

## STUDI PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA SAVONIUS WATER TURBINE PADA ALIRAN AIR DALAM PIPA

Imron Hamzah<sup>1</sup>, Syamsul Hadib<sup>1</sup>, D. Danardono Dwi Prija Tjahjanac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret

Email: imronhamzah397@gmail.com,

### ABSTRACT

*Rainwater, flowed through a pipe, has potential energy that can be used to drive a turbine coupled with generator. Savonius water turbine with horizontal axis is used here as the turbine. The research compares the Savonius water turbine with different blade number of 2, 4, 6, 8, 10 and 12 using Computational Fluid Design (CFD) of SolidWork 2013. The turbine specifications have the angle of curvature about 70°, the aspect ratio of 1, the end plate ratio of 1,1 and deflector angle of 45°. The data obtained in this paper are the pressure contour of Savonius turbine blade, the velocity of fluid flow and the torque generated. The aims of the research are to obtain the influence of the blade number in the Savonius turbine to the turbine performances and to obtain the best of blade number. The results show that two blades has the best performances compared with the others. It has the highest torque about 5,75 Nm for the same conditions as well.*

*Keywords: power, Savonius turbine, torque, blade, flow*

### PENDAHULUAN

Air hujan merupakan salah satu sumber energi yang banyak ditemukan di Indonesia. Sayangnya energi tersebut terbuang tanpa dimanfaatkan terlebih dahulu. Padahal aliran air yang mengalir didalam pipa mempunyai energi potensial yang mampu menggerakkan turbin yang kemudian ditransmisikan ke generator sehingga menghasilkan energi listrik [1]. Sedangkan air hujan yang ditampung dalam sistem *Rain Water Harvesting (RWH)* dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik [2].

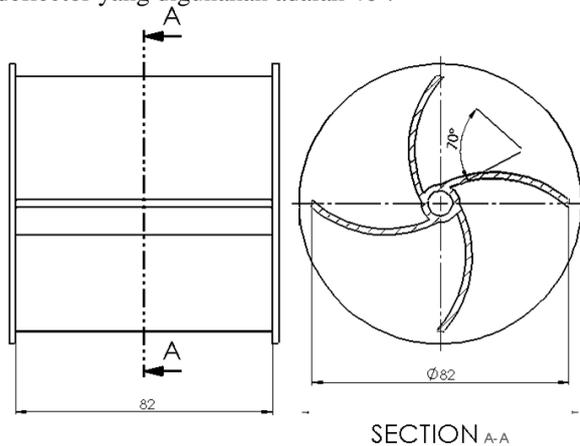
Penelitian tentang turbin Savonius banyak dilakukan dengan tujuan meningkatkan performa dan daya yang dihasilkan. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah pengaruh sudut sudu turbin. Seperti yang dilakukan oleh Ahmed [3], penelitian tersebut menggunakan turbin Savonius dengan jumlah sudu tujuh yang digunakan dalam gelombang air laut. *End-plate* pada turbin angin Savonius juga mampu mempengaruhi performa dari turbin tersebut. Turbin angin Savonius dengan dengan *end-plate* mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan turbin tanpa *end-plate* [4]. Selain itu penelitian tentang pengaruh jumlah sudu turbin Savonius terhadap performa juga dilakukan. Penelitian membandingkan turbin angin Savonius dengan tipe sudu *semi-cylindrical* dua sudu dengan tiga sudu [5]. Hasil yang didapatkan, pada kondisi percobaan yang sama turbin angin Savonius dua sudu lebih efisien dan mempunya *power coefficient* yang lebih tinggi dibanding dengan tiga sudu. Namun pada penelitian tentang turbin angin Savonius dengan bentuk setengah lingkaran mendapatkan hasil jumlah sudu yang berbeda [6].

