

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Deflektor Pelat Lengkung terhadap Performa Turbin Air Savonius Sumbu Vertikal Dua Sudu

Sugeng Imar Fauzil¹, Diniar Mungil Kurniawati^{2*}, Gad Gunawan³, Andre Amba Matarru⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan,

^{1,2,3,4}Jl. Soekarno Hatta No.KM 15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur 76127

E-mail: 03171068@student.itk.ac.id¹, diniarmungil@lecturer.itk.ac.id², gad_gunawan@lecturer.itk.ac.id³, andre.amba@lecturer.itk.ac.id⁴

Info Naskah:

Naskah masuk: 13 Desember 2021

Direvisi: 17 Januari 2022

Diterima: 26 Januari 2022

Abstrak

Turbin Savonius memiliki konstruksi yang sederhana sehingga mudah untuk dibuat. Kelemahan Turbin Savonius konvensional adalah terdapat torsi negatif akibat adanya sudu yang berputar berlawanan arah aliran. Torsi negatif dapat dikurangi dengan menempatkan pelat lengkung di bagian depan turbin. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis penggunaan deflektor pelat lengkung terhadap performa turbin air sumbu vertikal Savonius dua sudu. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan kelengkungan deflektor, yaitu 1/4 lingkaran, 3/8 lingkaran dan 1/2 lingkaran secara eksperimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan deflektor pelat lengkung meningkatkan performa turbin dibandingkan tanpa menggunakan deflektor. Dari ketiga variasi deflektor, deflektor 1/4 lingkaran memiliki performa tertinggi dengan daya yang dihasilkan adalah 0,266 Watt dan koefisien daya sebesar 0,169 pada putaran 113 rpm.

Keywords:

savonius hydro turbine;
curved plate deflector;
power coefficient;
turbine performance.

Abstract

The Savonius turbine has a simple construction making it easy to build. The weakness of the conventional Savonius turbine is that there is a negative torque due to the presence of blades that are opposite to the flow direction. Negative torque can be reduced by placing a curved plate at the front of the turbine. The purpose of this study is to analyze the use of a curved plate deflector for the performance of a two-blade Savonius vertical axis air turbine. The research was conducted by varying the curvature of the deflector, namely 1/4 circle, 3/8 circle and 1/2 circle experimentally. The test results show that the addition of a curved plate deflector improves turbine performance compared to without using a deflector. Of the three variations of the deflector, the 1/4 circle deflector has the highest performance with a power generated of 0.266 Watt and a power coefficient of 0.169 at 113 rpm.

*Penulis korespondensi:

Diniar Mungil Kurniawati

E-mail: diniarmungil@lecturer.itk.ac.id

1. Pendahuluan

Sumber energi terbarukan skala kecil seperti yang terkandung dalam aliran sungai atau kanal yang memiliki *head* rendah dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomis [1]. Salah satu turbin yang cocok dengan potensi ini adalah Turbin Savonius. Sigurd Johannes Savonius dari Finlandia sebagai pencetus pertama Turbin Savonius pada tahun 1922. Turbin Savonius tergolong dalam turbin sumbu vertikal yang secara konstruksinya sederhana dan salah satu tipe turbin yang dapat digunakan untuk kondisi aliran fluida yang memiliki *head* rendah[2]. Turbin Air Savonius sumbu vertikal ini disukai karena sederhana, praktis, dan ekonomis untuk penggunaan daya kecil seperti untuk alat elektronika, *charging* ponsel, atau penerangan pada masyarakat berpenghasilan rendah di daerah terpencil [3].

Turbin Savonius merupakan tipe turbin yang disebut *drag-type rotors*[4]. Turbin ini bekerja akibat adanya perbedaan gaya drag pada sudu-sudunya [5]. Nilai koefisien daya untuk Turbin Savonius konvensional adalah antara 0,1 dan 0,25. Dengan beberapa tambahan instalasi, koefisien daya meningkat 27,3% dibandingkan dengan turbin konvensional [6]. Performa Turbin Savonius sangat dipengaruhi oleh parameter desainnya seperti profil sudu, jumlah sudu, *overlap ratio*, dan *aspect ratio*[7], [8].

