

## Peningkatan Kinerja Rotor Savonius Dengan Mengembangkan Sudu Baru Berbasis Airfoil

<sup>(1)\*</sup>Rendi, <sup>(2)</sup>Budi Hartadi, <sup>(3)</sup>Muhammad Firman, <sup>(4)</sup>Muhammad Irfansyah

<sup>(1,2,3,4)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Kalimantan Jl. Adhyaksa No.2 Kayi Tangi Banjarmasin Kalimantan Selatan

\*Email: rendi.teknikmesin@gmail.com

Diterima: 14.06.2022 Disetujui: 06.09.2022 Diterbitkan: 10.09.2022

### ABSTRACT

*The development of new and renewable energy is currently a top priority for the international community, as energy needs continue to increase while fossil fuels are running low. The Savonius rotor turbine is one of the most widely used turbines but has low efficiency. This study aims to improve the performance of the Savonius turbine by developing a new blade based on airfoil which is simulated in CFD. There are 2 blade models to be simulated, namely the RD-1 model and the RD-2 model, then the simulation results are compared with the conventional blade. The results of the study can be said that the new airfoil-based blade can improve the performance of the Savonius turbine, the increase occurs in the TSR value which is better than the conventional blade. The highest  $C_p$  is 0.148 on the RD-2 model blade with a maximum TSR of 0.8*

**Keywords:** Savonius, simulation, airfoil

### ABSTRAK

Pengembangan energi baru dan terbarukan saat ini menjadi prioritas utama dunia Internasional ini tidak terlepas dari kebutuhan energi yang terus meningkat sedangkan bahan bakar fosil semakin menipis. Turbin rotor Savonius adalah salah satu turbin yang paling banyak di pakai tetapi memiliki efisiensi yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja turbin Savonius dengan mengembangkan sudu baru berbasis airfoil yang disimulasikan dalam CFD. Ada 2 model sudu yang akan disimulasikan yaitu model RD-1 dan model RD-2 kemudian hasil simulasi dibandingkan dengan sudu konvensional. Hasil penelitian dapat dikatakan bahwa sudu baru berbasis airfoil dapat meningkatkan kinerja turbin Savonius, peningkatan terjadi pada nilai TSR yang lebih baik dibandingkan dengan sudu konvensional.  $C_p$  tertinggi yaitu 0.148 pada sudu model RD-2 dengan TSR maksimum 0.8

**Kata Kunci :** Savonius, simulasi, airfoil

### I. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir pengembangan energi baru dan terbarukan di berbagai Negara pesat dilakukan dan telah menjadi prioritas Internasional . Hal ini tidak terlepas dari kebutuhan energi yang semakin hari semakin meningkat. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan seperti energi angin dan energi air adalah solusi alternatif yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi dari angin dan air adalah turbin. Turbin digolongkan kedalam 2 jenis yaitu turbin angin dan turbin air yang di golongkan lagi ke dalam beberapa model rotor,

salah satunya adalah model rotor Savonius. Rotor Savonius adalah salah satu jenis rotor yang paling unggul bila dibandingkan dengan jenis rotor lain. Keunggulan itu adalah mampu di operasikan di aliran angin dan mampu di operasikan di aliran air, tidak membutuhkan aliran yang cepat, star awal baik, konstruksi murah dan bisa di posisikan secara vertikal maupun secara horizontal, tetapi juga turbin ini masih memiliki kelemahan diantara kelemahannya adalah menimbulkan getaran yang besar, selisih torsi negatif dan torsi positif pada sudu kecil, kinerja juga relatif sangat rendah.

