

Wind Flow Analysis on Software-Based U-Type Savonius Wind Turbine Blades Using Solidworks Flow Simulation

Muhammad Aulia¹, Randi Purnama Putra¹, Andre Kurniawan¹, Fitriah Qalbina¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

Corresponding author: muhammadd.auliaaa@gmail.com

Received January 1st 2026; Revised January 22th 2026; Accepted January 28th 2026

Abstract

Savonius wind turbines are a type of vertical axis wind turbines that work based on the principle of drag force. The way this turbine works begins with a gust of wind that hits the turbine blades which are generally semi-cylindrical or resemble the letter "U". When the wind blows, the side of the blade facing directly in the direction of the wind will receive a greater thrust, while the side of the blade facing the wind will receive a smaller thrust, resulting in a difference in force that causes the turbine to rotate. This study aims to analyze the performance of savonius wind turbines based on the value of power coefficient (C_p) and torque coefficient (C_t) at wind speed variations. The method used in this study is a numerical method with a Computational Fluid Dynamics (CFD) approach. Simulations were carried out at wind speed variations of 3 m/s, 5 m/s, and 7 m/s to determine the effect of changes in wind speed on the flow characteristics and performance of the turbine. The simulation results showed that the value of the power coefficient (C_p) and the torque coefficient (C_t) were in the range of 0.140 to 0.157. This value changes as the wind speed increases, which shows that the variation in wind speed affects the performance of the savonius wind turbine. Based on these results, it can be concluded that the Savonius wind turbine has good potential to be used in areas with low to medium wind speeds.

Keywords: Savonius Wind Turbine; Power Coefficient; Torque Coefficient; CFD; Wind Speed

Analisis Aliran Angin pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software Menggunakan *Solidworks Flow Simulation*

Abstrak

Turbin angin savonius merupakan salah satu jenis turbin angin sumbu vertical yang bekerja berdasarkan prinsip gaya seret (*drag force*). Cara kerja turbin ini berawal dari hembusan angin yang mengenai sudu (bilah) turbin yang umumnya berbentuk setengah silinder atau menyerupai huruf “U”. Ketika angin bertiup, sisi sudu yang menghadap langsung ke arah datangnya angin akan menerima gaya dorong yang lebih besar, sedangkan sisi sudu yang membelakangi arah angin menerima gaya dorong yang lebih kecil, sehingga menghasilkan perbedaan gaya yang menyebabkan turbin berputar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa turbin angin savonius berdasarkan nilai koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t) pada variasi kecepatan angin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik dengan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi dilakukan pada variasi kecepatan angin sebesar 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap karakteristik aliran dan performa turbin. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t) berada pada rentang 0,140 hingga 0,157. Nilai tersebut mengalami perubahan seiring dengan meningkatnya kecepatan angin, yang menunjukkan bahwa variasi kecepatan angin berpengaruh terhadap performa turbin angin savonius. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa turbin angin Savonius memiliki potensi yang baik untuk dimanfaatkan pada daerah dengan kecepatan angin rendah hingga sedang.

Kata kunci: Turbin Angin Savonius, Koefisien Daya, Koefisien Torsi, CFD, Kecepatan Angin

I. PENDAHULUAN

Krisis energi global serta dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan bakar fosil secara berlebihan telah mendorong berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mengembangkan dan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar adalah energi angin. Sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang panjang, Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup melimpah, khususnya di wilayah pesisir, dengan kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3–7 m/s. Kondisi ini menjadikan pemanfaatan turbin angin skala kecil sebagai solusi yang relevan untuk mendukung kebutuhan energi di daerah dengan kecepatan angin rendah hingga sedang (Eriksson, 2008).

Salah satu jenis VAWT yang banyak dikembangkan adalah turbin angin Savonius, yang bekerja berdasarkan prinsip gaya seret (*drag force*). Turbin ini memiliki keunggulan berupa struktur sederhana, biaya rendah, dan torsi awal yang tinggi, namun memiliki efisiensi relatif rendah akibat munculnya gaya balik (*counter torque*). Oleh karena itu, pengembangan desain sudu, khususnya sudu tipe-U, menjadi aspek penting untuk meningkatkan performa turbin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa variasi geometri sudu tipe-U dapat meningkatkan distribusi tekanan, torsi, dan efisiensi turbin, sehingga berpotensi diterapkan pada turbin angin skala kecil di daerah berkecepatan angin rendah (Hariyanto et al., 2018).