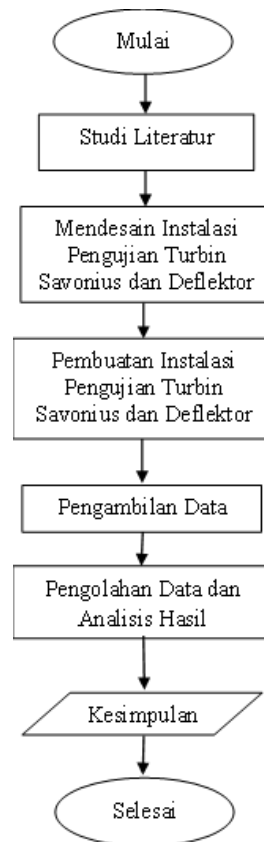
Salah satu kelemahan turbin Savonius adalah adanya torsi negatif pada sudu [6]. Berbagai cara dilakukan untuk meminimalkan torsi negatif sehingga dapat meningkatkan efisiensi turbin seperti dengan penambahan *obstacle*[9], [10] pada bagian depan turbin yang menyebabkan torsi negatif. Penambahan deflektor berfungsi untuk membantu dalam mengarahkan aliran yang datang ke turbin agar menangkap lebih banyak aliran yang datang[11]. Penambahan deflektor pelat lengkung pada sudu dapat digunakan untuk melindungi *returning blade* dari tertabrak aliran air secara langsung, sehingga dapat memperbesar selisih gaya atau torsi pada kedua sudu yang diharapkan untuk meningkatkan performa dari turbin Savonius[12]–[14]. Koefisien daya turbin meningkat kurang lebih 80% dengan pemasangan pelat pelindung pada sudu turbin [15]. Di samping itu, penambahan pelat pelindung pada bagian belakang turbin juga dilakukan agar memaksimalkan aliran yang menggerakkan turbin sehingga meningkatkan performa [16].

Penelitian ini menggunakan pelat lengkung yang menutupi sudu Turbin Savonius yang bergerak melawan arah aliran. Tujuan penggunaan pelat lengkung ini adalah untuk mengurangi torsi negatif dan menyederhanakan konstruksi Turbin Savonius–deflektor sehingga menghasilkan desain yang lebih *compact*.

2. Metode

Adapun dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa metode penelitian atau langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini terlihat pada Gambar 1. Studi literatur dilakukan untuk mencari sebuah ide atau penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini untuk dijadikan sebagai bahan acuan. Publikasi ilmiah, buku, ataupun gagasan ilmiah yang terakreditasi digunakan sebagai dasar dari penelitian yang

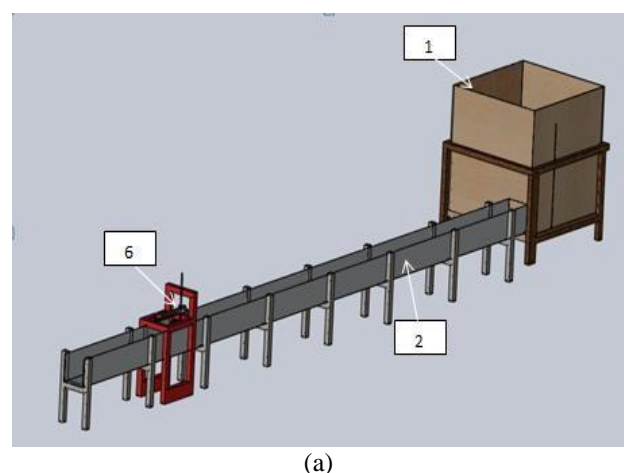
dilakukan sebagai panduan dan dapat menjadi penguat teori dari penelitian ini.

