

EFEK SUDUT ODGV TERHADAP PROFIL DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN DI HILIR TURBIN HIDROKINETIK SAVONIUS

Yunda Monika

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: monika.yunda1998@gmail.com

Dwi Anung Nindito

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: dwi_anungnindito@eng.upr.ac.id

Haiki Mart Yupi

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: haiki.yupi@yahoo.com

Abstract: *Savonius hydrokinetic turbine is a type of vertical axis turbine. The placement of the Savonius turbine in the channel causes a change in the flow in the downstream part of the turbine. In literature studies, generally ODGV (Omni-Directional Guide Vanes) is rectangular. ODGV consists of several rectifiers that have a certain arrangement. The change in angle in the rectifier aims to capture the flow velocity on the channel. In the test, three variations of the rectifier angle were used, namely 0°, 15° and 30°. The tests were performed on three different flow rate variations. The variation in flow velocity used is 0.11m/s, 0.13 m/s and 0.14 m/s. Flow velocity data is taken exactly in the turbine placement position. Measurements were also taken downstream of the turbine with a distance of 25 cm and 50 cm from the Savonius turbine. The results showed that the use of ODGV in the Savonius hydrokinetic turbine caused the flow speed in the downstream of the Savonius turbine to be smaller, both at a distance of 25 cm and at a distance of 50 cm. At a variation in the 0° rectifier angle, the flow velocity downstream of the turbine is reduced by 12.14% at a distance of 25 cm and 9.85% at a distance of 50 cm from the flow velocity on the Savonius turbine. The increase in the angle of the rectifier causes the downstream flow speed of the turbine to decrease. For 30° angle rectifier variations, downstream flow velocities of 25 cm and 50 cm were reduced by 12.24% and 12.31% of Savonius turbines, respectively. In a 30° angle rectifier, the flow velocity downstream produced is relatively the same.*

Keywords: ODGV, Hidrokinetic, Savonius, Flow velocity distribution

Abstrak: Turbin hidrokinetik Savonius merupakan salah satu jenis turbin sumbu vertikal. Penempatan turbin Savonius pada saluran menyebabkan perubahan aliran pada bagian hilir turbin. Pada studi literatur, umumnya ODGV (*Omni-Directional Guide Vanes*) berbentuk persegi panjang. ODGV terdiri dari beberapa *rectifier* yang memiliki susunan tertentu. Perubahan sudut pada *rectifier* bertujuan untuk menangkap kecepatan aliran pada saluran. Dalam pengujian digunakan tiga variasi sudut *rectifier* yaitu 0°, 15° dan 30°. Pengujian dilakukan pada tiga variasi kecepatan aliran yang berbeda. Variasi kecepatan aliran yang digunakan yaitu 0,11m/s, 0,13 m/s dan 0,14 m/s. Data kecepatan aliran diambil tepat di posisi penempatan turbin. Pengukuran diambil pula pada bagian hilir turbin dengan jarak 25 cm dan 50 cm dari turbin Savonius. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan ODGV pada turbin hidrokinetik Savonius menyebabkan kecepatan aliran pada bagian hilir turbin Savonius menjadi lebih kecil, baik pada jarak 25 cm maupun pada jarak 50 cm. Pada variasi sudut *rectifier* 0°, kecepatan aliran di bagian hilir turbin berkurang sebesar 12,14% pada jarak 25 cm dan 9,85% pada jarak 50 cm dari kecepatan aliran pada turbin Savonius. Bertambahnya sudut *rectifier* menyebabkan kecepatan aliran hilir turbin semakin mengecil. Untuk variasi *rectifier* sudut 30°, kecepatan aliran bagian hilir jarak 25 cm dan 50 cm berkurang masing-masing sebesar 12,24% dan 12,31% dari turbin Savonius. Pada *rectifier* sudut 30°, kecepatan aliran di bagian hilir yang dihasilkan relatif sama.

