
PENGARUH DEFLEKTOR DAN DIFFUSOR TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL *DARRIEUS H BLADE* DENGAN *AIRFOIL NACA 5317*

Oleh

Nurmand Bernard Adrianto¹, Erdiansyah², Alika Putra Demi Laksa³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas
Kebangsaan Republik Indonesia

E-mail: ¹nurmandbernard@fti.ukri.ac.id, ² erdiansyah@ukri.ac.id,

³alikaputra456@gmail.com

Article History:

Received: 06-10-2024

Revised: 12-10-2024

Accepted: 09-11-2024

Keywords:

Turbine, Deflector, Diffusor

Abstract: *This study analyzes the effect of using a deflector and diffuser on the performance of a vertical axis wind turbine (VAWT) Darrieus H-Blade with NACA 5317 airfoil. The deflector is a flat plate (600 mm x 600 mm), and the diffuser is a semicircle (575.2 mm in diameter), tested with wind speeds varying from 3–5 m/s and a blade pitch angle of 50°. The tests involve SolidWorks simulation and direct testing, focusing on torque, power, power coefficient, rotational speed, and efficiency. Results show that adding the deflector and diffuser increases torque from 1.456 N.m to 1.92 N.m and efficiency from 49.27% to 88.07% at a wind speed of 5 m/s. This combination also extends the optimal TSR range and enhances power output.*

PENDAHULUAN

Energi angin, sebagai salah satu sumber energi terbarukan, menawarkan solusi yang bersih dan ramah lingkungan, yang tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan energi tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem. Krisis iklim global mengharuskan perluasan energi angin sebagai salah satu sumber energi terbarukan utama, perkembangan dalam aerodinamika dapat membantu meminimalkan dampak perluasan ini dan biayanya.

Turbin angin sumbu vertikal, khususnya jenis Darrieus, memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk beroperasi pada kecepatan angin rendah dan kemudahan dalam perawatan. Pada penelitian sebelumnya menggunakan deflektor meningkatkan performansi turbin, juga terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh Salleh dan experiment turbin savonius dengan deflektor pelat datar yang meningkatkan efisiensi dan kinerja turbin. Hal ini diperlukan penelitian lebih lanjut, termasuk pengembangan desain sudu dan penggunaan perangkat tambahan seperti deflektor dan difusor. Dengan mengubah arah angin, deflektor mengurangi sudut serang pada bilah turbin, meningkatkan gaya angkat dan kinerja keseluruhan. Deflektor berbentuk plat datar hemat biaya namun memberikan peningkatan terbatas, sementara struktur gabungan menawarkan efisiensi lebih tinggi dengan biaya lebih besar. Difusor mempercepat dan mengarahkan aliran udara ke rotor turbin angin, meningkatkan rpm dan output daya. Pada turbin angin sumbu vertikal (VAWT), difusor meningkatkan efisiensi energi dengan mengatur aliran angin, mengurangi turbulensi,

dan memastikan operasi optimal, bahkan pada kecepatan angin rendah. Penelitian ini memodifikasi dari penelitian yang dilakukan Sefidgar juga memilih jumlah sudu optimum 3 buah. Sebelumnya dilakukan simulasi untuk memberikan desain yang baik dan memberikan informasi yang dibutuhkan dalam pengolahan data.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode simulasi aliran udara CFD serta eksperimen pengujian secara langsung dengan menggunakan instrumen yang tersedia.

a) Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Kebangsaan Republik Indonesia. Waktu penelitian dilakukan dari bulan April 2024 sampai dengan bulan Agustus 2024.

b) Prosedur Penelitian

Langkah pertama adalah melakukan studi pustaka dimana dilakukan observasi terhadap penelitian penelitian yang sebelumnya dilakukan dan berkaitan dengan tema penelitian. Setelah itu dilakukan desain turbin darrieus beserta perangkat aerodinamika tambahan seperti deflektor dan diffusor. Kemudian dilakukan simulasi aliran udara pada turbin yang sudah di desain. Sistem turbin angin diproduksi sesuai dengan desain yang sudah dibuat dan disimulasikan baik bentuk airfoil, deflektor ataupun difusor. Jika turbin dapat berputar dengan baik maka langsung dilakukan pengujian pengujian dilakukan pada kecepatan 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s dilakukan dengan menggunakan deflektor saja dan dengan deflektor yang ditambahkan diffusor. Data yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengujian dikumpulkan dan diolah menggunakan formula yang ada pada literatur. Dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengujian dan ditarik kesimpulan dan saran dari penelitian. Prosedur penelitian terdapat pada diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

c) Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan saat melakukan penelitian pada turbin angin sumbu vertikal adalah :

1) Alat

- a) Perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) untuk desain turbin angin. Pada penelitian ini dipilih solidworks untuk melakukan desain dan simulasi.
- b) *Fan blower* sebagai sumber angin.
- c) Multimeter digital untuk menghitung daya yang dihasilkan.
- d) Anemometer untuk menghitung kecepatan angin.
- e) Tachometer digital untuk menghitung putaran yang dihasilkan turbin

2) Bahan

- a) Kayu sebagai bahan utama airfoil
- b) Besi beton sebagai rangka diffusor dan deflektor
- c) Fiber plastik sebagai bahan untuk deflektor dan diffusor

Untuk perencanaan dilakukan penggambaran lebih dahulu seperti pada gambar 2.

a.