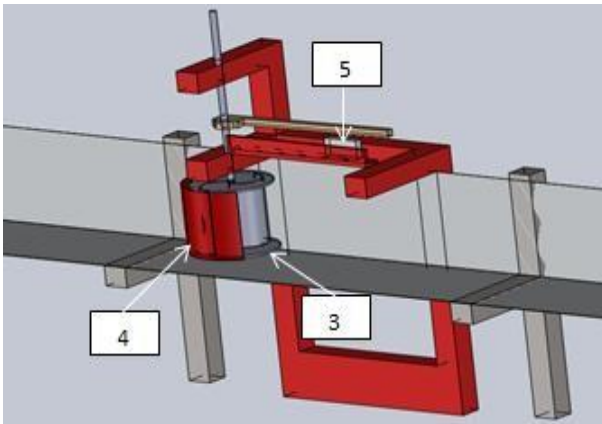


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Desain dan Pembuatan Instalasi Pengujian

Setelah melalui tahap studi literatur, dilakukan proses desain instalasi pengujian Turbin Savonius dan deflektor, adapun untuk skema alat dapat dilihat pada Gambar 2.



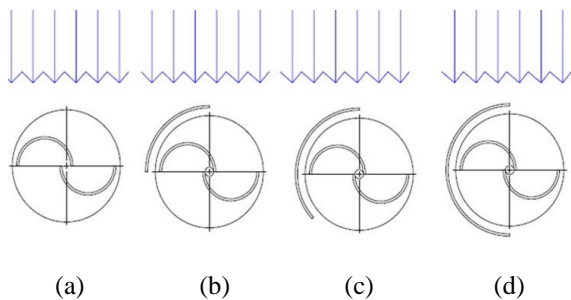


(b)

Gambar 2. (a) Alat penelitian (b) Detail alat penelitian (1. Bak penampungan air, 2. Lintasan air, 3. Turbin air, 4. Deflektor, 5. Neraca, 6. Prony brake)



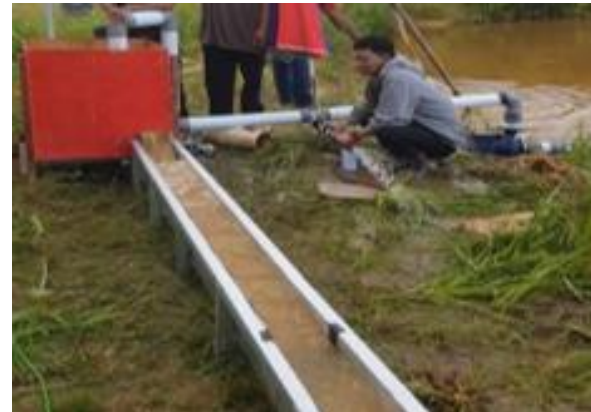
Gambar 3. Turbin Savonius



Gambar 4. Variasi deflektor (a) tanpa deflektor (b) 1/4 lingkaran (c) 3/8 lingkaran (d) 1/2 lingkaran

Turbin air yang digunakan pada penelitian ini adalah turbin Savonius dua sudu dengan *aspect ratio* 1, diameter turbin 0,1 m, diameter sudu 0,048 m, dan tinggi turbin 0,1 m seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Turbin Savonius yang dibuat tidak memiliki *overlap ratio* dan memiliki *end plate* pada kedua ujungnya.

Deflektor yang digunakan pada penelitian ini merupakan deflektor pelat lengkung, adapun untuk variasi deflektor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Proses pembuatan dan perakitan dilakukan berdasarkan desain yang telah dilakukan sebelumnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Pompa dengan penggerak motor listrik digunakan untuk mengaliri instalasi pengujian turbin. *Prony Brake*, turbin Savonius, dan deflektor dipasang sesuai dengan desain instalasi yang telah dibuat.