Kata kunci: ODGV, Hidrokinetik, Savonius, Distribusi kecepatan aliran

PENDAHULUAN

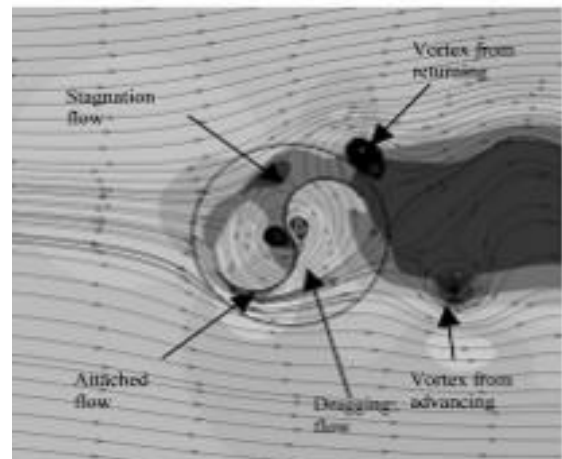
Turbin hidrokinetik adalah suatu alat yang mengkonversikan energi kinetik air menjadi energi mekanik. Turbin Savonius merupakan jenis turbin hidrokinetik *Vertical Axis Turbine* (VAT). Penggunaan turbin Savonius memiliki beberapa keuntungan diantaranya biaya pembuatan yang murah dan dapat digunakan pada kecepatan aliran yang rendah. Potensi tenaga air dengan *head* rendah memerlukan teknologi tepat guna sebagai sumber energi terbarukan (Nindito & Kamiana, 2010). Pengembangan inovasi pada turbin bertujuan untuk memperbaiki *self starting* yang buruk (Rianti et al., 2021). Turbin hidrokinetik dengan kemampuan putaran yang dipengaruhi oleh gaya *lift* memerlukan *self starting* yang baik (Wardani et al., 2020).

Beberapa penelitian terdahulu melakukan sebuah inovasi pada turbin hidrokinetik untuk meningkatkan kinerja turbin. Turbin DNA, sebuah inovasi baru dari Turbin Gorlov mampu menghasilkan nilai torsi yang lebih baik dari kinerja turbin konvensional (Antomo et al., 2020). Octauria et al., (2021) melakukan studi eksperimental terhadap turbin H-Darrieus, didapatkan C_p rata-rata lebih besar 34,25% dibandingkan turbin konvensional. Studi Yudistira et al., (2021a) pada turbin Savonius dimodifikasi menjadi turbin tornado Savonius berdasarkan distribusi kecepatan. Uji eksperimental terhadap turbin Tornado Savonius menghasilkan area tangkap aliran menjadi lebih baik (Yudistira et al., 2021b). Turbin *Archimedes Spiral* merupakan turbin inovasi yang mampu untuk memperbesar gaya tangkap aliran (Pratama et al., 2021). Uji eksperimental yang dilakukan Ichsan et al., (2021) dengan penambahan ODGV mampu meningkatkan kinerja turbin Savonius.

Semakin mendekati pinggir saluran maka kecepatan aliran semakin kecil. Pada bagian tengah saluran memiliki kecepatan aliran yang maksimum (Nindito et al., 2008). Menurut Nindito (2009), kecepatan aliran akan semakin kecil bila mendekati area dasar saluran dan bertambah besar menuju permukaan saluran.

Maldonado et al., (2014) menerangkan bahwa *overlap ratio* membuat aliran udara berlawanan dengan *blade* turbin Savonius, hal ini dapat meningkatkan nilai torsi. Pada *overlap ratio*

