

Analisa Performa Turbin Angin Hybrid Savonius-Darrieus dengan Variasi Posisi Penempatan Turbin terhadap Kecepatan Angin Menggunakan Metode CFD

Adrian Nakalelu Wibisono¹, Eko Yohanes Setyawan¹, Rosadila Febritasari¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Coefficient Performance
Drag Coefficient
Lift Coefficient
VAWT

ABSTRAK

Turbin angin adalah perangkat yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Perkembangan teknologi membuat kebutuhan energi meningkat, yang menjadikan energi angin punya potensi diolah untuk menggantikan energi konvensional yang terbatas jumlahnya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menggabungkan dua jenis *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT), yaitu Savonius dan Darrieus, dengan konfigurasi vertikal dan horizontal untuk mengetahui performa VAWT hybrid Savonius-Darrieus yang terbaik. Metode penelitian menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan variasi kecepatan angin 3m/s, 5m/s, dan 7m/s. Hasil penelitian, menunjukkan bahwa VAWT konfigurasi Horizontal mengalami peningkatan *Drag Coefficient* sebesar 129% pada kecepatan angin 5m/s dan 75% pada kecepatan 7m/s. Sementara itu, VAWT konfigurasi Vertikal mengalami penurunan *Drag Coefficient* sebesar 415% pada kecepatan angin 7m/s. Pada nilai *Lift Coefficient*, kenaikan terjadi saat angin *free stream* naik dari 3m/s ke 5m/s, tetapi penurunan terjadi pada kedua turbin saat angin *free stream* meningkat dari 5m/s ke 7m/s. VAWT konfigurasi Vertikal menghasilkan nilai *Coefficient of Performance* (Cp) yang berbanding terbalik dengan peningkatan kecepatan angin *free stream*, berbeda dengan VAWT konfigurasi Horizontal yang menghasilkan nilai Cp berbanding lurus. Persentase kenaikan nilai Cp pada VAWT konfigurasi Horizontal sebesar 175% pada kecepatan angin 5m/s dan 86,3% pada kecepatan angin 7m/s. Dapat diambil kesimpulan bahwa VAWT konfigurasi Horizontal lebih baik dibandingkan VAWT konfigurasi Vertikal dalam efisiensi dan performa.

* Corresponding author:

Adrian Nakalelu Wibisono (email: adriannakaleluwibisono@gmail.com)

Diterima: 12 September 2024

Disetujui: 17 Oktober 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 Pendahuluan

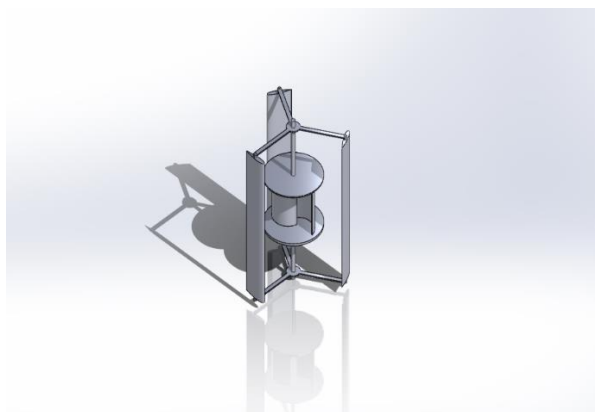
Energi merupakan kebutuhan yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk menunjang kegiatan mereka. Energi terbarukan menjadi solusi yang digunakan para ahli untuk menggantikan energi konvensional yang semakin menipis karena kebutuhan energi yang semakin meningkat [1]. Dari banyaknya jenis energi terbarukan, energi angin menjadi salah satu sumber energi yang bisa dimanfaatkan [2]. Turbin angin adalah perangkat yang dibuat untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros digunakan untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan energi Listrik. Turbin angin dibagi menjadi dua, berdasarkan dari sumbu yaitu turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine*) [3].