Seiring perkembangan teknologi, metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menjadi alternatif yang efisien dalam menganalisis dan mengoptimasi desain turbin angin dibandingkan metode eksperimental. CFD memungkinkan analisis detail terhadap pola aliran, distribusi tekanan, serta gaya aerodinamis yang bekerja pada sudu. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa variasi geometri sudu dan kondisi aliran, seperti sudut fase dan kecepatan angin, berpengaruh signifikan terhadap koefisien daya dan koefisien torsi turbin Savonius (Mohamed et al., 2025).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis aliran angin di sekitar sudu turbin angin Savonius tipe-U menggunakan perangkat lunak SolidWorks Flow Simulation. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan angin terhadap koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t), sebagai upaya mendukung pengembangan turbin angin Savonius yang lebih efisien dan aplikatif untuk kondisi angin rendah di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

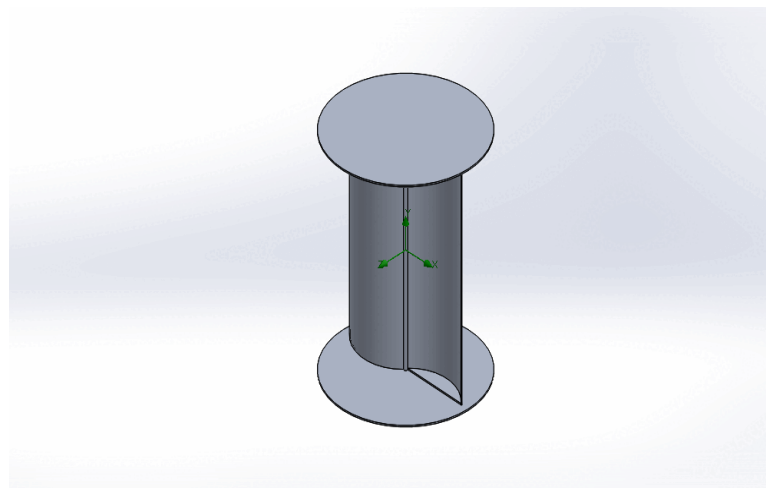
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik dengan memanfaatkan fitur *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang tersedia pada perangkat lunak SolidWorks 2019, khususnya melalui modul *Flow Simulation*. SolidWorks *Flow Simulation* mampu mensimulasikan aliran fluida, baik dalam kondisi laminar maupun turbulen. Pada penelitian ini, *Flow Simulation* digunakan untuk melakukan pemodelan tiga dimensi serta menganalisis pengaruh variasi kecepatan aliran udara di sekitar sudu turbin angin Savonius terhadap karakteristik performanya.

1. Desain Turbin Savonius

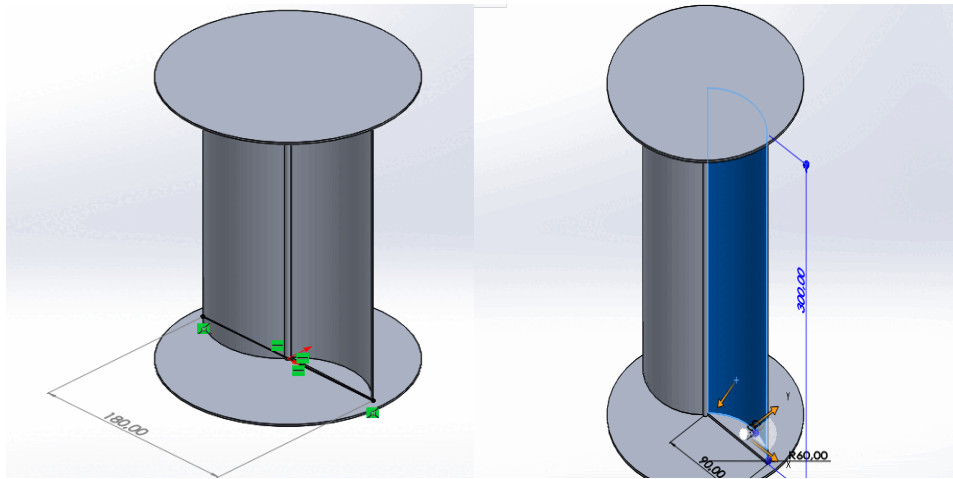
Pembuatan desain turbin savonius ini menggunakan software Solidworks. Adapun pada tabel 1 dan kemudian gambar 1, dan gambar 2 yang merupakan desain dan geometri tiga dimensi turbin savonius.

Tabel 1. Ukuran Turbin

Tabel parameter	Dimensi turbin (mm)
Diameter turbin	180
Tinggi turbin	300



Gambar 1. Turbin Angin



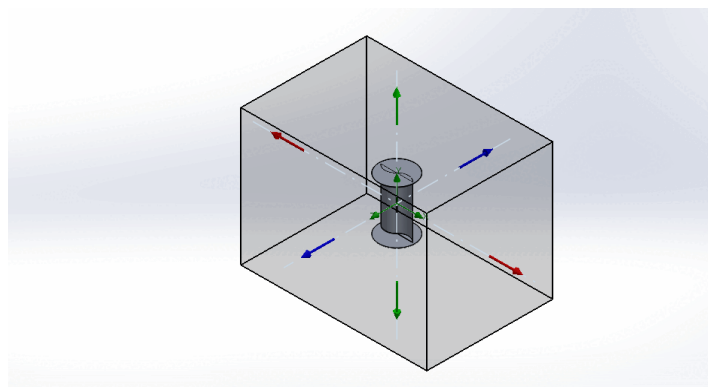
Gambar 2. Diameter dan Tinggi Turbin Angin