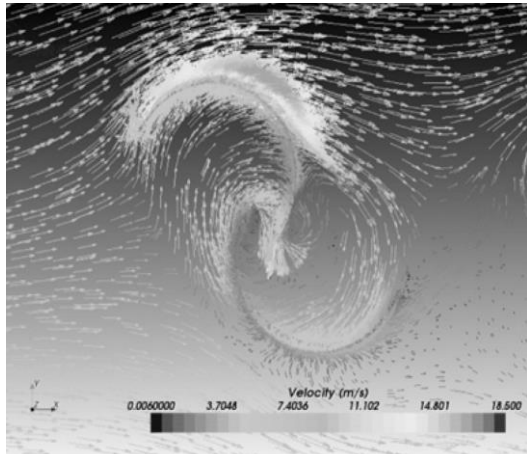
dengan jarak 6 cm memiliki kecepatan maksimum dan memiliki gaya *drag* yang baik. Menurut Setiawan et al., (2019) turbin Savonius konvensional tidak memiliki aliran yang bertumpukan. Aliran yang tidak bergerak terletak di depan *blade*. Turbulensi terjadi pada bagian belakang *blade* turbin dapat dilihat pada Gambar 2. Penggunaan *circular cylinder* dapat meningkatkan kecepatan aliran yang melewati *bluff bodies*, dengan demikian dapat meningkatkan nilai torsi positif pada turbin Savonius (Setiawan et al., 2018).



Gambar 1. Aliran di sekitar turbin Savonius konvensional, Sumber : (Setiawan et al., 2019)

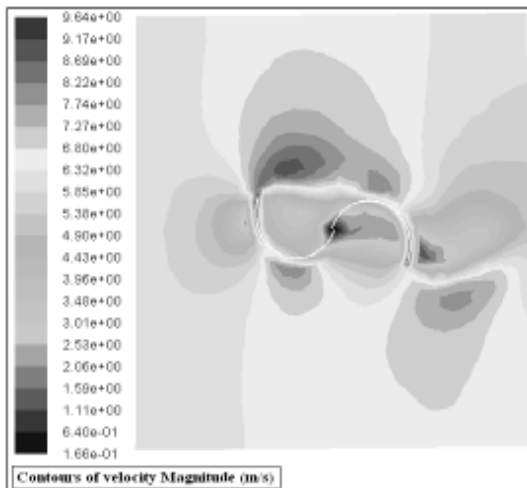
Desain *venting slots* meningkatkan kecepatan pada bagian *returning blade* turbin Savonius dapat meningkatkan efektifitas turbin (Alom & Saha, 2018). Menurut Altan et al., (2008) penggunaan *curtain arrangement* di depan turbin dapat meningkatkan kecepatan aliran yang masuk sehingga meningkatkan nilai torsi positif pada turbin.

Gambar 2 menunjukkan besaran kecepatan aliran pada celah turbin Savonius sangat kecil. Aliran pada turbin Savonius mempengaruhi tekanan dan meningkatkan nilai torsi (Zhou & Rempfer, 2013). Chen et al., (2015) mengatakan bahwa kecepatan angin sebelum turbin lebih besar dari pada bagian setelah turbin. Zona ujung *blade* memiliki tekanan yang rendah sehingga meningkatkan putaran turbin. Menurut Elbatran et al., (2017), *nozzle* meningkatkan kecepatan aliran air yang masuk. Kecepatan tertinggi berada pada bagian atas dan pada bagian samping atas memiliki turbulensi yang cukup tinggi.



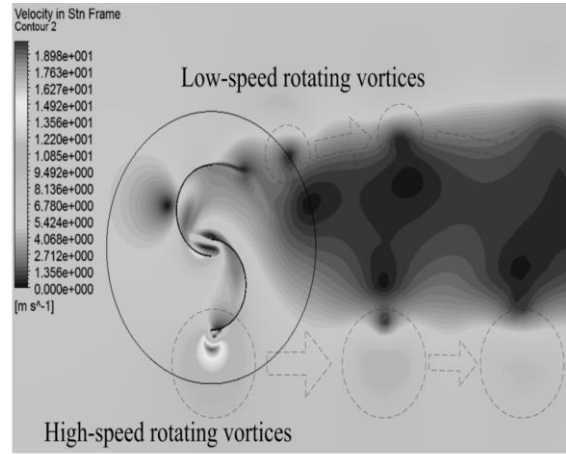
Gambar 2. Vektor kecepatan pada posisi turbin 120° Sumber: (Zhou & Rempfer, 2013)

Kontur kecepatan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kecepatan aliran semakin menurun pada bagian hilir. Distribusi kecepatan lebih besar terletak pada bagian tengah turbin Savonius. Turbin pada sudut 45° dan 90° dapat meningkatkan nilai torsi (Deb et al., 2013).