Penelitian kali ini, penulis mengembangkan dan menggabungkan 2 jenis VAWT, yaitu jenis Savonius dan Darrieus. Penggabungan dan pengembangan 2 jenis turbin ini bertujuan untuk memaksimalkan performa dari turbin jenis savonius yang cocok pada daerah yang punya kecepatan angin yang tinggi dan turbin jenis darrieus yang cocok pada daerah kecepatan angin yang rendah, yang membuat turbin angin hybrid ini bisa menghasilkan performa yang optimal. Pemodelan dilakukan sebanyak 2 turbin VAWT hybrid menggunakan software Solidworks dengan variasi posisi penempatan turbin secara vertikal dan horizontal, lalu kedua turbin hybrid ini disimulasikan menggunakan metode komputasi fluida dinamik di Software Ansys yang bertujuan untuk mengetahui nilai *Coefficient of*

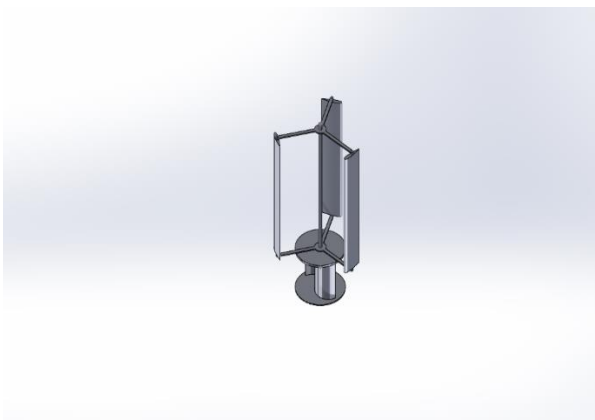
Performance (C_p), Drag Coefficient, Lift Coefficient dan Tip Speed of Ratio dengan kecepatan angin sebesar 3 m/s, 5 m/s, 7 m/s.

2 Metode Penelitian

Langkah pertama diawali dengan pemodelan VAWT *hybrid* Savonius dan Darrieus dengan konfigurasi vertikal dan horizontal.



Gambar 1 VAWT Hybrid Savonius-Darrieus dengan konfigurasi posisi horizontal



Gambar 2 VAWT Hybrid Savonius-Darrieus dengan konfigurasi posisi vertikal

Dengan konfigurasi kedua turbin, seperti tabel di bawah.

Tabel 1 Spesifikasi VAWT Hybrid Savonius-Darrieus konfigurasi horizontal

Konfigurasi	Horizontal
Jumlah Sudu Savonius	2
Jumlah sudu Darrieus	3
Diameter	525,34 mm
Panjang	750 mm
NACA	0018

Tabel 2 Spesifikasi VAWT *Hybrid* Savonius-Darrieus konfigurasi horizontal

Konfigurasi	Vertikal
Jumlah Sudu Savonius	2
Jumlah sudu Darrieus	3
Diameter	525,34 mm
Panjang	1020 mm
NACA	0018