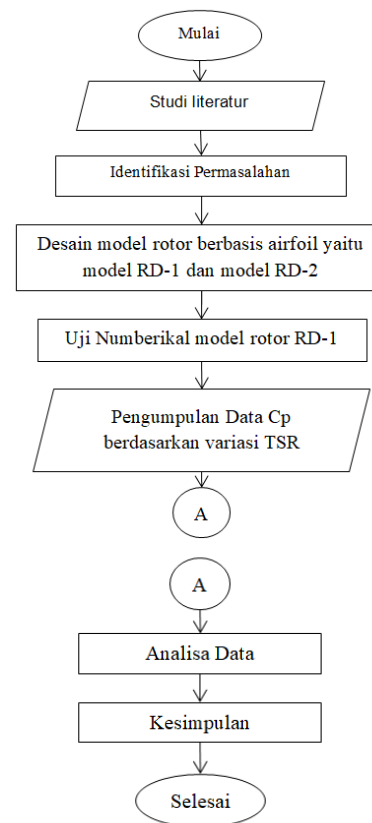
Ada beberapa solusi yang pernah dilakukan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan pada rotor Savonius diantaranya adalah mengubah parameter aspect ratio (Kamoji et al., 2009), overlap ratio (Khan & Energy, 2009), end plate ratio (Jeon et al., 2015), propil sudu (Ostos et al., 2019), dan jumlah sudu (Saha et al., 2008). Selain itu ada beberapa penelitian yang mencoba menggabungkan antara turbin rotor Daruis dan turbin rotor Savonius (Pan et al., 2019). Selain mengoptimalkan parameter-parameter desain tersebut, ada beberapa peneliti yang menggunakan teknik augmentasi seperti menambahkan plat deflektor (Alom & Saha, 2019), menambahkan pengaruh baling-baling (Manganhar et al., 2019) menambahkan kotak pemandu arah aliran dan menambahkan slinder pengganggu di depan sudu turbin untuk mengurangi torsi negatif pada rotor turbin dan sekaligus dapat memaksimalkan aliran angin.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa dengan mengubah parameter-parameter desain seperti aspect ratio, overlap ratio, end plate, propil sudu dan jumlah sudu dapat meningkatkan kinerja turbin dan teknik augmentasi juga dapat meningkatkan kinerja turbin. Kedua metode ini sudah umum dilakukan bahkan bila dengan teknik aquemntasi diterapkan, maka akan membuat desain turbin lebih rumit hal ini tentu membuat turbin angin sovonius ini tidak sederhana lagi. Pada penelitian ini metode yang di tawarkan untuk meningkatkati kinerja turbin rotor Savonius adalah mengembangkan sudu baru. Sudu baru yang dikembangkan diharapkan bekerja tidak hanya memanfaatkan gaya drag tapi juga mampu memanfaatkan gaya lift. Pada kasus ini, peneliti mencoba mengembangkan sudu baru turbin Savonius Berbasis Airfoil.

## II. Bahan dan Metode

### II.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian Untuk meningkatkan kinerja rotor Savonius yaitu dengan mengembangkan sudu baru berbasis airfoil



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

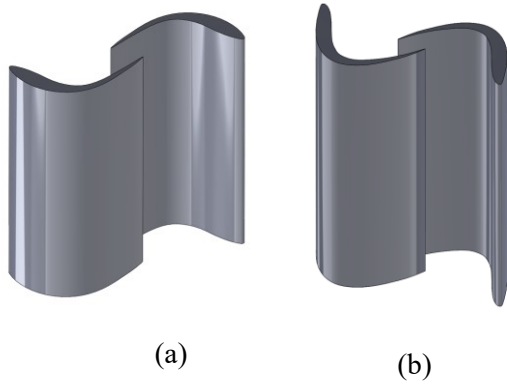
### II.2. Desain Rotor

Tinggi turbin di rancang berukuran 32 cm dengan aspek, rasio, AR = 1,0. Perancangan ini didasarkan pada penelitian Patel et al (2016). Spesifikasi rancangannya pada tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi Rancangan Turbin

No	Parameter	Ukuran	Satuan
1	Tinggi	32	cm
2	Diameter	32	cm
3	OR	0.1	-
4	AR	1.0	-
5	Jumlah Sudu	2	buah

Pada penelitian ini, rotor Savonius dibuat dalam 2 model yaitu model 1 dinamakan dengan RD-1 ditunjukkan pada gambar 2(a) dan model 2 dinamakan dengan RD-2 ditunjukkan pada gambar 2(b)