Gambar 3. Kontur kecepatan dengan posisi turbin 180°, Sumber: (Deb et al., 2013)

Vektor kecepatan yang ditunjukkan pada Gambar 4 memiliki pusaran aliran di dalamnya. Intensitas pusaran akan menurun seiring dengan waktu. Aliran bertekanan rendah muncul bersamaan dengan pusaran yang berputar. Pada turbin Savonius konvensional memiliki nilai torsi yang lebih rendah (Zhang et al., 2017).



Gambar 4. Vektor kecepatan pada turbin Savonius konvensional Sumber: (Zhang et al., 2017)

Perubahan sudut pada *rectifier* dan pemasangan yang sejajar akan mempengaruhi distribusi kecepatan pada hilir turbin Savonius, oleh sebab itu perlu dilakukan uji eksperimental mengenai dampak yang dihasilkan dari perubahan sudut ODGV (*Omni Directional Guide Vanes*) pada distribusi kecepatan aliran di hilir turbin hidrokinetik Savonius.

Parameter perhitungan

Menurut (Standar Nasional Indonesia, 2015) untuk menghitung kecepatan aliran yang didapat dari hasil pengujian digunakan beberapa persamaan diantaranya adalah sebagai berikut:

Pada kecepatan aliran di satu titik:

$$\bar{V} = V_{0,6} \tag{1}$$

Dengan \bar{V} adalah kecepatan aliran rerata (m/s) dan $V_{0,6}$ adalah kecepatan pada titik 0,6 h dari permukaan air pada saluran.

Pada kecepatan aliran di dua titik:

$$\bar{V} = \frac{V_{0,6} + V_{0,8}}{2} \tag{2}$$

$V_{0,8}$ adalah kecepatan pada titik 0,8 h dari permukaan air pada saluran.

Pada kecepatan aliran di tiga titik:

$$\bar{V} = \left[\left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} + V_{0,6} \right) \times \frac{1}{2} \right] \tag{3}$$

$V_{0,2}$ merupakan kecepatan di titik 0,2 h dari permukaan air pada saluran.

Kecepatan aliran pada tiap titik dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{R}{T} \tag{4}$$

$$N < n_i, V = p N + q \tag{5}$$

$$N > n_i, V = r N + s \tag{6}$$

N adalah perbandingan antara total putaran baling – baling *current meter* (R) dengan waktu pengambilan (T). n_i merupakan batasan nilai N yang digunakan dalam persamaan. Untuk simbol p, q, r dan s merupakan koefisien dari alat *current meter* yang digunakan.

METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan pada saluran prismatik. Gambar 5 desain dari *Omni Directional Guide Vanes* (ODGV) berdasarkan bentuk distribusi kecepatan. Bentuk *rectifier* persegi panjang bertujuan untuk menangkap aliran yang lebih besar pada saluran. *Rectifier* yang disusun dengan jumlah tertentu akan menjadi sebuah ODGV (*Omni Directional Guide Vanes*).