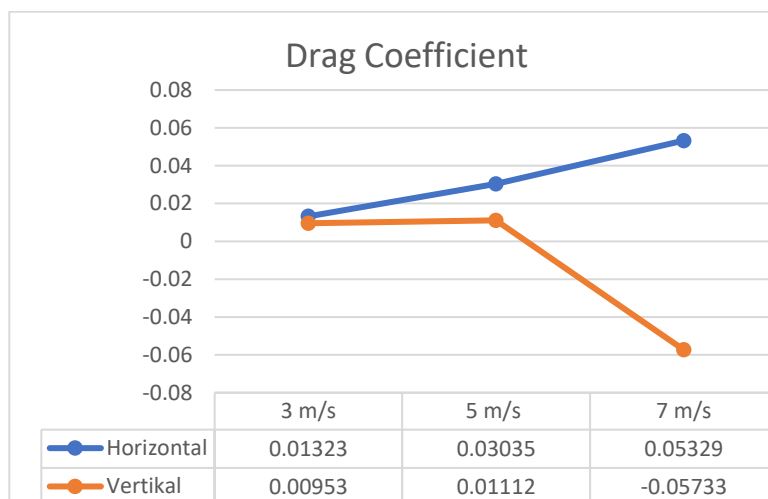
Setelah dilakukan pemodelan, kita melakukan simulasi CFD yang mempunyai 3 tahap yaitu *Pre-Processing*, *Simulation Processing* dan *Post Processing*. *Pre – Processing* adalah tahapan awal sebelum dilakukan simulasi CFD yakni analisis data yang bertujuan untuk mempersiapkan data sebelum data tersebut diolah lebih lanjut, agar mendapatkan hasil yang akurat. Pada proses ini akan dilakukan pembuatan mesh, penentuan model aliran fluida yaitu model *turbulence*, penentuan Boundary Condition dengan mengatur *Velocity Magnitude* sesuai dengan variabel kecepatan angin yaitu 3m/s, 5m/s dan 7m/s, diakhiri dengan penentuan skema dan diskritisasi dimana Metode solusi yang diterapkan dalam simulasi menggunakan skema COUPLED, gradient menggunakan *Least Squares Cell Based*, tekanan menggunakan *Second Order*, momentum menggunakan *Second Order Upwind*, *Transient Formulation* menggunakan *First Order Implicit*. *Simulation Processing* adalah proses saat kita menjalankan simulasi untuk mendapatkan nilai *Drag Coefficient*, *Lift Coefficient*, dan Pola Aliran Fluida. Proses ini akan dilakukan penentuan iterasi sebanyak 1000. *Post Processing* proses dimana *Quantitative Data* dan *Qualitative Data*. *Quantitative Data* yang berupa *Drag Coefficient* dan *Lift Coefficient*, untuk *Qualitative Data* berupa tampilan *Speed Countour*. Setelah melakukan simulasi, akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Tip Speed of Ratio* dan *Coefficient performance*.

3 Hasil dan Pembahasan Kesimpulan

Simulasi diawali pada ANSYS menghasilkan nilai *Drag Coefficient* dan *Lift Coefficient*.

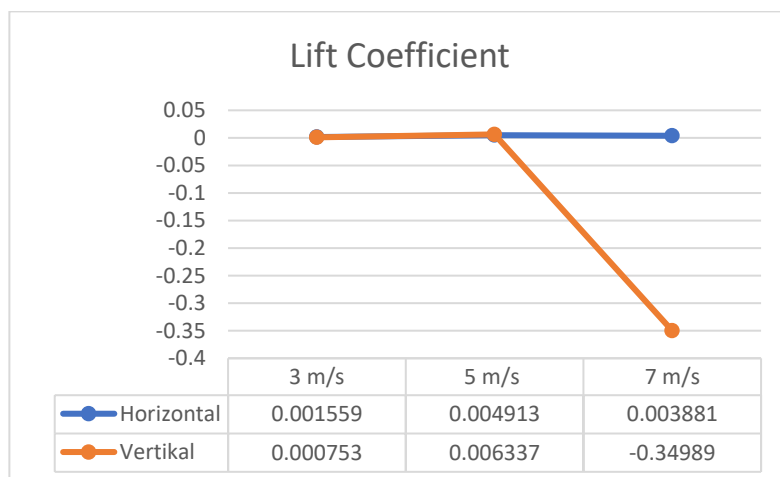
Tabel 3 Nilai Drag Coefficient dan Lift Coefficient				
No.	Konfigurasi Turbin <i>Hybrid</i>	Velocity m/s	Drag Coefficient	Lift Coefficient
1.	Horizontal	3	0,013234	0,001559
2.	Horizontal	5	0,030356	0,004913
3.	Horizontal	7	0,053297	0,003881
4.	Vertikal	3	0,009529	0,000753
5.	Vertikal	5	0,011123	0,006337
6.	Vertikal	7	-0,057331	-0,349890