Gambar 2 (a) Sudu Model RD-1 dan (b) Sudu Berentuk Model RD-2

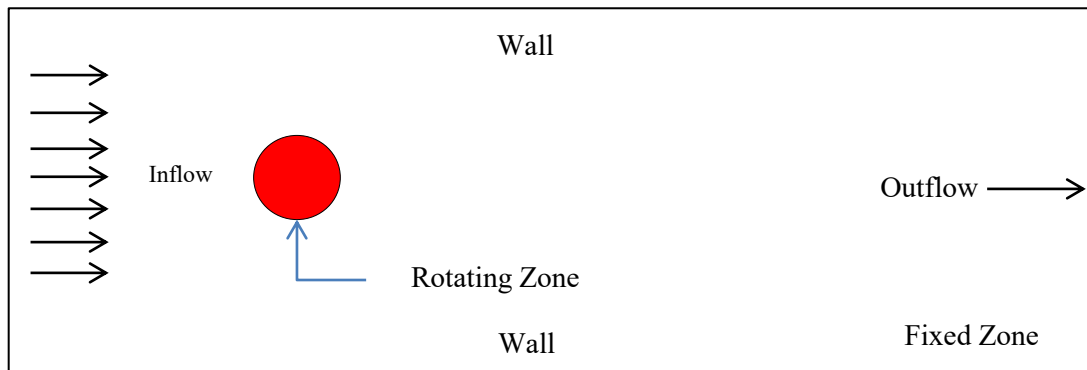
#### II.4. Permodelan Numerik

Untuk menganalisa kinerja rotor dilakukan permodelan secara numerik, Aplikasi yang digunakan untuk permodelan numerik adalah ANSYS - Fluent versi 2020. Untuk mendapatkan kinerja rotor, pada

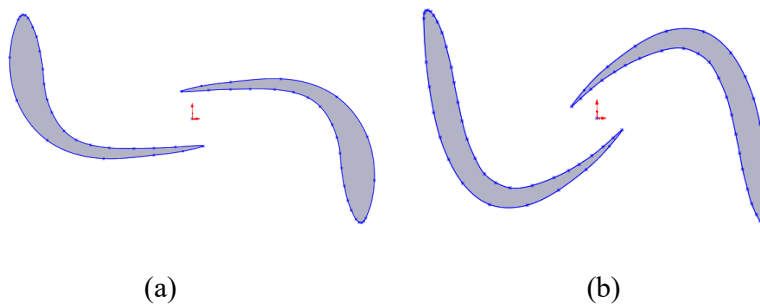
penelitian ini dilakukan permodelan putaran rotor. Untuk analisa pada penelitian ini kami menggunakan pendekatan SMM (Sliding Mesh Model) yang memungkinkan prediksi lebih akurat dari interaksi yang tidak stabil antara rotor dan aliran fluida yang masuk. Untuk pendekatan numerik kami rangkum dalam subbab berikut:

#### II.3. Domain Komputasi

Untuk domain komputasi, pada penelitian ini domain komputasi yang kami gunakan dimodelkan dalam bentuk 2 dimensi (gambar 4) yang mana domain tersebut di buat dalam dua wilayah yaitu 1). Wilayah Fixed Zone dan 2). Wilayah Rotating Zone. Seperti pada gambar 3



Gambar 3 Tata letak domain 2D komputasi

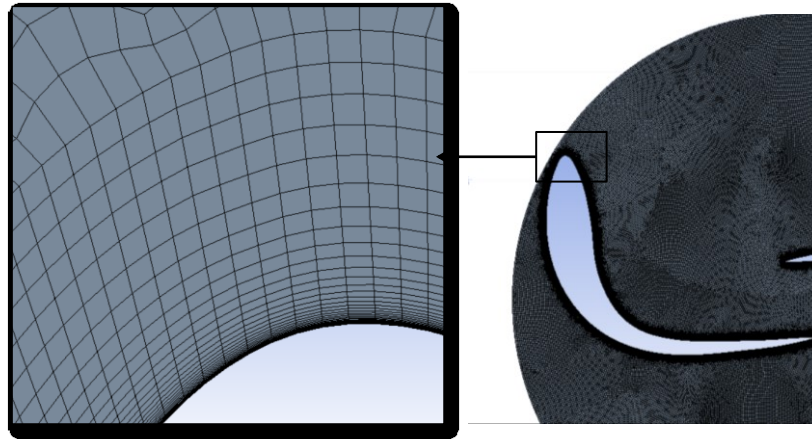


Gambar 4 (a) Desain Sudu Berentuk Airfoil Model RD-1 dan (b) Desain Sudu Berentuk Airfoil Model RD-2 disajikan dalam 2 dimensi

