

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN WINGLET TERHADAP
PERFORMA TURBIN ANGIN DARRIEUS**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

(S.T)

Pada Program Studi Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Muh Syukron Halimi

22211052074

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2025

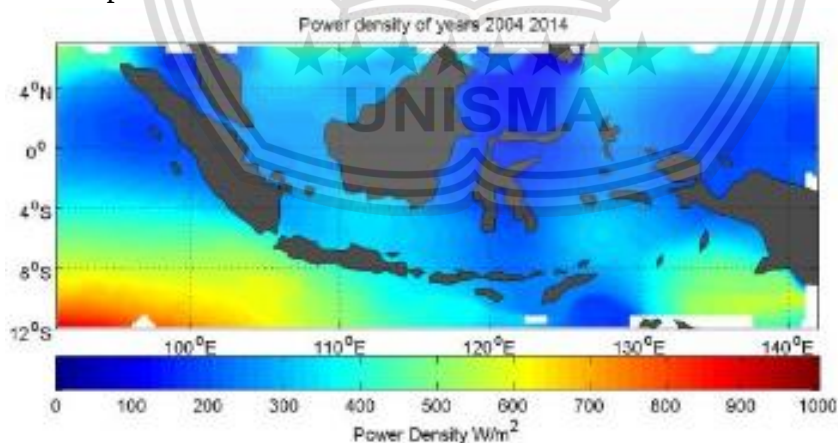
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki energi terbarukan yang melimpah, salah satunya adalah energi angin. Energi angin sejak dahulu sudah dimanfaatkan oleh manusia untuk membantu pekerjaan manusia seperti untuk berlayar, menggerakkan pompa, digunakan untuk penggilingan dan lain-lain.

Menurut (P Dida et al., 2016) energi angin dapat dianggap sebagai turunan dari energi matahari karena angin dihasilkan dari perbedaan tekanan udara yang disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi yang tidak merata oleh sinar matahari.

Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar, mencapai 154,6 GW, dengan rincian 60,4 GW berasal dari potensi angin darat (*onshore*) dan 94,2 GW dari potensi angin lepas pantai (*offshore*). Wilayah timur Indonesia, termasuk Maluku, Papua, dan Nusa Tenggara, menyumbang sekitar 40% dari total potensi angin nasional. Meskipun demikian, pemanfaatan energi angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) hingga tahun 2024 masih sangat terbatas, dengan kapasitas terpasang hanya sebesar 152,3 MW. Pemerintah menargetkan peningkatan signifikan dalam pemanfaatan energi angin, dengan tujuan mencapai kapasitas terpasang PLTB sebesar 37 GW pada tahun 2060.



Gambar 1. 1 Power Density 11 tahun 2004-
2014 (WindSat)

Sumber : (P Dida et al., 2016)

Turbin angin merupakan perangkat yang mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik, yang kemudian dapat diubah menjadi energi listrik.

Turbin angin secara umum dibedakan menjadi 2 sumbu yaitu turbin angin sumbu horisontal dan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horisontal adalah turbin angin yang sumbu rotasinya diorientasikan sejajar dengan arah angin. Tujuan dari orientasi ini adalah untuk menghasilkan tenaga (*power*) dari angin yang mengalir. Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin yang sumbu rotasinya tegak lurus terhadap arah angin atau permukaan tempat pemasangannya.