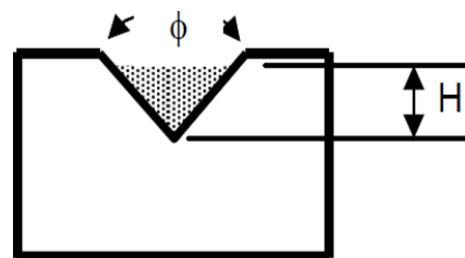
Gambar 5. Perakitan instalasi pengujian Turbin Savonius dan deflektor

2.3. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini terdapat beberapa variasi percobaan yang dilakukan. Variasi pada saat Pengambilan data dilakukan dengan variasi awal yaitu turbin Savonius tanpa deflektor kemudian diikuti dengan variasi deflektor 1/4 lingkaran, 3/8 lingkaran dan 1/2 lingkaran. Data yang diperoleh saat pengujian di lapangan yaitu berupa data debit dari air yang digunakan, kecepatan putaran turbin, dan beban yang mampu diterima oleh turbin. Kemudian dari data yang didapatkan akan digunakan untuk mencari performa dari turbin yang digunakan, adapun beberapa perhitungan yang digunakan yaitu.

2.3.1 Pengukuran Debit

Penelitian ini menggunakan V-notch 90° untuk membantu dalam menghitung debit air yang digunakan. Menghitung debit air dapat menggunakan beberapa metode salah satunya dengan menggunakan V-notch seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. V-notch dengan sudut $\phi = 90^\circ$ [17]

Bila nilai $\phi = 90^\circ$ maka nilai C_w yang digunakan yaitu 1,38. Debit aliran air yang melewati *weirs* berbentuk V-notch, ditentukan menggunakan Persamaan 1.

$$Q = C_w H^{\frac{5}{2}} \tag{1}$$

2.3.2 Tip Speed Ratio (TSR)

Tip Speed Ratio merupakan perbandingan dari kecepatan aktual dari aliran air dengan kecepatan rotasi pada ujung sudu, secara matematis dinyatakan dengan persamaan (2).

$$\lambda = \frac{\omega D}{2 v} \tag{2}$$

2.3.3 Daya Turbin

Turbin air akan menghasilkan daya ketika sebuah aliran air melewati turbin dan aliran menabrak sudu-dudu turbin, sehingga sudu turbin mengalami gerak rotasi yang menyebabkan poros berputar. Daya mekanis yang dihasilkan turbin ditentukan dengan persamaan (3).

$$P_t = T \cdot \omega \tag{3}$$

2.3.4 Koefisien Daya Turbin

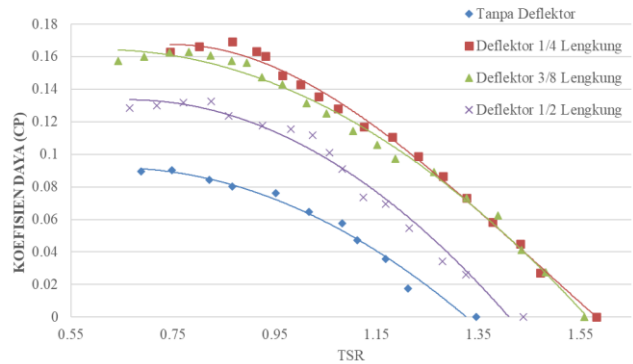
Koefisien daya (C_p) bisa diartikan sebagai perbandingan dari daya mekanis yang diekstrak turbin air dengan daya teoretis dari fluida seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4).