#### II.5. Pengaturan Mesh

Pada penelitian ini mesh yang digunakan yaitu model mesh multi block terstruktur yaitu

dengan jumlah Nodes 560666 dan Elements 558246 seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 5 Detail Mesh

## II.6. Perhitungan Kinerja

Parameter kinerja yaitu koefisien daya dan koefisien torsi, telah diperoleh sebagai fungsi dari tip rasio kecepatan pada setiap posisi sudut rotor. Koefisien daya  $C_p$  dan koefisien torsi  $C_m$  didefinisikan masing-masing sebagai:

Koefisien tenaga ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho v^3 A} \dots \dots \dots (1)$$

Koefisien moment ( $C_m$ )

$$C_m = \frac{|M|}{\frac{1}{2} \rho v^2 AR} \dots \dots \dots (2)$$

Tsr Tip Speed Ratio (TSR)

$$\lambda = \frac{|\omega| R}{v} \dots \dots \dots (3)$$

## II.7. Metode Numerik

Dalam kajian ini, simulasi dinamika fluida menggunakan Computational Fluid Dynamics (Cfd) ini dilakukan untuk dapat mempelajari karakteristik aliran aliran turbulen di sekitar rotor. Persamaan matematika didasarkan pada persamaan Navier Stokes.

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0$$

Persamaan momentum

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial(-\rho u_i u_j)}{\partial x_j}$$

Dimana  $(-\rho u_i u_j)$  didefinisikan sebagai :

$$(-\rho u_i u_j) = \mu_t \left( \frac{\partial x_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}$$

Dalam penelitian ini, kami telah menggunakan k-ε turbulensi model. Persamaan transportasi untuk kinetika turbulen adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \\ &+ G_k - \rho \varepsilon \\ \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i \varepsilon)}{\partial x_i} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \\ &+ C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \varepsilon \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned}$$

Viskositas turbulen ditrtukan oleh :

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \dots \dots \dots (4)$$

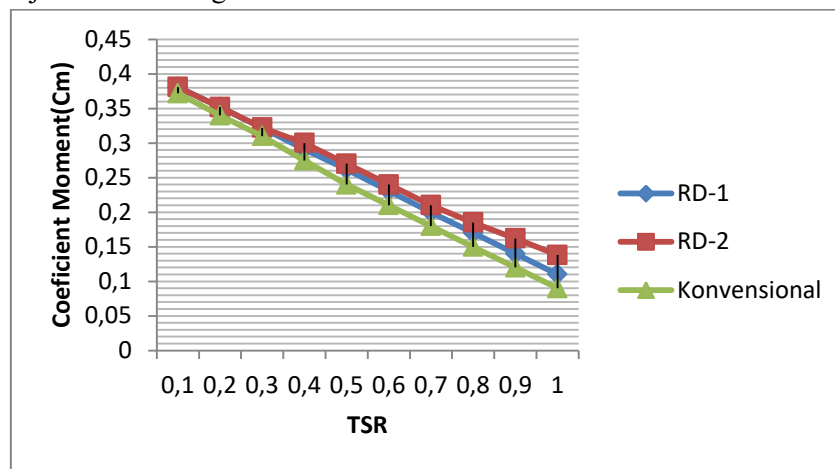
## III. Hasil dan Pembahasan

### III.1. Koefisien Moment

Gambar 6 merupakan grafik perbandingan antara koefisien momen ( $C_m$ ) terhadap Tip Speed Ratio (TSR) pada tiap model sudu. Pada gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa koefisien momen ( $C_m$ ) mengalami penurunan seiring meningkatnya Speed Ratio (TSR) hal ini wajar terjadi karena secara teoritis turbin yang berputar dengan kecepatan rendah (TSR kecil) lebih banyak menyerap energi angin sebaliknya apabila turbin berputar dengan kecepatan tinggi (TSR besar) maka akan sedikit sekali energi angin yang mampu di serap oleh turbin. Dalam hal ini yang perlu