2. Simulasi Turbin Savonius

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan fluid domain sebagai boundary condition untuk menganalisis aliran fluida melewati turbin magnus pada kapal tanker di wind tunnel. Untuk model ini, kondisi batas terdiri dari dinding (atas, bawah, kanan, dan kiri), *inlet* sebagai area untuk memasukkan properti berupa aliran udara yang masuk, dan *outlet* sebagai batas *control surface* analisis pada model uji bagian atas dan bawah dinding. Pada tabel 2 menampilkan parameter dari boundary condition dan gambar 3 diperlihatkan pembuatan fluid domain

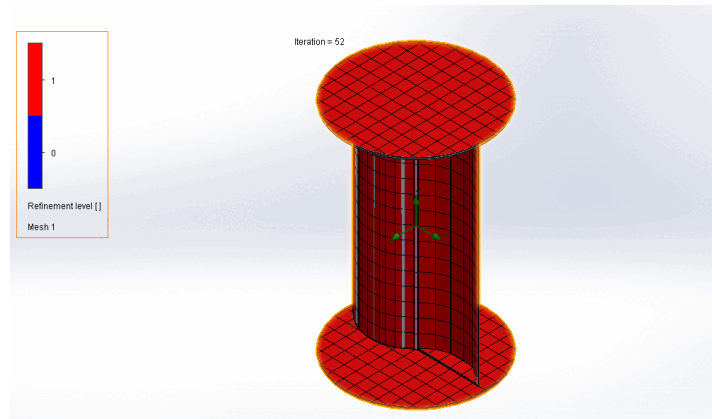
Tabel 2. Parameter Boundary Conditions

No	Nama	Type Boundary	Keterangan
1	Inlet	Velocity Inlet	Velocity Magnitude: 3 m/s, 5 m/s, 7 m/s
2	Outlet	Pressure Outlet	Gauge pressure: 101325 Pa
3	Body	Wall	Shear condition: <i>specified shear</i>
4	Top	Wall	Shear condition: <i>specified shear</i>
5	Bottom	Wall	Shear condition: <i>specified shear</i>
6	Left	Wall	Shear condition: <i>specified shear</i>
7	Right	Wall	Shear condition: <i>specified shear</i>



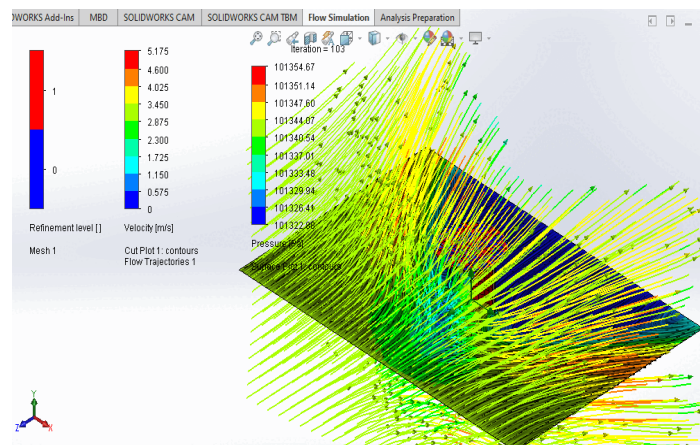
Gambar 3. Pemberian Nama Kondisi Batas Pada Domain

Proses pembuatan meshing dapat dilakukan setelah membuat domain fluida. Meshing merupakan tahapan yang merubah komponen atau benda kerja ke bentuk elemen kecil. Tahap ini sangat penting dalam simulasi *fluent* maupun struktur, karena mesh yang berkualitas baik akan memberikan tingkat akurasi yang tinggi pada hasil simulasi yang diperoleh. Pada gambar 4 menampilkan hasil meshing.



Gambar 4. Pembuatan *Meshing*

Setelah melakukan input data seperti nilai boundary condition, meshing, proses selanjutnya adalah melakukan proses *setup*. Pada gambar 5 menampilkan hasil *setup*.



Gambar 5. Proses *Setup*

III. HASIL PENELITIAN

Setelah dilakukan proses setup menggunakan *Solidworks flow simulation* pada turbin angin savonius, diperoleh hasil simulasi berupa nilai torsi untuk variasi kecepatan udara sebesar 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s dalam domain simulasi. Hasil tersebut disajikan pada tabel 3.