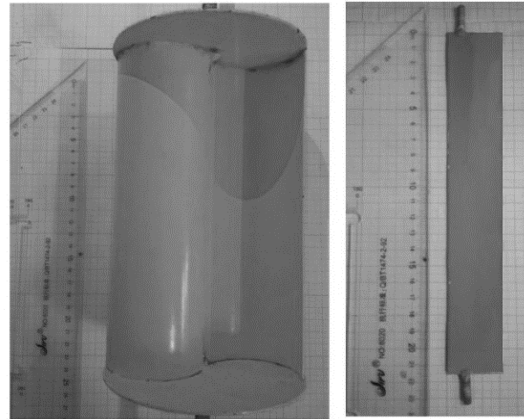


Gambar 5. Desain pembuatan ODGV

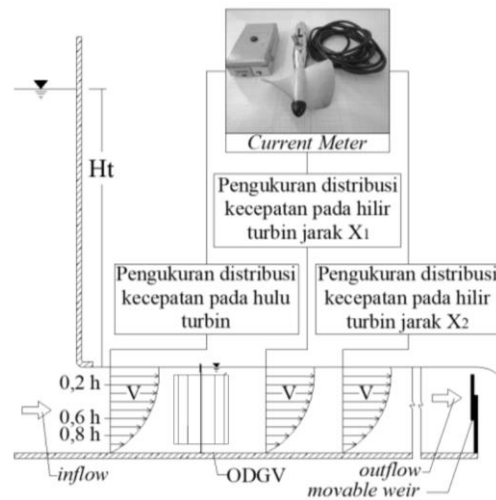
Dimensi desain turbin Savonius dan *rectifier* ditunjukkan pada Tabel 1. Gambar 6 merupakan hasil desain dari turbin Savonius dan *rectifier*.

Tabel 1. Letak susunan dan jumlah *rectifier* pada ODGV

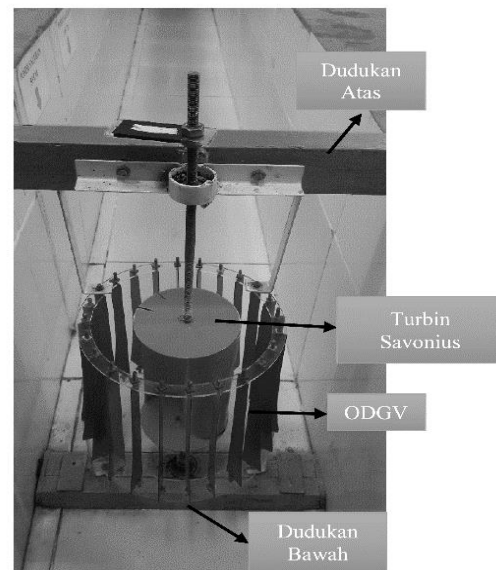
Komponen	Dimensi
Tinggi turbin (H)	21,6 cm
Diameter turbin (D)	12 cm
Jari – jari turbin (R)	6 cm
Jumlah <i>rectifier</i>	12 buah
Variasi sudut ODGV (θ)	0°, 15°, 30°
Jarak <i>guide vanes</i> dengan turbin	4 cm



Gambar 6. Desain turbin Savonius dan *rectifier*



Gambar 7. Skema pengambilan data pada pengujian semua variasi ODGV



Gambar 8. Turbin Savonius dengan ODGV yang digunakan dalam pengujian Data kecepatan aliran diambil tepat di posisi penempatan turbin dan pada bagian hilir turbin.

Data pada hilir turbin diambil pada jarak 25 cm dan 50 cm. Pengambilan data kecepatan aliran menggunakan alat *current meter*. Data kecepatan hanya diambil pada bagian tengah saluran saja ($x = 0,5$). Kecepatan aliran diambil pada setiap perbedaan kedalaman 2 cm dari permukaan air hingga mendekati dasar saluran.

Pengujian menggunakan tiga variasi kecepatan yaitu 0,11 m/s, 0,13 m/s dan 0,14 m/s. Variasi sudut ODGV yang digunakan pada pengujian dijelaskan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan pula pada turbin hidrokinetik Savonius untuk dijadikan perbandingan.

Perhitungan data kecepatan aliran menggunakan persamaan pada tiap titik. Berdasarkan nilai kalibrasi alat *current meter* yang digunakan dalam pengujian, sehingga menggunakan persamaan sebagai berikut:

Jika $N = 2,25$ maka menggunakan persamaan:

$$\bar{V} = (0,1266 \times N) + 0,0188 \quad (7)$$

Jika $N = 2,25$ maka menggunakan persamaan:

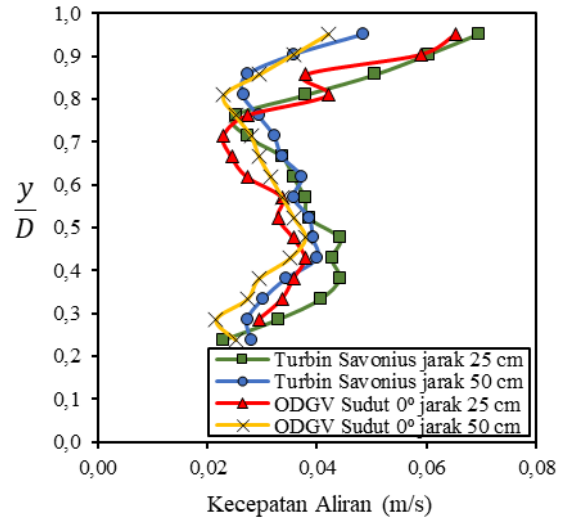
$$\bar{V} = (0,2506 \times N) + 0,0151 \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

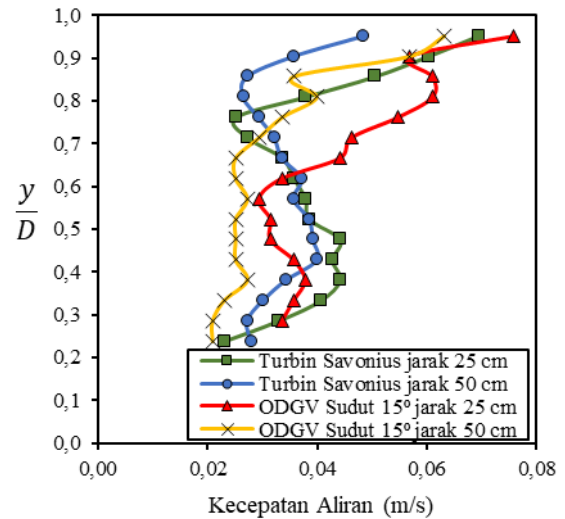
Dari hasil pengujian pada tiga variasi kecepatan, data yang didapat dianalisis menggunakan persamaan 7 dan persamaan 8. Data yang telah dianalisis diuraikan dalam grafik hubungan yang akan disajikan pada setiap kecepatan.

Nilai perbandingan $\frac{y}{D}$ didapatkan dari perbandingan antara posisi kedalaman *current meter* pada saluran (y) dengan kedalaman total air dalam saluran (D). Pada ODGV sudut 0° diperoleh bahwa *rectifier* sudut 0° dapat memperkecil kecepatan aliran pada hilir turbin. Kecepatan aliran antara ODGV sudut 0° dengan turbin Savonius berkurang sebesar 12,14% di hilir turbin 25 cm. Pada bagian hilir dengan jarak 50 cm berkurang sebesar 9,85%. Kecepatan aliran minimum terjadi pada perbandingan $\frac{y}{D} = 0,8$ dan $\frac{y}{D} = 0,2$. Kecepatan maksimum terjadi antara perbandingan $\frac{y}{D} = 0,6$

sampai dengan $\frac{y}{D} = 0,3$. Kecepatan aliran yang ditunjukkan Gambar 9 termasuk aliran dua dimensi. Partikel zat cair terus bergerak sepanjang saluran membuat kecepatan aliran berbeda pada semua titik sepanjang saluran.



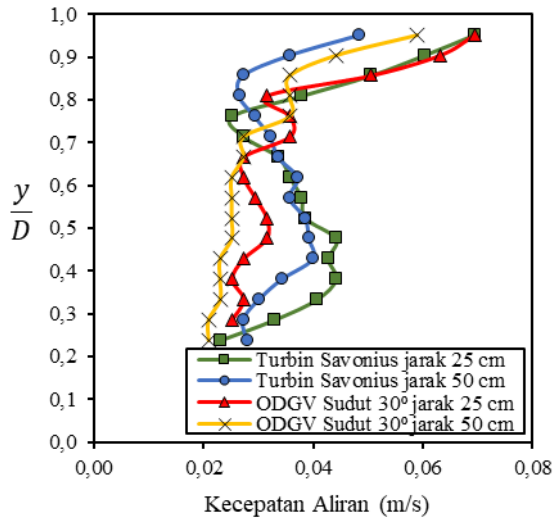
Gambar 9. Grafik hubungan antara $\frac{y}{D}$ terhadap kecepatan aliran (m/s) pada ODGV sudut 0°