$$C_p = \frac{2 \cdot P_t}{\rho \cdot H \cdot D \cdot V^3} \tag{4}$$

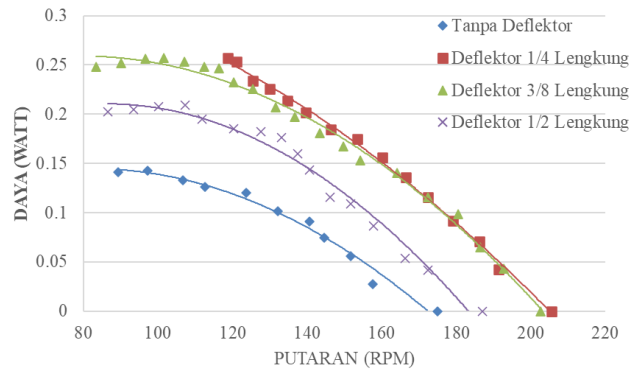
3. Hasil dan Pembahasan

Kecepatan putaran turbin, beban yang dihasilkan oleh turbin, dan juga kecepatan aliran air yang didapatkan saat pengujian digunakan untuk menghitung besar dari daya turbin, koefisien daya, torsi, dan *Tip Speed Ratio*. Fungsi dari deflektor pelat lengkung pada penelitian ini adalah untuk mengurangi gaya *drag* pada salah satu sudu turbin sehingga perbedaan gaya *drag* yang bekerja menjadi lebih besar. Penggunaan deflektor pelat lengkung berpengaruh dalam meningkatkan performa dari turbin air Savonius, hal ini dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.

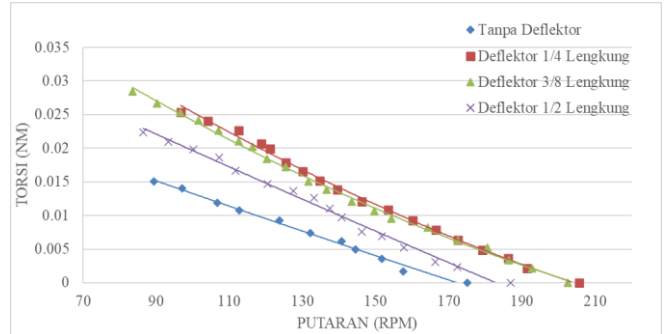
Pada Gambar 7 menunjukkan hubungan antara koefisien daya dengan TSR. Ukuran deflektor pelat lengkung yang digunakan berpengaruh terhadap hasil TSR dan koefisien daya yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan bahwa variasi 1/4 lingkaran mendapatkan nilai koefisien daya yang tertinggi, yaitu 0,169 pada TSR 0,865. Gambar 7 juga memperlihatkan peningkatan koefisien daya dan *Tip Speed Ratio* pada turbin yang menggunakan deflektor dibandingkan tanpa deflektor. Hal ini dapat terjadi dikarenakan dengan penempatan deflektor pada bagian depan sudu yang bergerak melawan arah aliran mengurangi gaya *drag* yang diterima sehingga memperbesar selisih dari gaya *drag* yang bekerja pada turbin. Gaya *drag* yang diterima pada sudut tersebut menimbulkan torsi negatif pada Turbin Savonius.