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin Savonius. Hasil yang didapatkan, turbin Savonius tiga sudu memiliki performa yang lebih baik dan mempunyai *tip speed ratio (TSR)* lebih tinggi dibandingkan dengan turbin Savonius dua sudu, dan empat sudu. Turbin pada penelitian tersebut mempunyai *aspect ratio* 1. Sedangkan pada *aspect ratio* (D/h) berbeda akan menghasilkan jumlah sudu yang berbeda pula. *Aspect ratio* adalah perbandingan antara diameter turbin dengan tinggi turbin. Turbin angin Savonius dengan *aspect ratio* lebih kecil, dimana turbin mempunyai h yang lebih tinggi menghasilkan jumlah sudu optimal delapan sudu [7]. Sama halnya dengan turbin angin Savonius dengan tipe sudu setengah lingkaran dengan *aspect ratio* 1, turbin angin Savonius dengan bentuk sudu L mempunyai jumlah sudu optimal tiga sudu [8].

### METODOLOGI PENELITIAN

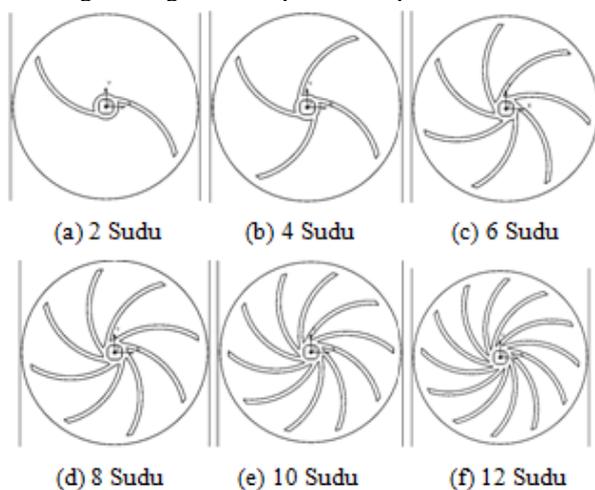
Desain turbin yang akan diuji mengacu pada jurnal yang telah diteliti sebelumnya. Turbin mempunyai *aspect rasio* D/h = 1 dan parameter *end plate* D1/D = 1,1. Sudut sudu yang digunakan adalah sudut 70°. Sedangkan, tebal plat yang digunakan adalah 2 mm. Dimensi turbin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian tentang variasi jumlah sudu. jumlah sudu yang diuji adalah 2, 4, 6, 8, 10, dan 12. Parameter yang digunakan seperti *aspect ratio*, *end plate*, tebal

plat dan sudut sudu turbin adalah sama. Sudut deflector yang digunakan adalah 40°.



Gambar 1. Dimensi Turbin

Pemodelan turbin dilakukan menggunakan software SolidWork 2013, sedangkan simulasi *Computational Fluid Design (CFD)* menggunakan simulasi *internal flow* untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada sistem. Simulasi yang dilakukan menggunakan *meshing* otomatis dimana *meshing* yang digunakan terdapat pada level 5 [9]. Kondisi lingkungan yang digunakan dalam simulasi *CFD* adalah debit air (*inlet volume flow*) yang masuk kedalam pipa dan tekanan statis (*static pressure*) 1 atm. Debit yang digunakan yaitu sebesar 0,0165 m<sup>3</sup>/s, didapat dari perhitungan secara teoritis dimana beda ketinggian permukaan air hingga mencapai turbin h = 2 m dan luas penampang setengah dari luas pipa 3 inci. Data yang dianalisa pada simulasi adalah kontur tekanan pada permukaan sudu turbin dan kontur kecepatan fluida yang melewati sistem. Selain itu juga diambil data torsi yang terjadi pada masing-masing turbin. Pengambilan data masing-masing turbin pada simulasi dilakukan dengan cara memutar turbin dengan sudut putar tertentu tergantung dari jumlah sudu turbin. Besarnya sudut putar untuk masing-masing turbin dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2. Desain Jumlah Sudu Turbin