Turbin angin sumbu vertikal sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu : Darrieus, Savonius, H-rotor, dan Helical. Kelebihan dari turbin angin jenis ini yaitu lebih praktis, murah, dan tidak sebisng turbin angin sumbu horisontal. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya *lift*. Pada penelitian ini turbin yang digunakan adalah turbin Darrieus H-rotor karena turbin ini mudah untuk dilakukan modifikasi dan sangat cocok dengan potensi angin yang ada di Indonesia. Turbin angin sumbu vertikal sangat banyak dimodifikasi untuk meningkatkan performanya seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Putra et al., 2018) yang melakukan penelitian penambahan magnet pada poros turbin angin Savonius yang hasilnya adalah sebuah peningkatan performa pada turbin angin Savonius. Modifikasi VAWT juga dilakukan oleh (Alfathoni, 2023) yang melakukan modifikasi pemasangan deflektor dengan variasi sudut pada turbin angin Savonius, pada modifikasi ini ditemukan bahwa pemasangan *deflektor* dengan sudut 45° dapat meningkatkan daya yang dihasilkan oleh turbin angin. Selain melakukan modifikasi pada bagian sudu turbin angin, untuk meningkatkan performa dan efisiensi dari turbin angin dapat melakukan modifikasi pada bagian transmisi seperti yang telah dilakukan oleh (Yunianto, 2017) yang melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi perbandingan roda gigi transmisi untuk memaksimalkan daya listrik pada turbin angin Savonius, pada penelitian ini didapatkan hasil Putaran poros tertinggi terdapat pada penggunaan variasi perbedaan perbandingan: 2 kali perbedaan perbandingan roda gigi yang menghasilkan putaran poros sebesar: 523,66 rpm.

Turbin angin Darrieus adalah turbin angin jenis vertical axis wind turbine (VAWT) yang memiliki efisiensi tinggi dan mampu menghasilkan torsi cukup besar pada putaran dan kecepatan angin yang tinggi (Taufiqurrahman, 2017). Turbin Darrieus dikenal memiliki efisiensi tinggi di antara turbin angin poros

vertikal (VAWT) karena beroperasi berdasarkan gaya angkat. Namun, turbin ini terkenal dengan kemampuan start yang buruk dan efisiensi rendah pada aliran angin yang lemah. Desain turbin heliks kemudian diusulkan oleh Gorlov pada tahun 1995 (Kumar et al., 2019). Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu horisontal (HAWT). Turbin Darrieus, jenis turbin angin sumbu vertikal (VAWT), memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan turbin angin sumbu horizontal (HAWT) karena beberapa alasan: aliran udara yang tidak stabil akibat perubahan sudut serangan yang terus-menerus, efek *drag* yang lebih tinggi karena bilah bergerak melawan arah angin, torsi awal yang rendah sehingga sulit berputar tanpa bantuan, serta kehilangan energi saat bilah melewati area di belakang poros turbin dengan aliran udara terganggu. Selain itu, efisiensi turbin Darrieus cenderung menurun ketika diperbesar karena masalah struktural dan stabilitas, berbeda dengan HAWT yang lebih efisien dalam skala besar.

Winglet adalah ekstensi vertikal atau miring pada ujung sayap yang berfungsi untuk mengurangi gaya hambat induced *drag* dan meningkatkan performa aerodinamika sayap (Ibrahim et al., 2024). Penambahan *winglet* pada bilah turbin dapat membantu gaya angkat dari bilah, yaitu dengan cara meminimalkan efek *vortex* yang terjadi pada ujung bilah. *Winglet* pada bilah turbin Darrieus Savonius berfungsi sebagai komponen untuk memindahkan aliran turbulen agar lebih jauh dengan bilah sehingga dapat meningkatkan gaya angkat dari sudu. Penambahan *winglet* pada turbin Darrieus dapat meningkatkan efisiensi dan performa dengan mengurangi gaya hambat akibat pusaran di ujung bilah, meningkatkan gaya angkat (*lift*) yang dihasilkan, serta menstabilkan aliran udara untuk mengurangi efek *stall* dan fluktuasi aerodinamis. *Winglet* juga membantu turbin berputar lebih mudah pada kecepatan angin rendah, memperluas rentang operasional dan meningkatkan efisiensi keseluruhan. Dengan demikian, *winglet* berfungsi untuk mengoptimalkan konversi energi angin menjadi daya putar dan memperbaiki stabilitas turbin secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbedaan kecepatan angin berpengaruh terhadap turbin angin Darrieus?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *winglet* pada turbin angin Darrieus terhadap performa turbin angin Darrieus?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah antara lain :

1. Pengambilan data menggunakan pengujian eksperimen langsung.
2. Turbin angin Darrieus yang diteliti memiliki 4 sudu.
3. Penelitian ini berfokus pada performa turbin angin, ketahanan material diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disajikan maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh kecepatan terhadap turbin angin Darrieus.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *winglet* terhadap performa turbin angin Darrieus.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mengembangkan turbin angin Darrieus untuk kedepannya.
2. Dengan adanya penelitian ini dapat diketahui dampak dari penambahan *winglet* terhadap turbin angin Darrieus.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini, disusun sesuai kaidah yang terarah agar pembahasan sesuai dengan tujuan, maka sistematika penulisan sebagai berikut

BAB 1 : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang , rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang penelitian terdahulu dan landasan teori.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Membahas tentang metodologi penelitian, waktu dan tempat penelitian, skema instalasi penelitian, alat dan bahan penelitian, prosedur pengambilan data, dan diagram alir penelitian.