Gambar 10. Grafik hubungan antara $\frac{y}{D}$ terhadap kecepatan aliran (m/s) pada ODGV sudut 15°

Gambar 10 menunjukkan bahwa dengan ditambahkannya sudut 15° berakibat memperkecil beberapa kecepatan aliran pada bagian hilir turbin. Kecepatan aliran dengan variasi *rectifier* sudut 15° lebih kecil dari kecepatan aliran pada jarak 25 cm dari turbin Savonius yaitu sebesar 7,20%. Pada jarak 50 cm di hilir turbin Savonius, kecepatan aliran

berkurang sebesar 7,26%. Kecepatan minimum dan maksimum pada *rectifier* sudut 0° memiliki pola yang sama dengan *rectifier* sudut 15° . Kecepatan aliran pada jumlah *rectifier* sudut 0° lebih kecil dari pada jumlah *rectifier* sudut 15° . Bentuk distribusi kecepatan aliran memiliki dua titik minimum yaitu pada perbandingan $\frac{y}{D} = 0,8$ dan $\frac{y}{D} = 0,2$.



Gambar 11. Grafik hubungan antara $\frac{y}{D}$ terhadap kecepatan aliran (m/s) pada ODGV sudut 30°

Rectifier sudut 30° memiliki bentuk distribusi kecepatan aliran yang lebih landai, ditunjukkan pada Gambar 11. Pada jarak 25 cm dan 50 cm memiliki kecepatan aliran yang hampir sama. Pada jarak 25 cm memiliki kecepatan aliran sebesar 0,0353 m/s, sedangkan kecepatan aliran pada jarak 50 cm adalah 0,0297 m/s. Kecepatan aliran di hilir turbin Savonius menggunakan saat *rectifier* sudut 30° berkurang masing-masing sebesar 12,24% dan 12,31%. Studi yang dilakukan oleh Setiawan et al., (2019), turbulensi terletak pada bagian belakang *blade* turbin. Gambar 11 menunjukkan hasil yang sama dengan studi yang dilakukan oleh Setiawan et al., (2019), hal ini dibuktikan dengan berubahnya pola distribusi kecepatan aliran pada hilir ODGV.

KESIMPULAN

Dari analisis hasil pengujian yang dilakukan, variasi sudut *rectifier* ODGV menyebabkan kecepatan aliran pada bagian hilir turbin menjadi lebih rendah. Hal ini berlaku pada semua variasi

kecepatan. Semakin besar penambahan sudut *rectifier* membuat bentuk distribusi kecepatan aliran semakin melandai. Pada variasi sudut *rectifier* 0° , kecepatan aliran pada hilir turbin berkurang sebesar 12,14% pada jarak 25 cm dan 9,85% pada jarak 50 cm dari kecepatan aliran pada hilir turbin Savonius. Bertambahnya sudut *rectifier* menyebabkan kecepatan aliran hilir turbin semakin mengecil. Untuk variasi *rectifier* sudut 30° , kecepatan aliran bagian hilir jarak 25 cm dan 50 cm berkurang masing-masing sebesar 12,24% dan 12,31% dari turbin Savonius. Pada *rectifier* variasi sudut 30° , kecepatan aliran pada bagian hilir yang dimiliki relatif sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alom, N., & Saha, U. K. (2018). Four Decades of Research into the Augmentation Techniques of Savonius Wind Turbine Rotor. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(5), 1–14.
- Altan, B. D., Atilgan, M., & Özdamar, A. (2008). An Experimental Study on Improvement of a Savonius Rotor Performance with Curtaining. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32(8), 1673–1678.
- Antomo, T., Kamiana, I. M., & Nindito, D. A. (2020). Analisis pengembangan hidrokinetik turbin gorlov akibat penambahan luas bidang tangkap. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 159–170.
- Chen, C. A., Huang, T. Y., & Chen, C. H. (2015). Novel plant development of a parallel matrix system of Savonius wind rotors with wind deflector. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 7(1), 1–15.
- Deb, B., Gupta, R., & Misra, R. D. (2013). Performance analysis of a helical Savonius rotor without shaft at 45° twist angle using CFD. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 7(1), 126–133.
- Elbatran, A. H., Ahmed, Y. M., & Shehata, A. S. (2017). Performance study of ducted nozzle Savonius water turbine, comparison with conventional Savonius turbine. *Energy*, 134, 566–584.
- Ichsan, N., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Dimensi Lebar Rectifier Guide Vanes terhadap Kinerja Turbin Hidrokinetik Savonius. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 96–107.
- Maldonado, R. D., Huerta, E., Corona, J. E., Ceh, O., León-Castillo, A. I., Gómez-Acosta, M. P., & Mendoza-Andrade, E. (2014). Design, Simulation and Construction of a Savonius Wind Rotor for Subsidized Houses in Mexico. *Energy Procedia*, 57, 691–697.