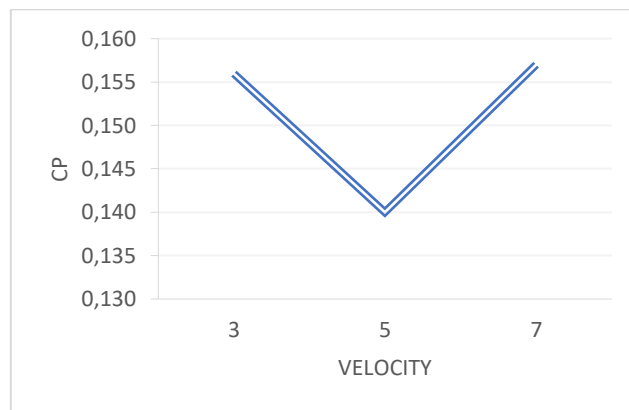
Tabel 3. Hasil Nilai C_p dan C_T

No	Kecepatan Aliran Udara (m/s)	Torsi	Koefisien Daya (C_p)	TSR	Koefisien Torsi (C_T)
1	3	0,0040	0,156	1	0,156
2	5	0,010	0,140	1	0,140
3	7	0,022	0,157	1	0,157

IV. PEMBAHASAN

1. Analisis Koefisien Daya

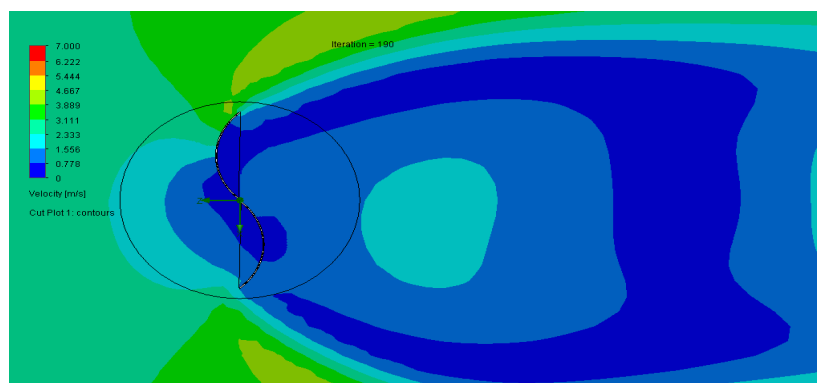
Koefisien daya (C_p) adalah parameter utama yang digunakan untuk menilai efisiensi turbin angin dalam mengonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada porosnya. Nilai C_p dihitung dengan membandingkan daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin dengan daya angin yang masuk ke dalam sistem. Pada gambar 6 menunjukkan data perbandingan nilai C_p pada *velocity* untuk kecepatan aliran udara 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s.



Gambar 6. Grafik Koefisien Daya (C_p)

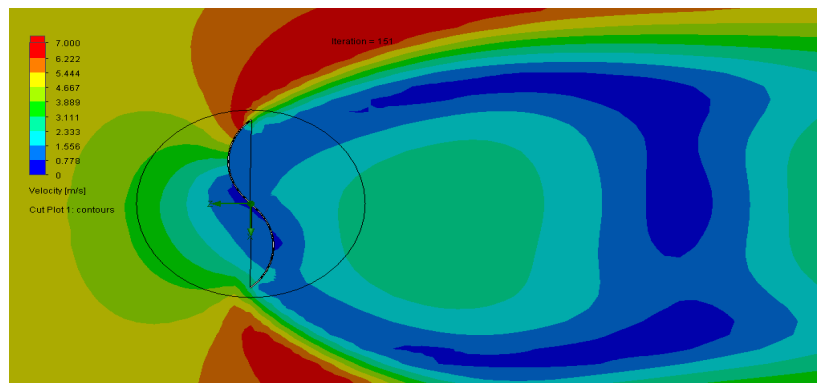
Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa koefisien daya tertinggi tercapai pada kecepatan angin 7 m/s, dengan nilai C_p sebesar 0,157. Nilai ini kemudian mengalami penurunan kecil menjadi 0,140 pada kecepatan angin 5 m/s dan sedikit naik kembali menjadi 0,156 pada 3 m/s. Fluktuasi nilai C_p yang terbilang sangat kecil ini menunjukkan bahwa turbin mampu mempertahankan kinerjanya dengan stabil di berbagai kecepatan angin, yang mencerminkan kestabilan performa sistem secara keseluruhan. Dengan kata lain, turbin yang dirancang dapat mempertahankan konversi energi yang konsisten meskipun terdapat variasi dalam kecepatan aliran udara.

Dari sudut pandang teoritis, batas maksimum efisiensi konversi energi angin telah ditentukan oleh Hukum Betz, yang menetapkan angka maksimal sebesar 0,593. Dengan nilai C_p hasil simulasi yang berkisar antara 0,140 hingga 0,157, dapat disimpulkan bahwa turbin ini bekerja mendekati efisiensi maksimum yang mungkin tercapai oleh sebuah sistem turbin angin. Selain itu, visualisasi kontur (*Velocity Contour*) kecepatan aliran udara mengungkapkan perubahan aliran udara di sekitar turbin savonius pada berbagai kecepatan angin—yaitu 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s. Warna yang ditampilkan pada kontur menggambarkan variasi kecepatan aliran, di mana warna merah menunjukkan kecepatan aliran yang lebih tinggi, memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana aliran udara berinteraksi dengan rotor turbin pada masing-masing kecepatan tersebut.