BAB 4 : PERHITUNGAN DAN ANALISIS

Membahas tentang: hasil data CP dari simulasi turbin angin Darrieus dengan *winglet* dan tanpa *winglet*.

BAB 5 : PENUTUP

Membahas tentang: rangkuman hasil yang telah dicapai dari percobaan dan pengambilan

ABSTRAK

Muh Syukron Halimi, Dosen pembimbing: Ir. Unung Lesmanah. M.T., Nur Robbi. S.T., M.T. “Analisis Pengaruh Penambahan *Winglet* Terhadap Performa Turbin Angin Darrieus” Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Turbin angin Darrieus adalah jenis turbin sumbu vertikal (VAWT) yang efisien dalam menangkap energi angin dari berbagai arah. Energi angin, sebagai sumber daya terbarukan, sangat penting, namun efisiensinya sering terpengaruh oleh fenomena *vortex* di ujung bilah turbin. Penambahan *winglet* diharapkan dapat meminimalkan efek *vortex* dan meningkatkan efisiensi aerodinamis turbin. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan *winglet* terhadap performa turbin angin Darrieus. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat model turbin dalam dua konfigurasi, yaitu tanpa dan dengan *winglet* berorientasi 90 derajat, serta melakukan uji coba di dua lokasi berbeda, yaitu Pantai Balekambang dan Gedung B Universitas Islam Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin dengan *winglet* menghasilkan kinerja yang lebih tinggi, dengan efisiensi maksimum 0,948% pada kecepatan angin 3,8 m/s, dibandingkan dengan 0,917% pada turbin tanpa *winglet* di 4,2 m/s. Temuan ini menegaskan bahwa penambahan *winglet* signifikan dalam meningkatkan daya dan efisiensi turbin angin Darrieus, memberikan kontribusi penting bagi pengembangan teknologi turbin angin yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Turbin Darrieus, *Vortex*, *Winglet*

ABSTRACT

The Darrieus wind turbine is a type of vertical axis wind turbine (VAWT) that efficiently captures wind energy from various directions. Wind energy, as a renewable resource, is crucial; however, its efficiency is often affected by vortex phenomena at the blade tips. The addition of winglets is expected to minimize vortex effects and enhance the aerodynamic efficiency of the turbine. This study aims to analyze the impact of winglet addition on the performance of the Darrieus wind turbine. The research method was conducted experimentally by creating turbine models in two configurations: without and with 90-degree oriented winglets, and testing them in two different locations, namely Balekambang Beach and Building B of the Islamic University of Malang. The results indicate that the turbine with winglets achieved higher performance, with a maximum efficiency of 0.948% at a wind speed of 3.8 m/s, compared to 0.917% for the turbine without winglets at 4.2 m/s. These findings confirm that the addition of winglets significantly enhances the power and efficiency of the Darrieus wind turbine, making a valuable contribution to the development of more effective and sustainable wind turbine technology.

