu atau bagian cembung sudu yaitu sekitar $0-1,7 \text{ m/s}$, dimana jika terjadi penumpukan fluida yang semakin banyak di bagian ini maka akan menghambat putaran turbin sehingga mengakibatkan penurunan performa turbin.



Gambar 5. *Contour* tekanan pada sudut 110° sampai dengan 140°

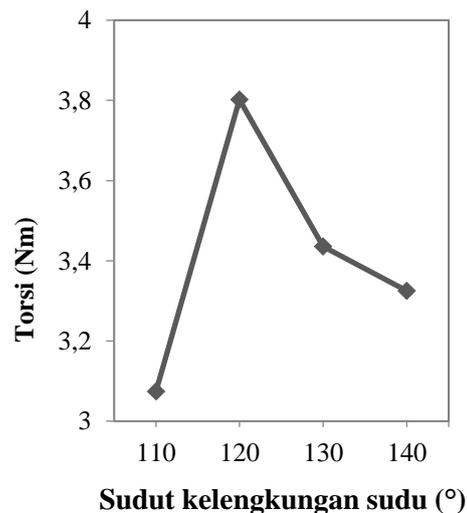
Hasil simulasi *contour* tekanan pada variasi sudut kelengkungan 110°, 120°, 130°, dan 140° dapat dilihat pada Gambar 5 dimana ditunjukkan *contour* tekanan pada masing-masing turbin berbeda. Contohnya *contour* tekanan pada gambar 5.a turbin mengalami gradasi warna pada setiap bagian sudunya. Warna kuning menunjukkan tekanan yang terjadi pada sudu turbin yaitu sekitar 140-160 Mpa dan warna jingga menunjukkan tekanan yang terjadi pada sudu turbin yaitu sekitar 160-180 MPa, sedangkan warna merah pada sudu turbin menunjukkan tekanan yang terjadi paling tinggi yaitu sekitar 180-200 Mpa. Adanya perbedaan tekanan pada sudu turbin yang ditunjukkan dengan gradasi warna, hal ini disebabkan karena pada sudu turbin berwarna kuning hingga jingga aliran fluida yang masuk terhalang oleh deflektor yang terpasang pada bagian sisi masuk turbin sedangkan pada bagian sudu turbin yang berwarna merah tekanan yang terjadi paling tinggi karena mengalami tumbukan langsung dengan aliran fluida yang masuk. Pada sudut kelengkungan 120° warna merah pada bagian sudu sangat dominan dibanding sudu dengan sudut kelengkungan 110°, 120°, dan 130° sehingga torsi yang dihasilkan sudu kelengkungan 120° adalah yang paling besar.

Pada hasil simulasi yang diperoleh, kemudian dibuat tabel perbandingan antara sudut kelengkungan sudu terhadap torsi yang dihasilkan. Hasil nilai torsi pada masing-masing sudut kelengkungan sudu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh sudut kelengkungan sudu terhadap torsi

No	Sudut Kelengkungan sudu (°)	Torsi (Nm)
1	110	3,1
2	120	3,8
3	130	3,4
4	140	3,3

Setelah didapat nilai torsi seperti pada Tabel 1 maka dapat dibuat grafik pengaruh sudut kelengkungan sudu dengan torsi. Pada Gambar 6 grafik menunjukkan torsi terendah didapat pada sudut kelengkungan 110° yaitu 3,1 Nm dan tertinggi didapat pada sudut kelengkungan 120° yaitu 3,8 Nm kemudian mengalami penurunan torsi pada sudut kelengkungan 130° yaitu 3,4 Nm dan mengalami penurunan kembali pada sudut kelengkungan 140° yaitu 3,3 Nm. Hal ini disebabkan karena adanya tekanan balik pada bagian belakang sudu atau pada bagian cembung sudu yang semakin besar. Fenomena distribusi kecepatan fluida pada Gambar 1 menunjukkan adanya distribusi kecepatan fluida yang semakin banyak pada bagian belakang sudu dimana distribusi kecepatan dibagaim ini sangat rendah yaitu antara 0-5 m/s. Kecepatan yang rendah mengakibatkan tekanan yang tinggi, hal inilah yang mengakibatkan nilai torsi mejadi turun karena menghambat putaran turbin.



Gambar 6. Grafik pengaruh sudut kelengkungan sudu dengan torsi

KESIMPULAN

Berdasarkan data simulasi yang didapat dengan *software* "solidwork flow simulation", dimana sudut kelengkungan sudu sangat berpengaruh pada kinerja turbin dengan mengamati fenomena hasil distribusi kecepatan fluida, *contour* tekanan, dan torsi pada variasi sudut kelengkungan sudu yaitu 110°, 120°, 130°, dan 140°. Sudut kelengkungan sudu yang optimal didapat pada kelengkungan sudu 120° dengan nilai torsi adalah 3,8 Nm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rosmin, N., Jauhari, A.S., Mustaamal, A.H., Husin, F., Hassan, M.Y., 2015, *Experimental Study for the Single-Stage and Double-Stage Two-Bladed Savonius Micro-Sized Turbine for Rain Water Harvesting (RWH) System*, Elsevier Inc. *Energy Procedia* 68: 274–281.
- [2] Chen, J., Yang, H.X., Liu, C.P., Lau, C.H., Lo, M., 2013, *A Novel Vertical Axis Water Turbine for Power Generation from Water Pipelines*, Elsevier Inc. *Energy* 54: 184–193.
- [3] Driss, Z., Mlayeh, O., Driss, D., Maaloul, M., Abid, MS., 2015, *Study of the Bucket Effect on the Turbulent Flow Around Unconventional Savonius Wind Rotors*, Elsevier Inc. *Energy* xxx: 1-2.
- [4] Ahmed, M.R., Faizal, M., and Lee, Y.H., 2013, *Optimization of Blade Curvature and Inter-Rotor Spacing of Savonius Rotors for Maximum Wave Energy Extraction*, Elsevier Inc. *Ocean Engineering* 65: 32–38.
- [5] Kamoji, M.A., Kedare S.B., Prabhu, S.V., 2009, *Experimental Investigations on Single Stage Modified Savonius Rotor*, Elsevier Inc. *Applied Energy* 86: 1064–1073.
- [6] Saha, U.K. dan Roy, S., 2015, *Wind Tunnel Experiments of a Newly Developed Two-Bladed Savonius-Style Wind Turbine*, Elsevier Inc. *Applied Energy*, 137: 117-125.
- [7] Rus L.F., 2012, *Experimental Study on the Increase of the Efficiency of Vertical Axis Wind Turbines by Equipping Them with Concentrators*, *Sustainable Energy*, Vol. 3, no. 1.