Tabel 1. *Angle of Attack* Masing-masing Sudu Turbin

Sudut putar	Jumlah Sudu Turbin					
	2	4	6	8	10	12
0	0	0	0	0	0	0
45	22,5	15	11,25	9	7,5	
90	45	30	22,5	18	15	
135	67,5	45	33,75	27	22,5	
180	90	60	45	36	30	

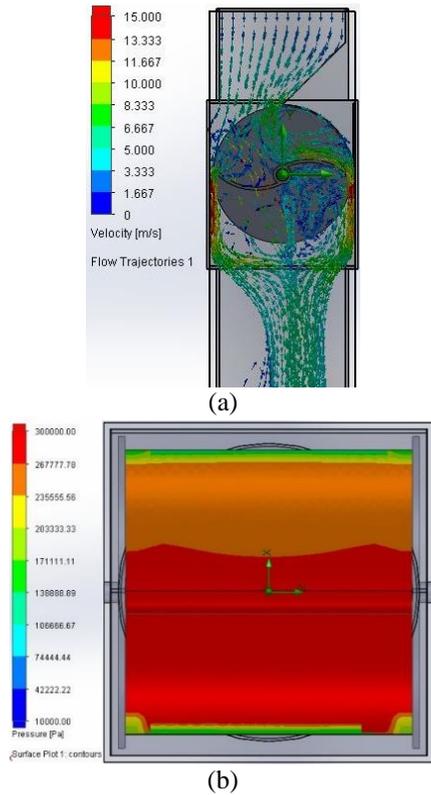
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi pada kontur kecepatan fluida dan kontur tekanan pada sudu turbin ditunjukkan dengan perbedaan warna. Warna biru tua pada kontur menunjukkan nilai kecepatan dan tekanan yang sangat kecil, sedangkan warna merah menunjukkan nilai kecepatan dan tekanan yang sangat tinggi. Batasan nilai kecepatan yang digunakan pada simulasi ini adalah 0-15 dan tekanan pada 10.000-300.000. Sebagai contoh, akan dipaparkan hasil simulasi untuk turbin dengan 2 sudu.

Gambar 3 merupakan hasil simulasi turbin 2 sudu dengan sudut putar 0°. Terlihat bahwa aliran air mengalir melewati sudu turbin dan sedikit yang terkena sudu turbin. Hal ini mengakibatkan tekanan pada sudu turbin sedikit sehingga menghasilkan torsi yang sedikit pula. Torsi yang dihasilkan pada sudut putar 0° adalah 1,023 Nm.