Keyword : Darrieus Wind Turbine, Vortex, Winglet

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, mulai dari tahap proses penelitian, pengambilan data, hingga pengolahan data, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Perbedaan kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap daya dan rpm yang dihasilkan oleh turbin angin darrieus baik menggunakan winglet dan tanpa menggunakan winglet, semakin besar kecepatan angin yang dihasilkan maka semakin besar pula daya dan rpm yang dihasilkan oleh turbin angin. Perbedaan angin mempengaruhi efisiensi turbin angin darrieus, pada turbin darrieus dengan winglet efisiensi tertinggi berada pada kecepatan angin 3,8 m/s sedangkan turbin angin darrieus tanpa winglet memiliki efisiensi tertinggi pada kecepatan angin 4,2 m/s.
- b. Penambahan *winglet* pada turbin angin darrieus berpengaruh terhadap karakteristik turbin angin, hal ini terjadi karena terjadi pemindahan peningkatan gaya angkat pada bilah turbin yang disebabkan oleh pemindahan *vortex* angin menjauhi ujung bilah. Turbin angin darrieus dengan *winglet* memiliki efisiensi tertinggi yaitu 0,948% pada kecepatan angin 3,8 m/s. Turbin angin darrieus tanpa *winglet* memiliki efisiensi tertinggi yaitu 0,917% pada kecepatan angin 4,2 m/s.

Secara keseluruhan, turbin dengan *winglet* memiliki kinerja yang lebih konsisten dalam mempertahankan koefisien daya di berbagai kecepatan angin, terutama pada kecepatan rendah dan menengah. Sementara itu, turbin tanpa *winglet* hanya menunjukkan lonjakan singkat pada kecepatan tertentu tetapi tidak mampu mempertahankan performa secara stabil. Penggunaan *winglet* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi aerodinamis turbin angin Darrieus, terutama di kecepatan angin yang bervariasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh winglet terhadap performa turbin angin Darrieus, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya dan pengembangan teknologi turbin angin:

1. Optimasi desain *winglet*

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada optimasi bentuk, ukuran, dan sudut *winglet* untuk meminimalkan resistensi aerodinamika tambahan yang terjadi pada kecepatan angin menengah hingga tinggi.

2. Analisis performa pada variasi sudut serang

Pengaruh sudut serang (*angle of attack*) terhadap performa turbin angin dengan winglet perlu dikaji lebih lanjut, terutama dalam kondisi turbulensi yang lebih kompleks. Hal ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi terbaik yang dapat meningkatkan efisiensi turbin secara keseluruhan.

3. Eksperimen dengan material ringan dan tahan lama

Penggunaan material yang ringan dan tahan lama untuk bilah turbin dan *winglet* dapat dieksplorasi guna meningkatkan efisiensi serta daya tahan turbin dalam jangka panjang. Penelitian mengenai material komposit atau teknologi manufaktur yang lebih maju dapat menjadi fokus dalam studi lanjutan.

Dengan adanya saran ini, diharapkan penelitian selanjutnya dapat lebih mengembangkan efisiensi dan aplikasi turbin angin Darrieus, sehingga dapat menjadi solusi energi terbarukan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-López, J. G., Blasetti, A. P., Lopez-Zamora, S., & de Lasa, H. (2023). CFD Modeling of an H-Type Darrieus VAWT under High Winds: The Vorticity Index and the Imminent Vortex Separation Condition. *Processes*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/pr11020644>
- Alfathoni, wildan; M. R. ,N. (2023). *Pengaruh Pemasangan Deflektor Dengan Variasi Posisi Sudut Pada Rotor Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius*.
- Amir, A. I., Soenoko, R., Wijayanti, W., & Setiadhi, D. (2024). Advanced Turbine Working : Impact Of Winglet On Vertical Wind Turbine Darrieus Tipe H. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 5(1), 73–86. <https://doi.org/10.21776/mechta.2024.005.01.8>
- Anderson, J. D. (2011). *Fundamentals of Aerodynamics*.
- Aslam Bhutta, M. M., Hayat, N., Farooq, A. U., Ali, Z., Jamil, S. R., & Hussain, Z. (2012). Vertical axis wind turbine - A review of various configurations and design techniques. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 16, Issue 4, pp. 1926–1939). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.004>
- Daróczy, L., Janiga, G., Thevenin, D., Thévenin, D., & Hawaii, H. (2018). *Optimization of a winglet for improving the performance of an H-Darrieus turbine using CFD Optimization of a winglet for improving the performance of an H-Darrieus turbine using CFD O N R O TATIN G M ISROMAC 2016 International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery*. <https://hal.science/hal-01879336>
- Eftekhari, H., Mahdi Al-Obaidi, A. S., & Eftekhari, S. (2022). Aerodynamic Performance of Vertical and Horizontal Axis Wind Turbines: A Comparison Review. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 7(1), 65–88. <https://doi.org/10.17509/ijost.v7i1.43161>
- Ibrahim, M., Hasan Fauzi, A., & Wahyudi, H. (2024). *Analisis Computational Fluid Dynamics (CFD) Winglet Pesawat Hercules C-130J TNI AU* (Vol. 26, Issue 2).
- Islam, M., Ting, D. S. K., & Fartaj, A. (2008). Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 12, Issue 4, pp. 1087–1109). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.10.023>