Gambar 7. Hubungan TSR dan koefisien daya



Gambar 8. Hubungan putaran dengan daya



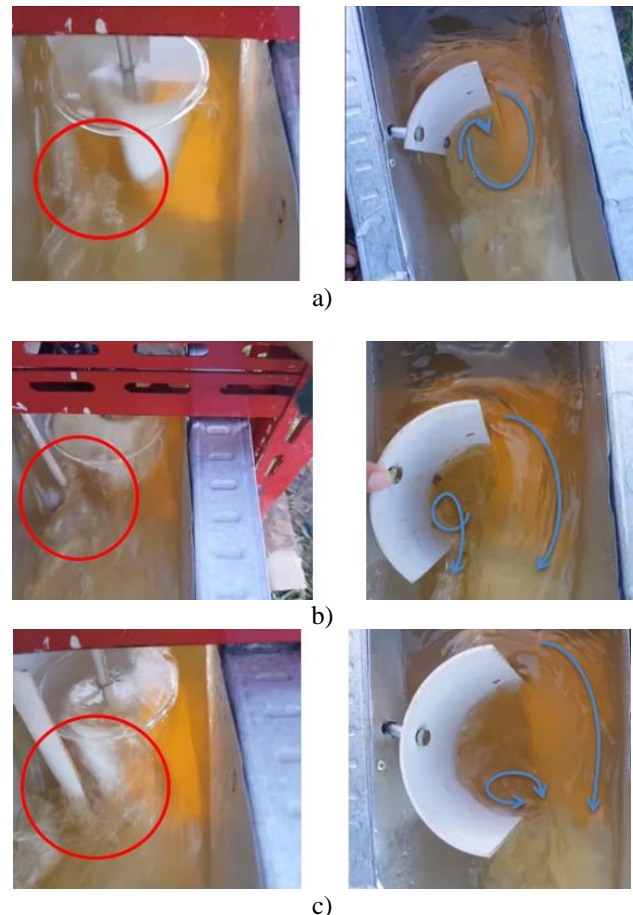
Gambar 9. Hubungan putaran dengan torsi

Pada Gambar 8 menjelaskan hubungan daya turbin dengan kecepatan putaran turbin dimana menunjukkan bahwa adanya pengaruh besar deflektor pelat lengkung yang digunakan terhadap daya turbin dan kecepatan putaran turbin yang dihasilkan. Hasil data dari pengujian turbin air Savonius yaitu tanpa menggunakan deflektor didapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi 175 rpm dan daya turbin tertinggi 0,142 Watt. Variasi deflektor 1/4 lingkaran didapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi 205,6 rpm dan daya turbin tertinggi 0,266 Watt. Variasi deflektor 3/8 lingkaran didapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi 202,6 rpm dan daya turbin tertinggi yang diperoleh 0,256 Watt. Variasi deflektor 1/2 lingkaran didapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi 187 rpm dan daya turbin tertinggi yang diperoleh 0,209 Watt. Gambar 8 menunjukkan hubungan daya dengan putaran turbin dimana penggunaan

deflektor berpengaruh dan dapat menaikkan daya serta putaran yang dihasilkan turbin dibandingkan jika tanpa menggunakan deflektor. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8 memiliki kecenderungan yang sama. Performa dari sebuah turbin, baik koefisien daya atau pun daya mekanis, memiliki bentuk kurva parabolik dimana terdapat nilai maksimum pada nilai TSR atau putaran tertentu. Karakteristik dari Turbin Savonius adalah bekerja pada TSR atau putaran rendah. Berdasarkan hasil pengujian, nilai maksimum dari Koefisien Daya terletak antara nilai TSR 0,8 sampai dengan 1 atau sekitar 100 sampai 120 rpm untuk geometri pada penelitian ini.

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa kecepatan turbin yang awalnya tinggi akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya torsi yang dihasilkan oleh turbin dengan kata lain bahwa jika kecepatan yang dimiliki oleh turbin semakin tinggi maka torsi yang dihasilkan oleh turbin akan semakin kecil begitupun juga sebaliknya. Hasil yang didapatkan dari hubungan antara kecepatan putaran turbin dengan torsi yaitu pengujian tanpa deflektor putaran turbin tertinggi 175 rpm dan torsi tertinggi 0,015 Nm. Pengujian deflektor 1/4 lingkaran kecepatan putaran turbin tertinggi 205,6 rpm dan torsi tertinggi 0,025 Nm. Pengujian deflektor 3/8 lingkaran kecepatan putaran turbin tertinggi 202,6 rpm dan torsi tertinggi 0,028 Nm. Pengujian deflektor 1/2 lingkaran kecepatan putaran turbin tertinggi 187 rpm dan torsi tertinggi 0,022 Nm. Gambar 9 menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi pada torsi dan putaran pada turbin adalah hubungan yang linear. Deflektor pelat lengkung yang digunakan memiliki pengaruh kepada putaran yang didapatkan oleh turbin, dapat dilihat dengan pemasangan deflektor putaran yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan pengujian yang tidak menggunakan deflektor. Putaran yang terjadi pada turbin semakin tinggi maka akan berpengaruh terhadap beban yang bisa diterima oleh turbin. Hal ini juga dapat membuat nilai torsi yang dihasilkan akan ikut meningkat.