Tabel 3 direpresentasikan dalam grafik pada gambar 4 dan gambar 5



Gambar 4 Grafik Drag Coefficient

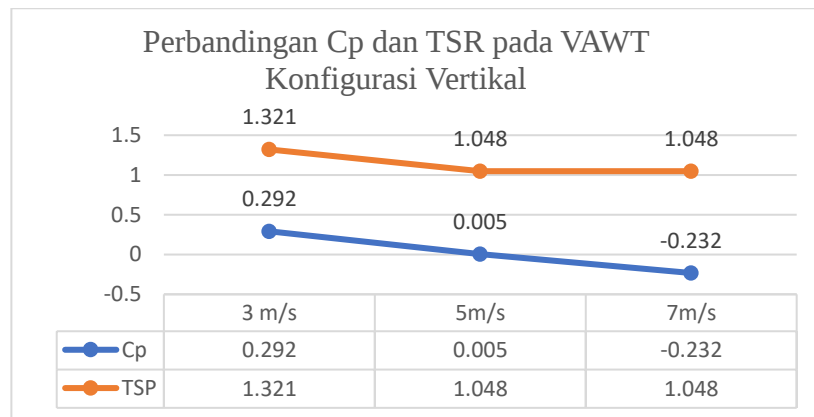
Pada pengujian ini, didapatkan data Drag Coefficient dan perbandingan antara dua konfigurasi turbin pada tabel 4.4. Dari tabel didapatkan bahwa nilai turbin Hybrid dengan konfigurasi horizontal mengalami peningkatan secara signifikan saat kecepatan angin free stream dari 3m/s ke 5m/s sebesar 129%, lalu mengalami peningkatan saat angin free stream dalam kecepatan 7m/s sebesar 75,5%. yang berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan angin free stream. Sebaliknya pada turbin Hybrid dengan konfigurasi vertikal mengalami kenaikan nilai Drag Coefficient saat kecepatan angin free stream dari 3m/s ke 5m/s sebesar 16% lalu mengalami penurunan saat angin free stream pada kecepatan 7m/s sebesar 415%.



Gambar 5 Grafik Lift Coefficient

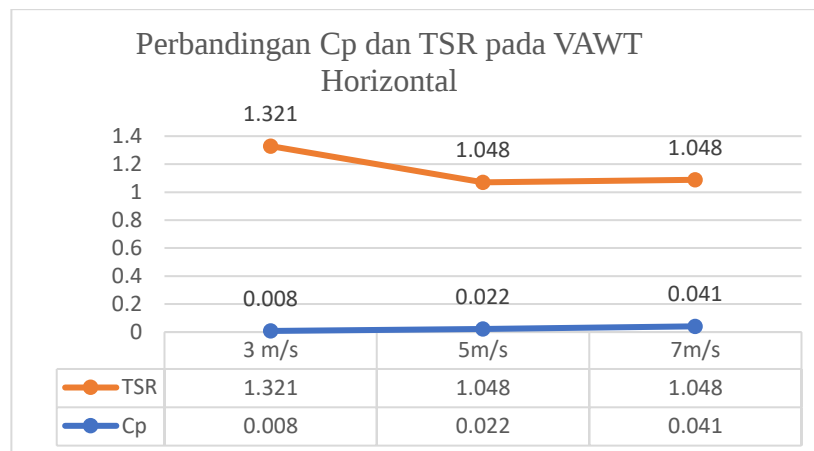
Lalu didapatkan juga data Lift Coefficient dan perbandingan antara dua konfigurasi turbin pada tabel 4.5. Dari tabel didapatkan bahwa nilai kedua jenis turbin mengalami kenaikan pada saat kecepatan angin free stream naik dari 3m/s ke 5m/s sebesar 215% pada Turbin konfigurasi Horizontal dan 741% pada Turbin konfigurasi Vertikal. Penurunan terjadi pada kedua turbin saat angin free stream berubah dari 5m/s ke 7m/s sebesar 21% pada Turbin konfigurasi Horizontal dan 463% pada Turbin konfigurasi Vertikal. Nilai Lift Coefficient dan Drag Coefficient sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan penempatan jenis turbin. Dari perbandingan kedua turbin diatas, turbin dengan konfigurasi horizontal adalah turbin yang bagus karena punya nilai Cl dan Cd yang tidak negative dibandingkan turbin konfigurasi horizontal. Berdasarkan trendline pada grafik perbandingan nilai Cp dan Cl, nilai pada turbin vertikal mengalami penurunan yang signifikan semakin cepat angin Free Stream.