diperhatikan adalah model sudu mana yang mampu menyerap energi angin lebih baik baik pada nilai TSR kecil maupun pada nilai TSR besar. Dari tiga model sudu yang di ujicoba yaitu model sudu RD-1, RD-2 dan Konvensional ternyata model sudu RD-2 yang paling maksimal untuk menyerap energi angin hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien momen yang tinggi diantara sudu model RD-1 dan sudu model konvensional. Lebih jelasnya adalah sebagai berikut : Sudu model konvensional memiliki koefisien momen ( $C_m$ ) rata-rata kalau di tinjau dari rentang TSR 01

sampai 1.0 adalah 0.22, untuk model sudu RD-1 memiliki koefesien momen ( $C_m$ ) rata-rata kalau di tinjau dari rentang TSR 01 sampai 1.0 adalah 0.24 sedangkan sudu model RD-2 memiliki koefesien momen ( $C_m$ ) rata-rata kalau di tinjau dari rentang TSR 01 sampai 1.0 adalah 0.26. Dari perbandingan ini dapat dikatakan bahwa Sudu model RD-2 memiliki nilai rata-tara lebih besar sehingga dapat dikatakan bahwa sudu model RD-2 bila ditinjau dari koefesien momen ( $C_m$ ) adalah lebih baik bila dibandingkan dengan sudu model konvensional dan RD-1

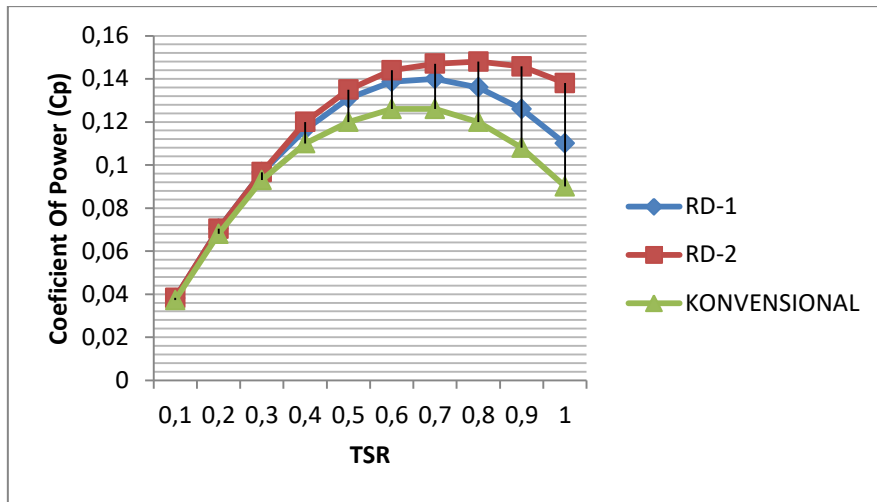


Gambar 6 Grafik Perbandingan koefisien momen ( $C_m$ )