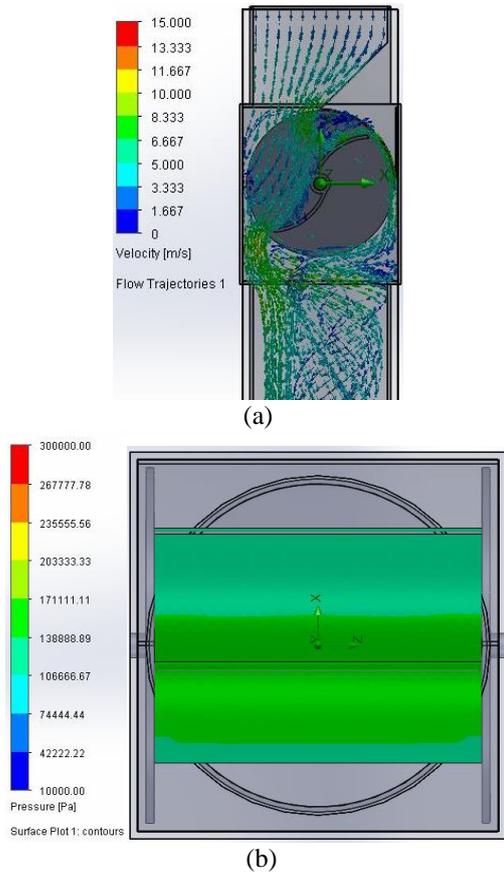
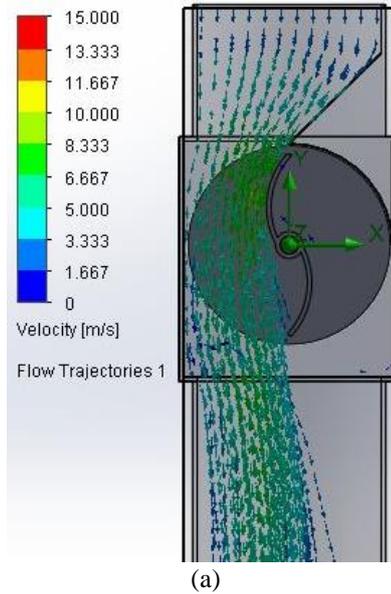
Memutar turbin pada sudut putar 45° mengakibatkan aliran air terhambat oleh sudu turbin. Terlihat pada Gambar 4 dimana aliran air yang mengenai sudu turbin pada daerah 1 berwarna biru yang berarti kecepatan pada daerah tersebut sangat rendah. Rendahnya kecepatan aliran air menjadikan tekanan meningkat seperti yang terlihat pada Gambar 4 b. Sedangkan sudu pada daerah 2 mempunyai warna kuning yang berarti kecepatan air pada daerah tersebut lebih tinggi dari pada kecepatan yang terdapat pada daerah 1 sehingga tekanan pada daerah tersebut kecil seperti terlihat pada Gambar 4 b.

Kontur kecepatan pada sudut putar 45° juga menunjukkan turbulensi aliran yang terlihat pada daerah yang diberi tanda lingkaran merah. Daerah tersebut memiliki kontur kecepatan berwarna biru tua yang berarti kecepatan pada daerah tersebut sangat rendah. Turbulensi yang terjadi mendorong sudu ke arah positif dan menambah tekanan pada sudu turbin sehingga meningkatkan torsi positif yang terjadi. Torsi yang terjadi pada sudut putar 45° adalah 3,298 Nm.



Gambar 3. Kontur Kecepatan Air (a) dan Tekanan (b) Sudu Turbin pada Sudut Putar 90°

Memutar turbin pada sudut putar 135° justru menurunkan torsi pada sudu turbin. Aliran air akan melewati sudu dengan kecepatan yang lebih tinggi dibanding dengan sudut putar 45° dan 90°. Meningkatnya kecepatan berarti menurunkan tekanan yang terjadi pada sudu seperti yang terlihat pada Gambar 4. Torsi yang terjadi pada sudut putar 135 adalah 1,108 Nm.