- Kevadiya, M., S'ad Vidya, S., Vaidya, H., Vallabhbhai, S., & Vaidya, H. A. (2013). 2D Analysis Of NACA 4412 Airfoil. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(5). <https://www.researchgate.net/publication/280641554>
- Kiernan, D. (2014). *Natural Resources Biometrics*.
- Kumar, P. M., Surya, M. R., Sivalingam, K., Lim, T. C., Ramakrishna, S., & Wei, H. (2019). Computational optimization of adaptive hybrid Darrieus turbine: Part 1. *Fluids*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/fluids4020090>
- Laín, S., Taborda, M. A., & López, O. D. (2018). Numerical study of the effect of winglets on the performance of a straight blade darrieus water turbine. *Energies*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/en11020297>
- Lesmanah, U. (2020). *Pemanfaatan Angin di Gedung UNISMA Sebagai Energi Alternatif Pengerak Wind Turbine Type Savonius pada Pengembangan Media Pembelajaran*.
- Li, Q., Maeda, T., Kamada, Y., Murata, J., Shimizu, K., Ogasawara, T., Nakai, A., & Kasuya, T. (2016). Effect of solidity on aerodynamic forces around straight-bladed vertical axis wind turbine by wind tunnel experiments (depending on number of blades). *Renewable Energy*, 96, 928–939. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.054>
- Lo Houghton, E. (1993). *Aerodynamic for Engineering Student*.
- Luthfi Hakim, Rijano, A., & Muzaki, M. (2018). *Analisis Regresi Kecepatan Angin Terhadap Daya Turbin Angin Jenis VAWT Tipe Darrieus-Savonius*. <http://jetm.polinema.ac.id/>
- Malla, A., Han, Z., & Zhou, D. (2020). Effect of a winglet on the Power Augmentation of Straight Bladed Darrieus Wind Turbine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 505(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/505/1/012041>
- Marabdi Siregar, A., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. In *Teknik Mesin ITM* (Vol. 5, Issue 1).
- Marpaung, J. L., Sutrisno, A., & Lumintang, R. (2017). *Penerapan Metode Anova Untuk Analisis Sifat Mekanik Komposit Serabut Kelapa*.
- P Dida, H., Suparman, S., & Widhiyanuriyawan, D. (2016). Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan

WindSat. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 95–101.
<https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2016.007.02.7>

Paraschivoiu, I. (2002). *Wind Turbine Design With Emphasis on Darrieus Concept*.

prakoso, unung L., Priyagung. (2019). *Perencanaan Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Dengan Penambahan 2 Blade Tipe Savonius Untuk Pembangkit Listrik*.

Putra, M. A., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2018). *Pengaruh Penambahan Magnet Pada Piringan Poros Penggerak Turbin Angin Model Savonius*.

Sam, A., & Patabang, D. (2005). *Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik*.

Taufiqurrahman, R. (2017). Penelitian Numerik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Jumlah Sudu dan Kecepatan Angin. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(1).

Whitcomb, R. T. (1976). *A Design Approach and Selected Wind-Tunnel Results at High Subsonic Speeds For Wing-Tip Mounted Winglets*.

Yunianto, R. F. (2017). *Analisa Pengaruh Variasi Perbandingan Roda Gigi Transmisi Untuk Memaksimalkan Daya Listrik Pada Turbin Angin Savonius Bertingkat*.

Zhang, T. tian, Elsakka, M., Huang, W., Wang, Z. guo, Ingham, D. B., Ma, L., & Pourkashanian, M. (2019). Winglet design for vertical axis wind turbines based on a design of experiment and CFD approach. *Energy Conversion and Management*, 195, 712–726. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.055>