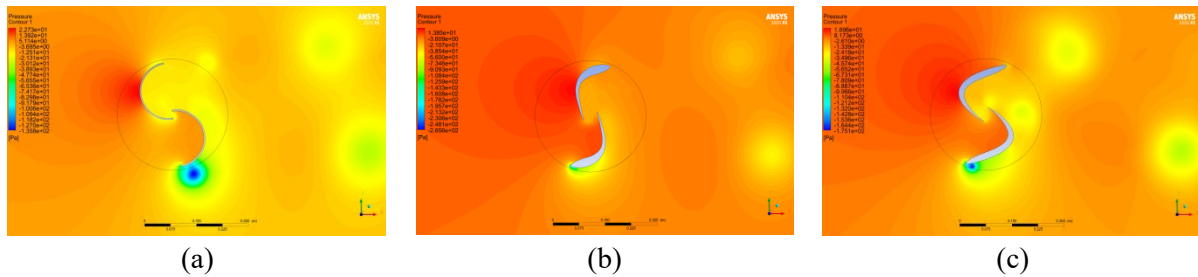
### III.2. Koefesien Daya

Dengan melakukan perkalian antara koefesien momen ( $C_m$ ) terhadap terhadap Tip Speed Ratio (TSR) diperoleh nilai koefesien daya ( $C_p$ ). Gambar 7 merupakan grafik perbandingan antara koefesien daya ( $C_p$ ) terhadap Tip Speed Ratio (TSR) pada tiap model sudu. Pada gambar 7 menunjukkan bahwa koefesien daya ( $C_p$ ) sudu konvensional mengalami peningkatan pada TSR 0.1 sampai TSR 0.6 dan menurun secara drastis pada TSR 0.7 hal ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, hal ini bisa terjadi karena kemampuan sudu konvensional menangkap energi angin cukup rendah pad saat TSR besar yaitu TSR diatas 0.6. selanjutnya koefesien daya ( $C_p$ ) untuk sudu model RD-1 juga mengalami peningkatan pada TSR 0.1 sampai TSR 0.6 dan menurun secara drastis pada TSR 0.7 hal ini hampir sama dengan model sudu konvensional sama-sama tidak mampu

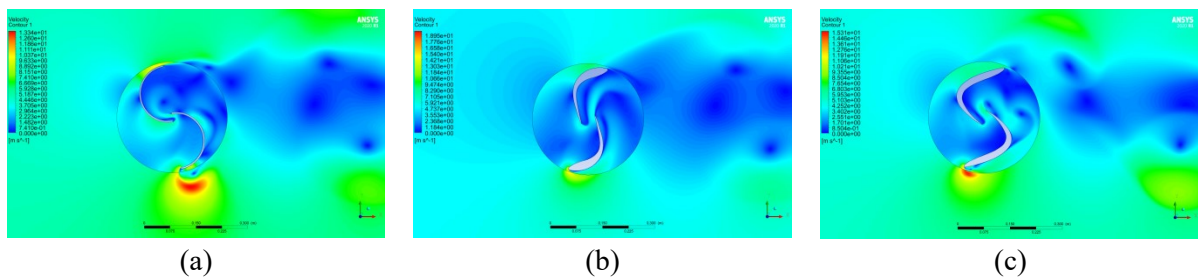
menyerap energi angin pada saat TSR nya diatas 0.6. Sedangkan koefesien daya ( $C_p$ ) model sudu RD-2 mengalami peningkatan pada TSR 0.1 sampai TSR 0.8 dan menurun secara perlahan pada TSR 0.9 sampai 0.1. Dari tinjaun koefesien daya ( $C_p$ ) dapat dikatakan bahwa sudu model RD-2 memiliki performa yang lebih baik bila dibandingkan dengan sudu model konvensional dan sudu model RD-1. Dengan menggunakan sudu model RD-2 maka memungkinkan turbin mampu berputar lebih tinggi dan menghasilkan daya yang lebih besar karena kecendrungan tren grafiknya adalah mempertahankan nilai koefesien daya ( $C_p$ ) pada TSR yang lebih besar hal ini tentu sangat menguntungkan apabila turbin angin model sudu RD-2 ini di terapkan pada lokasi-lokasi yang memiliki kecepatan angin tinggi.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Koefisien Daya (CP)



Gambar 8. Kontur Tekanan



Gambar 9. Kontur Kecepatan

### III.3 Kontur Kecepatan dan Tekanan

Pada Gambar 8 merupakan hasil kontur dari tekanan dan Gambar 9 adalah hasil kontur kecepatan yang bekerja pada turbin angin dengan model sudu yaitu sudu konvensional, model RD-1 dan model RD-2. Gambar 9 menunjukkan dapat dilakukan perbandingan kontur tekanan untuk setiap model sudu. Pada gambar kontur tekanan dan kecepatan tersebut dapat dilihat aliran angin mengarah dari inlet menuju outlet. Pada masing-masing daerah turbin pada gambar 8 dan gambar 9 terdapat tiga model sudu yaitu : (a) model sudu konvensional, (b) model sudu

pengembangan baru berbasis airfoil RD-1, dan model sudu pengembangan baru berbasis airfoil RD-2. Pada gambar 8 dan 9 untuk setiap variasi sudu juga telah dipetakan tiga daerah, yaitu daerah nomor 1 merupakan daerah sudu terbuka, daerah nomor 2 merupakan daerah sudu tertutup dan daerah nomor 3 merupakan daerah belakang. Daerah tersebut dipetakan untuk mengetahui perbedaan nilai kontur untuk setiap model sudu. Diketahui bahwa persebaran tekanan atau distribusi tekanan ini juga dapat menggambarkan gaya drag yang diterima oleh sudu turbin terutama pada sudu terbuka untuk memutar turbin sehingga hasil

perolehan nilai tekanan tersebut dapat dikaitkan dengan hasil perolehan nilai torsi dan