Pada Gambar 10 terlihat pola aliran yang terjadi sekitar deflektor. Gambar bagian kiri adalah ketika turbin dan deflektor dan sebelah kanan adalah pola aliran deflektor tanpa adanya turbin. Pada deflektor 3/8 dan 1/2 lingkaran terlihat bahwa pada bagian belakang deflektor memiliki pusaran/ vorteks aliran yang terhalang sebagian deflektor. Hal ini menyebabkan tekanan air di belakang sudu pada kedua ukuran deflektor lebih rendah dibandingkan deflektor dengan 1/4 lingkaran yang terlihat pusaran aliran lebih bebas tanpa terhalang aliran. Walaupun gaya *drag* dari depan turbin diminimalisir dengan adanya deflektor, tetapi karena berkurangnya tekanan pada bagian belakang sudu turbin yang dilindungi turbin menyebabkan turbin juga kehilangan momentum untuk berputar. Berbeda halnya dengan deflektor 1/4 lingkaran, yang terlihat bahwa bagian belakang sudu yang terlindung deflektor terendam penuh oleh aliran air karena tekanannya relatif sama dengan aliran. Ketika tekanan bagian belakang sudu balik ini sama dengan tekanan pada aliran, turbin bergerak lebih baik karena dorongan yang diterima dari pusaran aliran sehingga tidak mengurangi daya yang diekstrak dari turbin.



Gambar 10. Pola Aliran di sekitar Turbin Savonius dan deflektor; a) Deflektor 1/4 lingkaran; b) Deflektor 3/8 lingkaran; c) Deflektor 1/2 lingkaran.

4. Kesimpulan

Performa yang didapatkan oleh Turbin Savonius dua sudu sumbu vertikal dengan penambahan deflektor pelat lengkung lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan deflektor. Dari ketiga variasi deflektor pelat lengkung, konfigurasi 1/4 lingkaran menunjukkan performa paling baik dengan daya 0,266 Watt dan koefisien daya sebesar 0,169 pada putaran 113 rpm.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Institut Teknologi Kalimantan yang telah memberikan bantuan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Daftar Pustaka

- [1] A. Kumar dan R. P. Saini, "Performance analysis of a Savonius hydrokinetic turbine having twisted blades," *Renewable Energy*, vol. 108, hlm. 502–522, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.006>.
- [2] S. J. Savonius, *The Wing Rotor in Theory and Practice*. Finland: Savonius & Co., Helsingfors, 1925.
- [3] M. B. Salleh, N. M. Kamaruddin, dan Z. Mohamed-Kassim, "Savonius hydrokinetic turbines for a sustainable river-based energy extraction: A review of the technology and potential applications in Malaysia," *Sustainable Energy Technologies*