Setelah mendapatkan nilai *Drag Coefficient* dan *Lift Coefficient* dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Tip Speed of Ratio* dan *Coefficient of Performance*. Nilai *Tip Speed of Ratio* dan *Coefficient of Performance* direpresentasikan dalam grafik pada gambar 3.3 dan 3.4.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Cp dan TSR Pada VAWT konfigurasi Vertikal

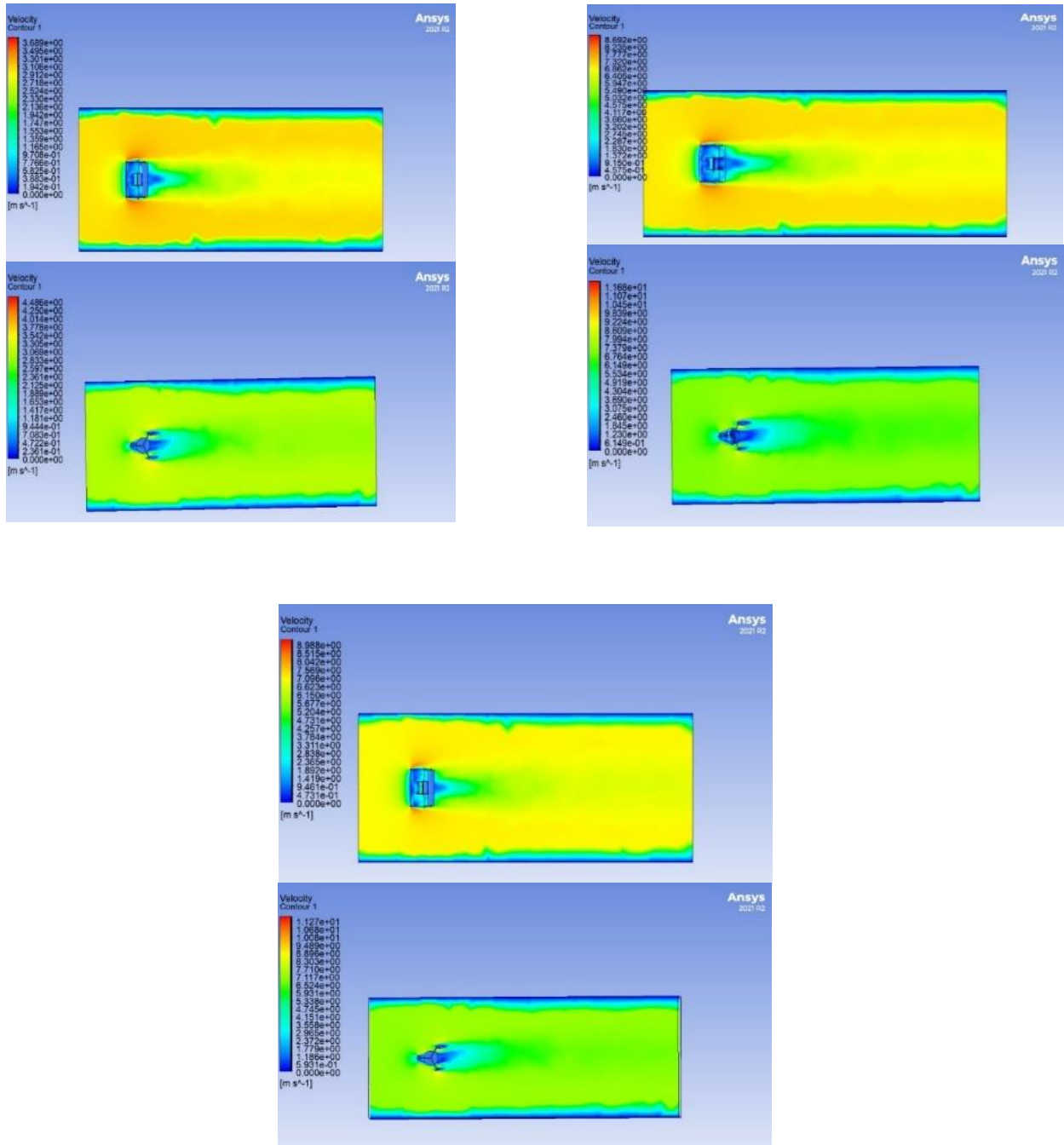
Pada turbin konfigurasi vertikal, nilai Cp dan TSR mengalami penurunan pada kecepatan angin dari 3m/s ke 5 m/s sebesar 98.28%. Lalu nilai Cp kembali turun di saat kecepatan angin 7m/s sebesar 4540%. Nilai tertinggi terdapat pada kecepatan angin 3m/s yaitu sebesar 0,29 dan yang terendah pada kecepatan 7m/s yaitu -0,32. Diperkirakan nilai Cp mengalami penurunan yang signifikan pada saat kecepatan angin bertambah, jika dilihat dari garis grafik yang terus menurun. Nilai TSR, setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai yang sama pada kecepatan angin 5m/s dan 7m/s yaitu sebesar 1,048. Terjadinya persamaan nilai ini dikarenakan saat perhitungan juga dipengaruhi oleh nilai Diameter turbin.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Cp dan TSR Pada VAWT Konfigurasi Horizontal