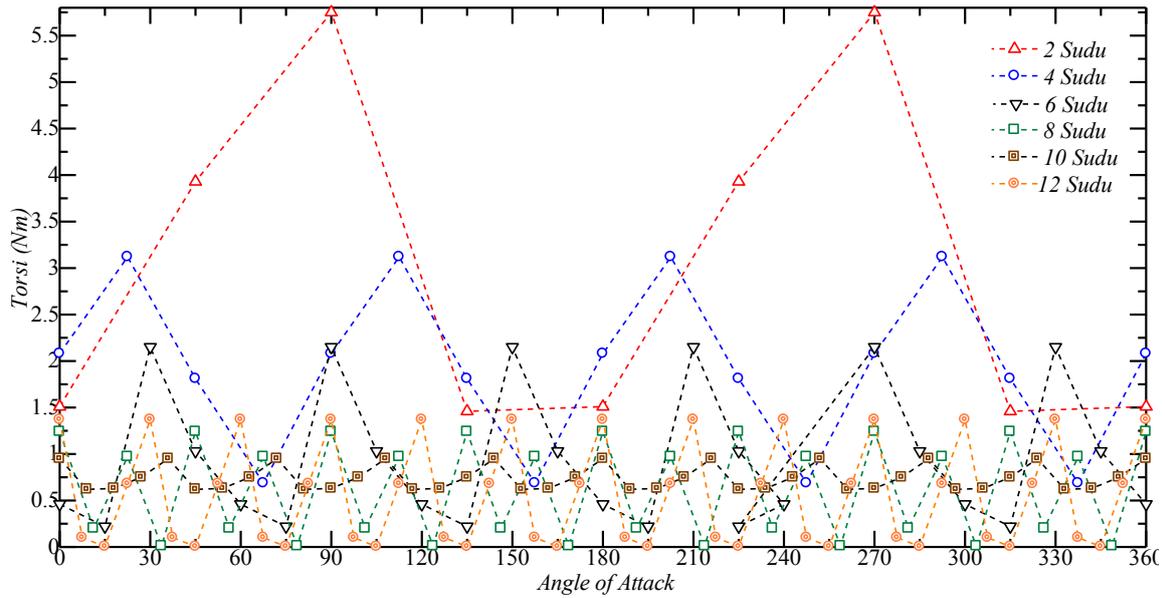
Gambar 5. Kontur Kecepatan Air (a) dan Tekanan (b) Sudu Turbin pada Sudut Putar 180°

Memutar turbin pada sudut putar 180 berarti mengembalikan turbin ke posisi awal seperti terlihat pada Gambar 5. Kondisi pada sudut putar 180 sama seperti kondisi yang terjadi pada sudut putar 0. Torsi yang dihasilkan pada sudut putar ini adalah 1,023 Nm, sedangkan hasil simulasi untuk turbin dengan jumlah sudu 4, 6, 8, dan 12 dapat dilihat pada Tabel 2.

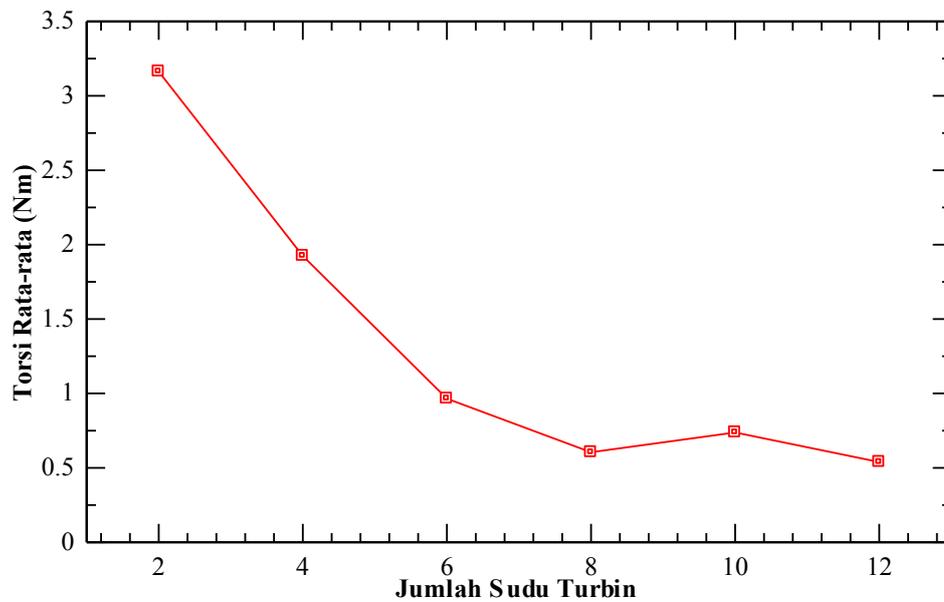
Gambar 4. Kontur Kecepatan Air (a) dan Tekanan (b) Sudu Turbin pada Sudut Putar 135°