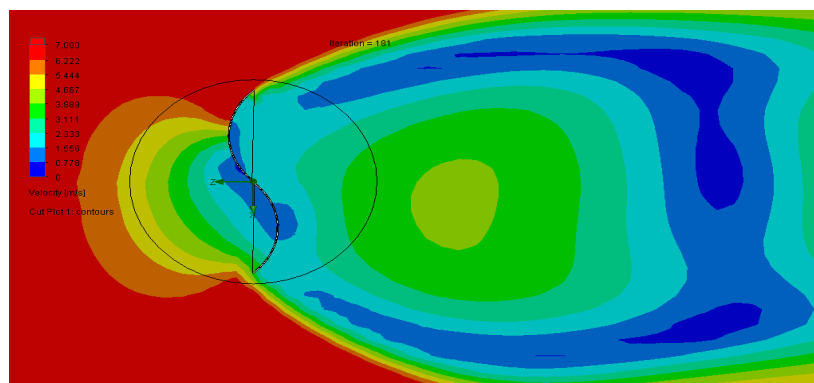
Gambar 7. Velocity Contour pada kecepatan udara 3 m/s

Pada kecepatan angin 3 m/s, terlihat bahwa udara di sekitar turbin mengalami percepatan hingga mencapai 3,450 m/s. Ini menunjukkan bahwa kecepatan angin relatif rendah. Kecepatan aliran udara meningkat di sisi sudu yang menghadap arah angin, sementara di sisi belakang turbin, kecepatan cenderung menurun akibat terjadinya turbulensi dan aliran terpisah. Percepatan ini menunjukkan interaksi antara aliran udara dan sudu turbin, yang berperan penting dalam menghasilkan torsi dan daya pada turbin Savonius meskipun pada kondisi kecepatan angin yang lebih rendah.



Gambar 8. Velocity Contour pada kecepatan udara 5 m/s

Pada kecepatan angin 5 m/s, terlihat bahwa udara di sekitar turbin mengalami percepatan hingga mencapai 5,868 m/s. Ini menunjukkan bahwa kecepatan angin sedang, di mana turbin Savonius menunjukkan kinerja yang lebih optimal dalam menghasilkan torsi. Di sisi sudu yang menghadap angin, kecepatan udara meningkat signifikan, sementara di sisi belakang turbin terbentuk turbulensi dan penurunan kecepatan yang cukup jelas, yang berperan dalam memaksimalkan konversi energi mekanik.



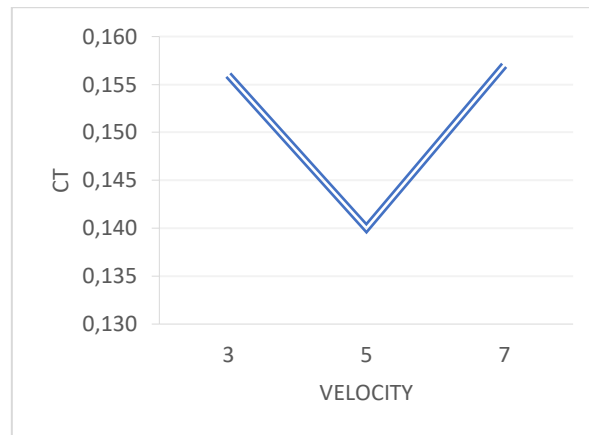
Gambar 9. Velocity Contour pada kecepatan udara 7 m/s

Pada kecepatan angin 7 m/s, terlihat bahwa udara di sekitar turbin mengalami percepatan hingga mencapai 8,651 m/s. Ini menunjukkan bahwa kecepatan angin kencang. Pada kecepatan ini, turbin Savonius menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam menghasilkan torsi, meskipun terdapat peningkatan turbulensi dan kekuatan pusaran di belakang turbin. Kecepatan tinggi ini meningkatkan aliran udara pada sisi depan sudu, sedangkan sisi belakang turbin mengalami pembentukan vorteks yang lebih intens, yang dapat mengurangi efisiensi akibat pemborosan energi melalui turbulensi.

2. Analisis Koefisien Torsi

Koefisien torsi (CT) merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam menilai efisiensi turbin angin dalam menghasilkan torsi dari energi kinetik angin yang tersedia. Nilai CT dihitung dengan membandingkan torsi aktual yang dihasilkan oleh turbin terhadap jumlah energi angin yang dapat dimanfaatkan oleh sistem. Dalam penelitian ini, nilai CT dihitung untuk tiga variasi kecepatan angin yang berbeda, yakni 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s, untuk mengevaluasi bagaimana perubahan kecepatan

angin mempengaruhi kemampuan turbin dalam menghasilkan torsi. Pada gambar 6 menunjukkan data perbandingan nilai C_t pada *velocity* untuk kecepatan aliran udara 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s.