- Nindito, D. A. (2009). Pengaruh Profil Distribusi Kecepatan Terhadap Hasil Perhitungan Kecepatan Gesek pada Aliran Bersedimen di Lokasi Pengukuran Arah Transversal Saluran Tampang Segiempat. In *Jurnal PROTEKSI (Program Studi Teknik Sipil)*, 1, 8–15.
- Nindito, D. A., & Kamiana, I. M. (2010). Perencanaan Model Plta Skala Kecil Berbasis Teknologi Lokal Di Daerah Pemukiman Tepi Sungai. *Jurnal PROTEKSI (Program Studi Teknik Sipil)*: 2(2), 1–7.
- Nindito, D. A., Istiarto, I., & Kironoto, B. A. (2008). Simulasi Numeris Tiga Dimensi Kantong Lumpur Bendung Sapon. In *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*, 8(1), 712–724.
- Octauria, E. P., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Omni Directional Guide Vanes Terhadap Performa Turbin Hidrokinetik Darrieus. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 17(2), 95–108.
- Pratama, A., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Studi Eksperimental Sistem Pengarah Aliran Pada Turbin Hidrokinetik Archimedes Spiral. *Jurnal Teknik*, 19(1), 1–11.
- Rianti, D., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Pengaruh Kemiringan Straight Blade Terhadap Peningkatan Kemampuan Self-Starting Turbin Hidrokinetik Articulating H-Rotor. *Teknika: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 16(2), 78–88.
- Setiawan, P. A., Yuwono, T., & Widodo, W. A. (2018). Numerical simulation on improvement of a Savonius vertical axis water turbine performance to advancing blade side with a circular cylinder diameter variations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 200(1).
- Setiawan, P. A., Yuwono, T., & Widodo, W. A. (2019). Numerical Study of the Stagger Angle Effect of a Circular Cylinder Installed in front of Returning Blade Toward the Vertical Axis Savonius Water Turbine Performance. *Journal of Physics: Conference Series*, 1179(1).
- Wardani, C. S., Nindito, D. A., & Jaya, A. R. (2020). Inovasi Dan Desain Turbin Hidrokinetik Darrieus Berdasarkan Bentuk Distribusi Kecepatan Aliran. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 32–43.
- Yudistira, R., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021a). Kinerja Turbin Hidrokinetik Tornado Savonius. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(2), 181–186.
- Yudistira, R., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021b). Uji Eksperimental Pengembangan Turbin Hidrokinetik Savonius Berdasarkan Bentuk Profil Distribusi Kecepatan Aliran. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 1–11.
- Zhang, B., Song, B., Mao, Z., Tian, W., Li, B., & Li, B. (2017). A novel parametric modeling method and optimal design for Savonius wind turbines. *Energies*, 10(3).
- Zhou, T., & Rempfer, D. (2013). Numerical study of detailed flow field and performance of Savonius wind turbines. *Renewable Energy*, 51, 373–381.