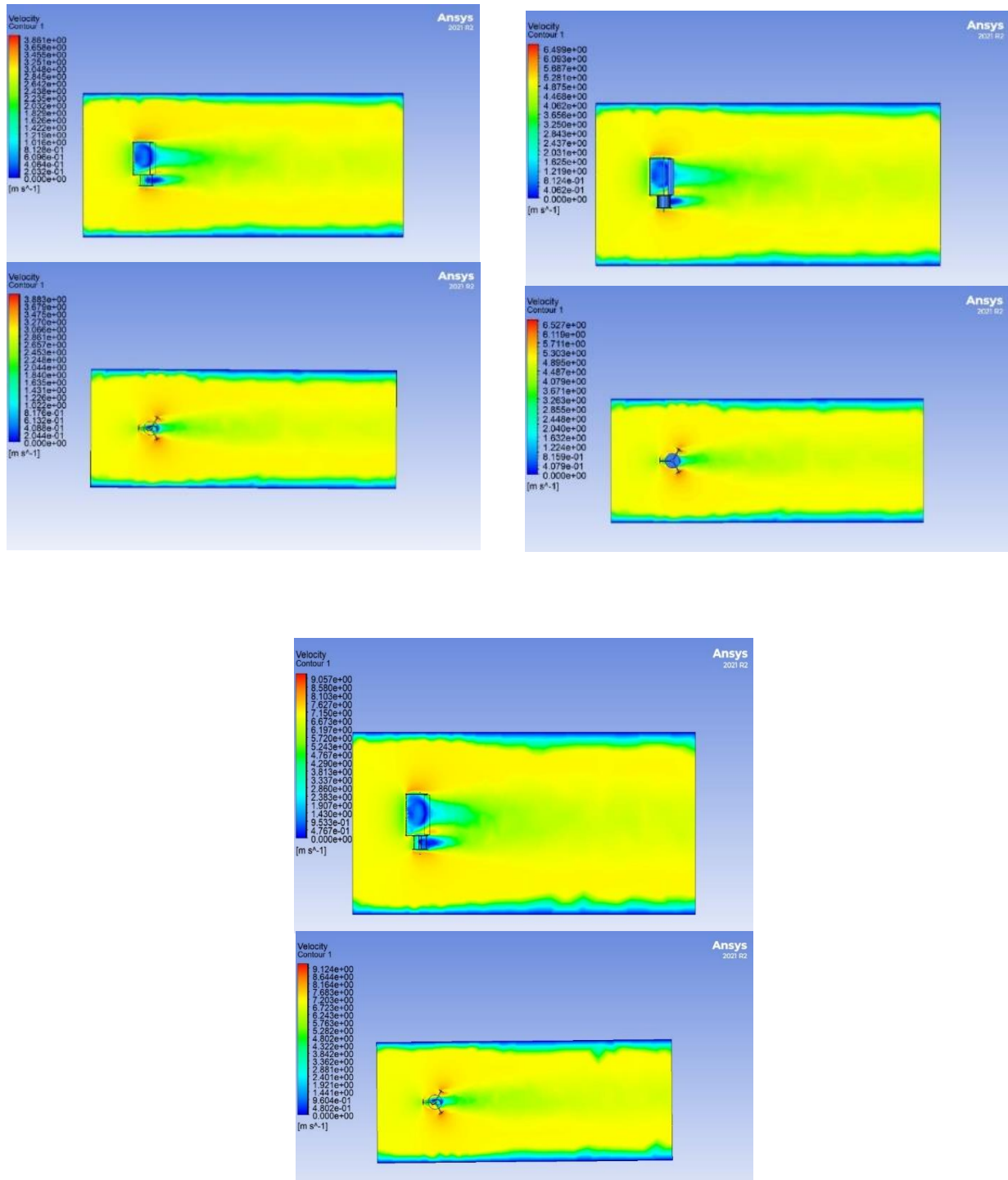
Lalu pada turbin horizontal Cp dan TSR tidak berbanding lurus, tetapi turbin horizontal nilai Cp berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan angin free stream yang terus meningkat. Nilai Cp, mengalami peningkatan saat kecepatan angin free stream dari 3m/s ke 5m/s sebesar 175% dan pada kecepatan 7m/s sebesar 86,3%. Nilai tertinggi terdapat pada kecepatan angin 7m/s yaitu sebesar 0,04 dan yang terendah pada kecepatan 3m/s yaitu 0,008. Diperkirakan nilai Cp akan naik pada saat kecepatan angin bertambah sampai titik maksimal, jika dilihat dari garis grafik yang terus naik. Nilai TSR mengalami penurunan walaupun nilai kecepatan angin meningkat dikarenakan peningkatan turbulensi pada aliran fluida yang dapat mengurangi gaya lift dan meningkatkan gaya drag, menghasilkan nilai TSR yang turun. Turbulensi dapat meningkat dengan peningkatan kecepatan angin, sehingga nilai TSR dapat menurun. Nilai TSR yang terus menurun ini juga mempengaruhi nilai Cp yang dihasilkan oleh VAWT Hybrid dengan konfigurasi vertikal. Tapi sebaliknya, pada VAWT Hybrid dengan konfigurasi horizontal nilai Cp mengalami peningkatan. Dari hasil simulasi yang dilakukan, Coefficient Moment, berbanding lurus dengan Cp. Besar nilai Cp yang didapatkan oleh kedua turbin dipengaruhi oleh nilai Coefficient Moment dan juga TSR. Dari perbandingan kedua turbin diatas, turbin dengan konfigurasi horizontal adalah turbin