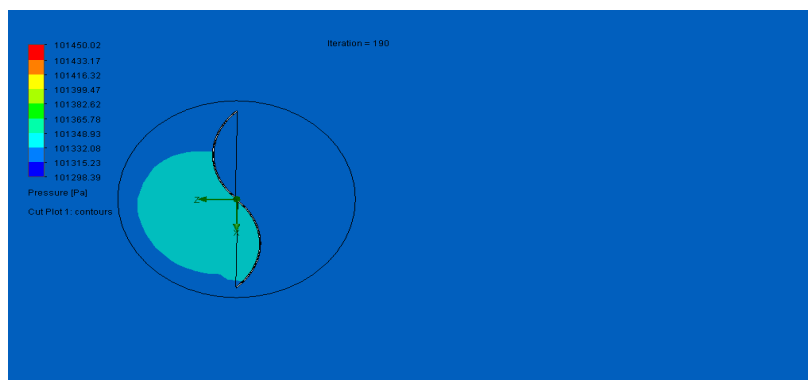


Gambar 10. Grafik Koefisien Torsi (C_T)

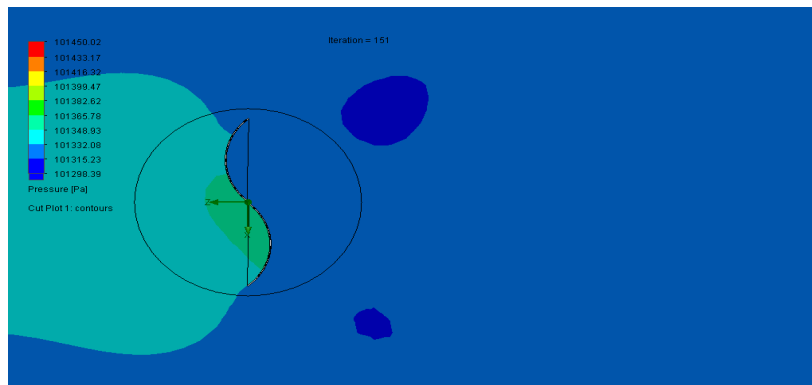
Pada kecepatan angin 3 m/s, nilai C_T diperoleh sebesar 0,156. Ketika kecepatan angin meningkat menjadi 5 m/s, nilai C_T sedikit menurun menjadi 0,140. Pada kecepatan angin 7 m/s, nilai C_T tercatat 0,157, sedikit naik dibandingkan pada 3 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa turbin mulai kembali efisien dalam menghasilkan torsi pada kecepatan tinggi.

3. Analisis Pressure Contour

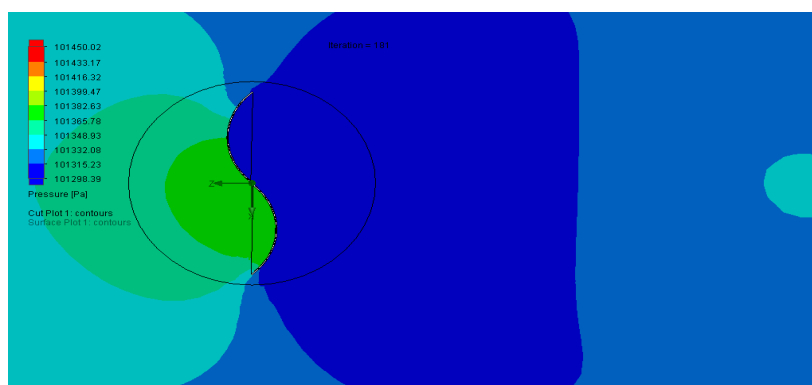
Gambar 11. menunjukkan hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan Solidworks flow simulation., diperoleh visualisasi pressure contour dari tiga variasi kecepatan 3, 5, dan 7 m/s. Gambar kontur tekanan menunjukkan distribusi tekanan fluida terhadap permukaan blade turbin savonius. Nilai pressure contour pada 3 m/s yaitu 101329.94 Pa, pada 5 m/s yaitu 101359.74 Pa, dan pada 7 m/s yaitu 101399.47 Pa. Terlihat penyebaran aliran fluida pada sisi blade turbin yang juga berpengaruh terhadap nilai dari torsi yang akan dihasilkan.



(a)



(b)



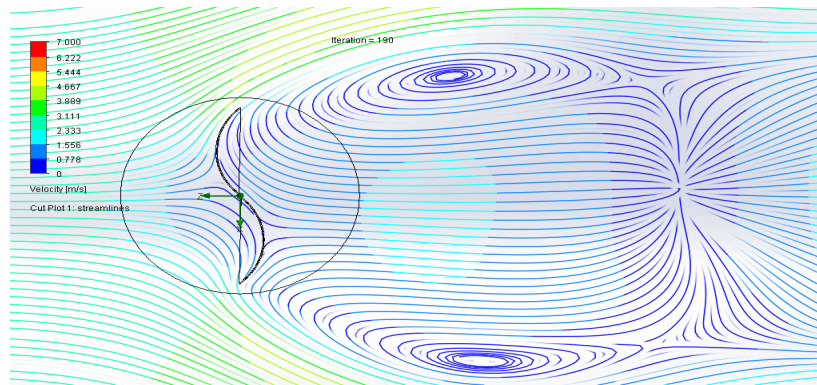
(c)