Tabel 2. Data Torsi Hasil Simulasi

No	2	4	6	8	10	12
1	1,51	2,08	0,46	1,24	0,95	1,37
2	3,93	3,12	0,22	0,2	0,62	0,1
3	5,75	1,81	2,15	0,97	0,63	0,004
4	1,46	0,687	1,03	0,01	0,75	0,68
Rata-rata	3,163	1,924	0,965	0,605	0,738	0,539



Gambar 6 Grafik Pengaruh Sudut Putar Terhadap Torsi Simulasi



Gambar 7 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Turbin terhadap Torsi Rata-rata Simulasi

Gambar 6 merupakan grafik torsi hasil simulasi setiap sudut putar pada masing-masing turbin. Sedangkan Gambar 7 adalah grafik pengaruh jumlah sudu turbin terhadap torsi rata-rata yang dihasilkan. Terlihat bahwa turbin dengan 2 sudu mempunyai torsi paling besar dibanding dengan jumlah sudu lain yaitu sebesar 3,163 Nm.

Semakin banyak jumlah sudu turbin maka hasil torsi yang didapatkan dalam simulasi semakin kecil. Turbin savonius dengan 3 sudu menghasilkan torsi 1,924 Nm. Hasil yang didapatkan pada turbin 6, 8, 10 dan 12 juga semakin kecil dengan hasil torsi masing-masing adalah 0,965 Nm, 0,738 Nm, dan 0,539 Nm.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian dengan menggunakan model simulasi SolidWork 2013 ini adalah:

1. Jumlah sudu turbin berpengaruh pada unjuk kerja turbin savonius, semakin banyak jumlah sudu, nilai torsi yang dihasilkan semakin kecil;
2. Nilai torsi rata-rata pada masing-masing turbin adalah 3,163 Nm untuk 2 sudu, 1,924 Nm untuk 4 sudu, 0,965 Nm untuk 6 sudu, 0,738 Nm untuk 10 sudu, dan 0,539 Nm untuk 12 sudu
3. Jumlah sudu terbaik pada turbin air Savonius adalah 2 sudu;

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Chen, H. X. Yang, C. P. Liu, C. H. Lau, and M. Lo, 2013. "A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines," *Energy*, vol. 54, pp. 184–193.
- [2] N. Rosmin, A. S. Jauhari, A. H. Mustaamal, F. Husin, and M. Y. Hassan, 2015. "Experimental Study for the Single-stage and Double-stage Two-bladed Savonius Micro-sized Turbine for Rain Water Harvesting (RWH) System," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 274–281.
- [3] M. R. Ahmed, M. Faizal, and Y. H. Lee, 2013. "Optimization of blade curvature and inter-rotor spacing of Savonius rotors for maximum wave energy extraction," *Ocean Eng.*, vol. 65, pp. 32–38.
- [4] N. H. Mahmoud, a. a. El-Haroun, E. Wahba, and M. H. Nasef, 2012. "An experimental study on improvement of Savonius rotor performance," *Alexandria Eng. J.*, vol. 51, no. 1, pp. 19–25.
- [5] M. Ali, 2013. "Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two & Three Blades At Low Wind Speed," *Int. J. Mod. Eng. Res. ...*, vol. 3, no. 5, pp. 2978–2986.
- [6] F. Wenehenubun, A. Saputra, and H. Sutanto, 2015. "An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades," *Energy Procedia*, vol. 68, pp. 297–304.
- [7] F. Napitulu and F. Mauritz, 2013. "Uji Eksperimental dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan dan Jumlah Sudu terhadap Daya dan Putaran Turbin Angin Vertical Axis Savonius dengan Menggunakan Sudu Penggerak," vol. II, no. 12.
- [8] B. Mahendra, R. Soenoko, and D. Sutikno, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Type L."
- [9] A. I. Bayu, F. Teknik, P. Studi, and T. Mesin, 2012. "Desain Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius Optimasi Kecepatan Angin Rendah," Universitas Indonesia.