- and Assessments*, vol. 36, hlm. 100554, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100554>.
- [4] J. Balu, S. Sandeep, N. Ramsundram, M. Prasanth, dan B. Praveen, "Experimental Investigation of Three Bladed Inclined Savonius Hydrokinetic Turbine by using Deflector Plate," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1146, hlm. 012009, Mei 2021, doi: [10.1088/1757-899X/1146/1/012009](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1146/1/012009).
- [5] J. Yao, F. Li, J. Chen, Z. Yuan, dan W. Mai, "Parameter Analysis of Savonius Hydraulic Turbine Considering the Effect of Reducing Flow Velocity," *Energies*, vol. 13, no. 1, 2020, doi: [10.3390/en13010024](https://doi.org/10.3390/en13010024).
- [6] M. Zemamou, M. Aggour, dan A. Toumi, "Review of savonius wind turbine design and performance," *Energy Procedia*, vol. 141, hlm. 383–388, Des 2017, doi: [10.1016/j.egypro.2017.11.047](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.047).
- [7] P. K. Talukdar, A. Sardar, V. Kulkarni, dan U. K. Saha, "Parametric analysis of model Savonius hydrokinetic turbines through experimental and computational investigations," *Energy Conversion and Management*, vol. 158, hlm. 36–49, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.011>.
- [8] I. Hamzah, A. Prasetyo, D. D. D. P. Tjahjana, dan S. Hadi, "Effect of blades number to performance of Savonius water turbine in water pipe," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1931, no. 1, hlm. 030046, 2018, doi: [10.1063/1.5024105](https://doi.org/10.1063/1.5024105).
- [9] N. P. Putri, T. Yuwono, J. Rustam, P. Purwanto, dan G. Bangga, "Experimental studies on the effect of obstacle upstream of a Savonius wind turbine," *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 10, hlm. 1216, Sep 2019, doi: [10.1007/s42452-019-1253-2](https://doi.org/10.1007/s42452-019-1253-2).
- [10] A. Sidiq, "Pengaruh Twist Angle Blade Turbin Savonius Berpengaruh Aliran Aplikasi Pada Turbin Air," *INFO-TEKNIK*, vol. 19, hlm. 203, Des 2018, doi: [10.20527/jit.v19i2.154](https://doi.org/10.20527/jit.v19i2.154).
- [11] B. A. Storti, J. J. Dorella, N. D. Roman, I. Peralta, dan A. E. Albanesi, "Improving the efficiency of a Savonius wind turbine by designing a set of deflector plates with a metamodel-based optimization approach," *Energy*, vol. 186, hlm. 115814, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.144>.
- [12] S. A. Payambarpour, A. F. Najafi, dan F. Magagnato, "Investigation of Blade Number Effect on Hydraulic Performance of In-Pipe Hydro Savonius Turbine," *Hindawi*, 2019.
- [13] M. E. Nimvari, H. Fatahian, dan E. Fatahian, "Performance improvement of a Savonius vertical axis wind turbine using a porous deflector," *Energy Conversion and Management*, vol. 220, hlm. 113062, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113062>.
- [14] A. Prasetyo, B. Kristiawan, D. Danardono, dan S. Hadi, "The Effect of Deflector Angle in Savonius Water Turbine with Horizontal Axis on the Power Output of Water Flow in Pipe," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 979, hlm. 012043, Mar 2018, doi: [10.1088/1742-6596/979/1/012043](https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012043).
- [15] S. Iio, Y. Katayama, F. Uchiyama, E. Sato, dan T. Ikeda, "Influence of setting condition on characteristics of Savonius hydraulic turbine with a shield plate," *Journal of Thermal Science*, vol. 20, no. 3, hlm. 224–228, Sep 2011, doi: [10.1007/s11630-011-0462-9](https://doi.org/10.1007/s11630-011-0462-9).
- [16] F. Herlina, "Penambahan Lingkaran Pelindung Pada Turbin Air Rotor Savonius," *INFO-TEKNIK*, vol. 20, hlm. 237, Jan 2020, doi: [10.20527/infotek.v20i2.7720](https://doi.org/10.20527/infotek.v20i2.7720).
- [17] Yohanes Agus Jayatun, "Analisis Faktor Koreksi C Pada Pengukuran Debit Aliran Air Bersih Yang Menggunakan Weir V-Notch Dengan Sudut Puncak 90 Derajat," *Prosiding Seminar Nasional ReTII*, vol. 0, no. 0, 2014, Diakses: 25 November 2021. [Daring]. Tersedia pada: [//journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/1031](http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/1031)