Gambar 11. Pressure Contour dengan variasi Kecepatan (a) 3 m/s (b) 5 m/s (c) 7 m/s

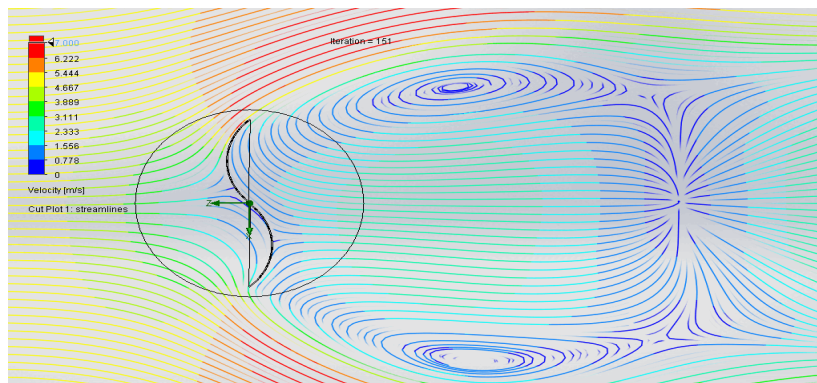
4. Analisis velocity Streamline

Gambar 12. menunjukkan aliran hasil simulasi dari masing - masing variasi tersebut. Hasil simulasi CFD pada turbin savonius dengan variasi kecepatan 3, 5, dan 7 m/s menunjukkan perbedaan signifikan dalam pola aliran (velocity streamline) yang dihasilkan. aliran udara pada turbin Savonius dengan kecepatan 3 m/s menunjukkan pola *velocity streamline* yang cukup halus, dengan penurunan kecepatan aliran yang signifikan di sisi sudu yang menerima angin, sementara sisi sudu yang bergerak menjauhi aliran menunjukkan kecepatan rendah dan turbulensi kecil di belakang turbin.

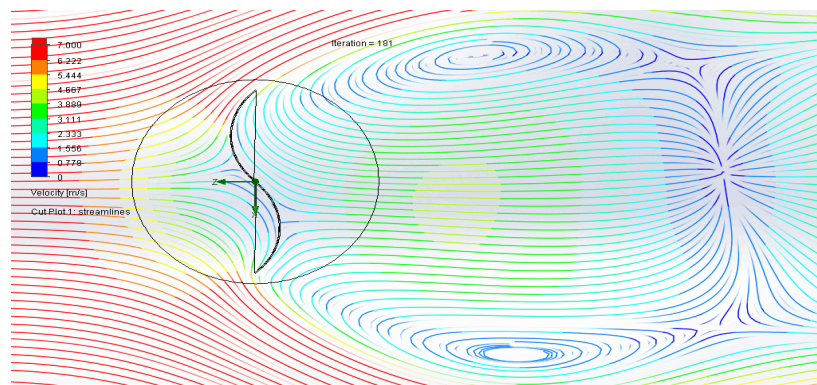
Pada kecepatan 5 m/s, aliran udara mengalami percepatan lebih besar dengan peningkatan tekanan yang jelas antara sisi depan dan belakang sudu, menghasilkan torsi yang lebih optimal. Pada kecepatan 7 m/s, aliran menjadi lebih kompleks dan turbulen, dengan pusaran yang lebih kuat dan luas di belakang turbin, meskipun terdapat peningkatan kehilangan energi akibat turbulensi, gaya dorong dan torsi yang dihasilkan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah. Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran, semakin besar torsi yang dihasilkan oleh turbin Savonius, meskipun terdapat peningkatan intensitas turbulensi yang mempengaruhi efisiensi keseluruhan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.12. Velocity streamline dengan variasi Kecepatan (a) 3 m/s (b) 5 m/s (c) 7 m/s

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian kinerja turbin angin tipe Savonius pada variasi kecepatan angin 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s, menunjukkan kinerja yang efektif pada rentang kecepatan angin rendah hingga menengah. Nilai koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t) yang diperoleh berada pada rentang 0,140 hingga 0,157, dengan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan 3 m/s, turbin telah mampu berputar meskipun menghasilkan C_p terendah, sedangkan pada kecepatan 7 m/s diperoleh C_p tertinggi yang menunjukkan kondisi kerja paling optimal. Meskipun nilai C_p masih relatif rendah dibandingkan turbin Savonius konvensional yang umumnya memiliki C_p di bawah 0,35, hasil ini sesuai

dengan karakteristik turbin Savonius. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan modifikasi pada desain sudu, khususnya pada jumlah sudu turbin seperti 3 sudu, guna mengevaluasi potensi peningkatan torsi dan efisiensi turbin secara lebih optimal.