yang lebih baik karena mempunyai nilai C_p dengan trendline yang mengalami peningkatan yang stabil seiring dengan bertambahnya kecepatan angin free stream. Sebaliknya pada turbin dengan konfigurasi vertikal, mempunyai trendline yang terus menurun ketika kecepatan angin free stream meningkat.



Gambar 8 VAWT Hybrid konfigurasi Horizontal dengan velocity 3m/s, 5m/s, dan 7 m/s

Pada turbin dengan konfigurasi horizontal terjadi peningkatan kecepatan udara, pada bagian atas dan bawah turbin lalu di sekitar 3 sudu turbin darrieus, peningkatan kecepatan ini ditandai warna vector adalah mayoritas warna kuning kemerahan. Dan juga terjadi peningkatan kecepatan angin di dalam bagian turbin darrieus dan sudu savonius yang ditandai dengan mayoritas warna biru kehijauan. Peningkatan kecepatan angin terjadi saat kecepatan angin *free stream* sebesar 7m/s yaitu mencapai 11,12 m/s pada saat angin *free stream* ditembakkan secara horizontal.



Gambar 9 VAWT Hybrid konfigurasi vertikal dengan velocity 3m/s, 5m/s dan 7 m/s

Terjadi peningkatan kecepatan udara, pada bagian atas dan bawah turbin lalu di sekitar 3 sudu turbin darrieus, peningkatan kecepatan ini ditandai dengan mayoritas warna kuning kemerahan. Berbeda dengan turbin konfigurasi horizontal, turbin konfigurasi vertikal ini tidak terlalu terlihat peningkatan kecepatan di bagian dalam turbin Savonius dan Darrieus. Peningkatan kecepatan angin terjadi saat kecepatan angin free stream sebesar 7 m/s yaitu mencapai 9,1 m/s pada saat angin free stream ditembakkan secara horizontal.