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada model sudu Savonius pengembangan baru berbasis airfoil model RD-1 dan model RD-2 yang dibandingkan dengan sudu konvensional bahwa sudu baru berbasis airfoil dapat meningkatkan kinerja turbin Savonius, peningkatan terjadi pada nilai TSR yang lebih baik dibandingkan dengan sudu konvensional.  $C_p$  tertinggi yaitu 0.148 pada sudu model RD-2 dengan TSR maksimum 0.8

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Islam Kalimantan yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Pemula Tahun Anggaran 2021/2022.

#### Daftar Pustaka

- Alom, N., & Saha, U. K. (2019). Influence of blade profiles on Savonius rotor performance: Numerical simulation and experimental validation. *Energy Conversion and Management*, 186(October 2018), 267–277.
- Arifin, J., 2019. Desain Diffuser Turbin Air Arus Sungai untuk Meningkatkan Laju Arus Sungai. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Hartadi, B., 2022. Pengaruh Kelengkungan Deflektor Turbin Savonius Modifikasi Untuk Turbin Hidrokinetik. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(1).
- Hatradi, B., Irfansyah, M. and Puteri, P., 2021. Desain Underwater Rotor Untuk Memanfaatkan Laju Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), pp.77-82.
- Jeon, K. S., Jeong, J. I., Pan, J. K., & Ryu, K. W. (2015). Effects of end plates with various shapes and sizes on helical hasil perhitungan koefisien momen (Cm) Savonius wind turbines. *Renewable Energy*, 79(1), 167–176.
- Kamoji, M. A., Kedare, S. B., & Prabhu, S. V. (2009). Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor. *Applied Energy*, 86(7–8), 1064–1073.
- Khan, N., & Energy, N. (2009). *Performance of Savonius rotor as a water current turbine*. April 2016.
- Manganhar, A. L., Rajpar, A. H., Luhur, M. R., Samo, S. R., & Manganhar, M. (2019). Performance analysis of a savonius vertical axis wind turbine integrated with wind accelerating and guiding rotor house. *Renewable Energy*, 136, 512–520.
- Pan, H., Li, H., Zhang, T., Laghari, A. A., Zhang, Z., Yuan, Y., & Qian, B. (2019). A portable renewable wind energy harvesting system integrated S-rotor and H-rotor for self-powered applications in high-speed railway tunnels. *Energy Conversion and Management*, 196(May), 56–68.
- Ostos, I., Ruiz, I., Gajic, M., Gómez, W., Bonilla, A., & Collazos, C. (2019). A modified novel blade configuration proposal for a more efficient VAWT using CFD tools. *Energy Conversion and Management*, 180(November 2018), 733–746.
- Rendi, R., Arifin, J., Mujiburrahman, M. And Trianiza, I., 2020. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikrohidro Di Sungai Pintab Dan Sungai Amandit Kalimantan Selatan. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), Pp.46-52.
- Rendi, R. and Herlina, F., 2019. Penambahan Lingkaran Pelindung Pada Turbin Air Rotor Savonius. *INFO-TEKNIK*, 20(2), pp.237-254.
- Rendi, R. and Sidiq, A., 2018. Pengaruh Twist Angle Blade Turbin Savonius Berpengaruh Aliran Aplikasi Pada Turbin Air. *INFO-TEKNIK*, 19(2), pp.203-210.

Rendi, R., 2017. Analisa Distribusi Tekanan dan Aliran Disekitar Rotor Savonius Water Turbine. *AL JAZARI: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 2(1).

Savonius rotor through wind tunnel experiments. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(8–9), 1359–1375.

Saha, U. K., Thotla, S., & Maity, D. (2008). Optimum design configuration of