VI. REFERENSI

- Al-gburi, K. A. H., Basim, F., & Alnaimi, I. (2023). *Enhancing Savonius Vertical Axis Wind Turbine Performance: A Comprehensive Approach with Numerical Analysis and Experimental Investigations*.
- Bangun, R., Angin, K., Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2007). *TENAGA LISTRIK SUMBU VERTIKAL SAVONIUS PORTABEL*. 19–24.
- Burton, T., Sharpe, N., Jenkins, D., & Bossanyi, E. (2011). (n.d.). *Wind energy handbook (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Canra, D., Rahmi, M., & Haris, E. (2018). Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 4(2), 93. <https://doi.org/10.31884/jtt.v4i2.123>
- Doktoringenieur, G., Hassan, M., Mohamed, A., Gutachter, M., Th, D., Oliver, C., Prof, P., & Styczynski, Z. A. (2011). *Design Optimization of Savonius and Wells Turbines*.
- Driss, Z., Mlayeh, O., Driss, D., Maaloul, M., & Abid, M. S. (2014). *Numerical simulation and experimental validation of the turbulent flow around a small incurved Savonius wind rotor*. 74, 506–517.
- El-ridlo, N. K., & Ryka, H. (2020). *RESERVOIR MENGGUNAKAN METODE*. 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.20956/geocelebes.v4i1.7439>
- Eriksson, S. (2008). *Direct Driven Generators for Vertical Axis Wind Turbines*.
- Farid, A., Mesin, P. T., & Tegal, U. P. (2013). *Optimasi Daya Turbin Angin Savonius dengan Variasi Celah ... (Farid)*. 18–23.
- Haqqqi, M. H., Nugroho, G., Mt, S. T., & Musyafa, A. (2013). *Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah Blade Terintegrasi Circular Shield untuk Memperoleh Daya Maksimum*. 7(7), 1–6.
- Hariyanto, R., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Sasongko, M. N. (2018). *CFD STUDY ON THE ABILITY OF A VENTILATED BLADE IN*. 16, 383–390. <https://doi.org/10.5937/jaes16-17189>
- Hau, 2013. (n.d.). *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*.
- Industri, F. T. (2016). *NUMERICAL STUDY OF SAVONIUS WIND TURBINE WITH VARIATION OF THE NUMBER*.
- Jiang, J. (2025). Performance optimization of modified Bach Savonius wind turbine clusters based on Taguchi method. *Clean Energy*, 9(6), 121–136. <https://doi.org/10.1093/ce/zkaf039>
- Kamal, F. M., Centre, A. E., & Commission, E. (2008). *AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A STATIONARY FIVE BLADED*. M(2).

- Khalwani, H., Kartiko, K. W., B, M. I. B. K., & Saputro, Y. B. (2023). *Analisis Pengaruh Setting Celah Katup Terhadap Performa Motor 4 Langkah 110cc*. 2(3).
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2002). (n.d.). *Wind energy explained: Theory, design and application*. John Wiley & Sons.
- Mernuş GÜL, Akışkanlar, H., Yöntemi, D., Üç, K., & Helisel, K. (2024). *Firat Üniversitesi Deneysel ve Hesaplama Mühendislik Dergisi Firat University Journal of Experimental and Computational Engineering Investigation of The Effect of Phase Angle on The Aerodynamic Performance of Three-Bladed Helical Savonius Wind Turbines*. 3(1), 52–64. <https://doi.org/10.62520/fujece.1414345>
- Mitchell, J. W. (n.d.). *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics*.
- Mohamed, H. M., Sadeq, A. M., Sleiti, A. K., & Ahmed, S. F. (2025). *Thermal Comfort Assessment of an Indoor Swimming Pool in a Hot Climate: A CFD and HAP Simulation Study*. 2025. <https://doi.org/10.1155/ina/4502431>
- Prabowoputra, D. M., Krisnawati, M., Rahman, A., Nurhidayat, S., & Khosyi, M. (2023). *CFD Analysis of The Stage-Ratio Factor on Savonius Wind Turbine Performance to Optimize Clean-Energy Conversion*. 01007, 1–6.
- Pranta, M. H., Rabbi, M. S., & Roshid, M. M. (2021). Results in Engineering A computational study on the aerodynamic performance of modified savonius wind turbine. *Results in Engineering*, 10(May), 100237. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100237>
- Rahmawaty, S. D. (2021). *Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil*. 1253–1262.
- Renewable, I., & Agency, E. (2023). *RENEWABLE CAPACITY STATISTICS 2023 STATISTIQUES DE CAPACITÉ RENOUVELABLE 2023 ESTADÍSTICAS DE CAPACIDAD*.
- Ridwan, A. L. (2019). *Pengaruh jumlah sudu pada turbin angin sumbu vertikal terhadap distribusi kecepatan dan tekanan 1,2*. 141–151.
- Rudianto D.T, A. N. (2016). *RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SAVONIUS 200 WATT*.
- Sumiati, R. (2012). *PENGUJIAN TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE U TIGA*.
- Tata, M., Bekhti, A., Maizi, M., Cherifi, N. O., Tamoum, A., Hamane, D., & Boudis, A. (2024). *Aerodynamic Performance Investigations of Savonius Twin-rotor Wind Turbines*. 17(2), 442–460.