Perbedaan peningkatan kecepatan dan percepatan angin yang terjadi dipengaruhi oleh konfigurasi VAWT yang berbeda. Jika turbin direalisasikan, turbin dengan konfigurasi horizontal menjadi pilihan yang paling bagus dikarenakan, peningkatan angin yang tinggi dibandingkan turbin dengan konfigurasi vertikal.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan dari nilai yang didapat bahwa VAWT *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan konfigurasi Horizontal lebih mungkin untuk direalisasikan. Hal ini dikarenakan VAWT *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan konfigurasi Horizontal yang mempunyai nilai negative pada nilai Cd, Cl dan Cp dibandingkan VAWT *Hybrid Savonius-Darrieus* dengan konfigurasi Vertikal yang selalu turun ke nilai negative saat angin *free stream* mencapai nilai 7m/s.

5 Daftar Pustaka

- [1] M. A. R. dan S. Riadi, "Audit Konsumsi Energi untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Pada Gedung PT Indonesia CAPS And CLOSURES," *J. Pasti*, vol. 10, no. 69, pp. 342–356, 2016.
- [2] R. R. Novri, "The Analisis Potensi Energi Angin Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik," *J. Res. Educ. Chem.*, vol. 3, no. 2, p. 96, 2021, doi: 10.25299/jrec.2021.vol3(2).7165.
- [3] M. A. Rianto, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Analisis Teoritis Penggunaan Jenis Turbin Angin Terhadap Output Daya Listrik," *J. Inov. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 18–25, 2022, doi: 10.15294/jim.v4i2.62500.
- [4] D. Canra and R. Rachmatullah, "Uji performa hybrid turbin angin savonius-darrieus eggbeater," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 1, p. 41, 2022, doi: 10.24853/sintek.16.1.41-45.
- [5] M. Suprpto and I. Muttaqin, "Analisis Turbin Angin Vertikal Hybrid Savonius Bertingkat Dan Darrieus Tipe H-Rotor," *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 59–64, 2022, doi: 10.31602/al-jazari.v7i2.8680.
- [6] M. C. Amri, "Kajian Angin Ribut berdasarkan Unsur Iklim dan Aspek Lahan di Wilayah Bandung," *J. Bumi Indones.*, vol. 4, no. 4, pp. 1–10, 2015, [Online]. Available: <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/385>
- [7] D. Rudianto, "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 2, p. 71, 2016, doi: 10.28989/senatik.v2i0.35.
- [8] D.- Canra, M. Rahmi, and E. Haris, "Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 4, no. 2, p. 93, 2018, doi: 10.31884/jtt.v4i2.123.
- [9] M. Najib Habibie; Achmad Sasmito;Roni Kurniawan, "Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku Study Of Wind Energy Potency In Sulawesi And Maluku," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, 2011, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.99?sid=semanticscholar>
- [10] F. Aryanto, I. M. Mara, and M. Nuarsa, "Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal," *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013.
- [11] M. A. Fitriani and W. Marthiana, "Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal Lima Sudu untuk Aplikasi Penerangan Jalan Raya Daya 200 Watt," *J. Univ. Bung Hatta*, vol. 20, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTI/article/view/21879>
- [12] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Yusuf Ismail Nakhoda, 2) Choirul Saleh," *Inst. Teknol. Nas. Malang*, vol. 7, no. 1, pp. 20–28, 2017.
- [13] E. S. Wijianti and Saparin, "The effect of blade type variations on savonius wind turbine performance," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 353, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/353/1/012015.
- [14] A. Fadila and I. Zakaria, "Rancang Bangun Turbin Angin Tipe Darrieus Tiga Sudu Rangkap Tiga dengan

Profil NACA 0006,” *Eksergi*, vol. 15, no. 3, p. 102, 2020, doi: 10.32497/eksergi.v15i3.1785.

- [15] M. I. Abidin dan R.Febritasari “Analisis Komputasi Fluida Dinamis Pada Sudu Spiral Turbin Angin Tipe Archimedes Dengan Variasi Jumlah,” 2023.