Gambar 2. Sketsa turbin angin

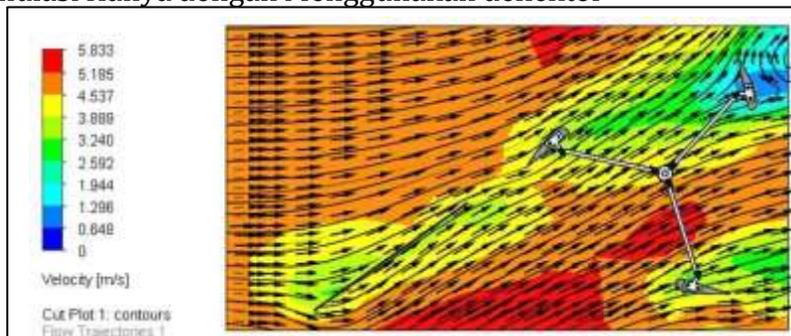
HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Hasil Simulasi Alat

Simulasi turbin menggunakan solidwork flow simulation menggunakan variasi kecepatan angin yang mengarah pada turbin yaitu 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s. Dari hasil simulasi didapatkan beberapa variabel seperti kecepatan angin, tekanan dinamis, gaya, dan torsi pada turbin yang di desain selama proses simulasi. Simulasi juga dilakukan beberapa kali yaitu simulasi dengan hanya menggunakan deflektor serta simulasi dengan deflektor yang ditambahkan diffusor. Input simulasi menggunakan parameter sebagai berikut :

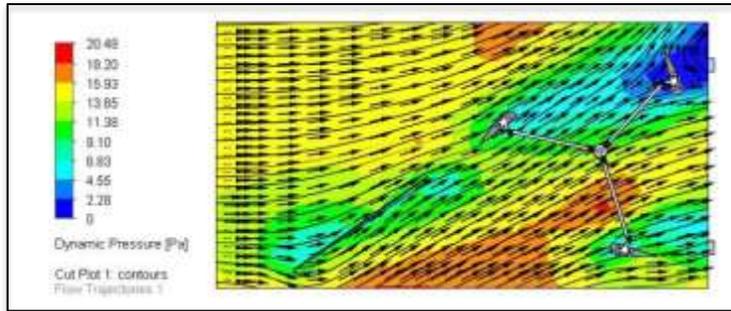
- a) Jenis Fluida : *Air (Gasses)*
- b) Jenis Aliran Fluida : Laminar dan Turbulen
- c) Jenis Analisis : External Flow
- d) Variasi Kecepatan angin : 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s

Simulasi Hanya dengan Menggunakan deflektor



Gambar 3. Simulasi dengan menggunakan defektor dengan parameter kecepatan

Gambar 3 menunjukkan distribusi kecepatan udara di sekitar turbin. Warna merah menandakan kecepatan tinggi, sementara biru-hijau menunjukkan area dengan kecepatan lebih rendah. Di sekitar bilah turbin, terutama di bagian depan yang menghadap angin, terjadi penurunan kecepatan karena deflektor berhasil mengarahkan aliran udara ke bilah, yang meningkatkan efisiensi penangkapan angin oleh turbin.



Gambar 4. Simulasi dengan menggunakan deflektor dengan parameter tekanan dinamis

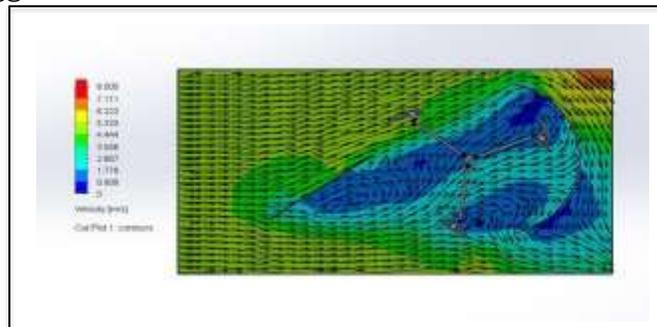
Gambar 4 menunjukkan distribusi tekanan dinamis di sekitar turbin. Warna merah menunjukkan tekanan yang lebih tinggi di sekitar bilah turbin, Deflektor meningkatkan tekanan di depan bilah, yang mendukung ekstraksi energi oleh turbin. Namun, di belakang bilah, tekanan menurun drastis, menunjukkan adanya zona *wake* atau turbulensi.

Tabel 1. Gaya dan torsi yang dihasilkan turbin dengan menggunakan deflektor

Kecepatan Angin (m/s)	Gaya (N)	Torsi (x) (N.m)	Torsi (z) (N.m)
3	2,7	1,08	0,92
4	3,4	1,90	1,3
5	5,2	2,7	2,2

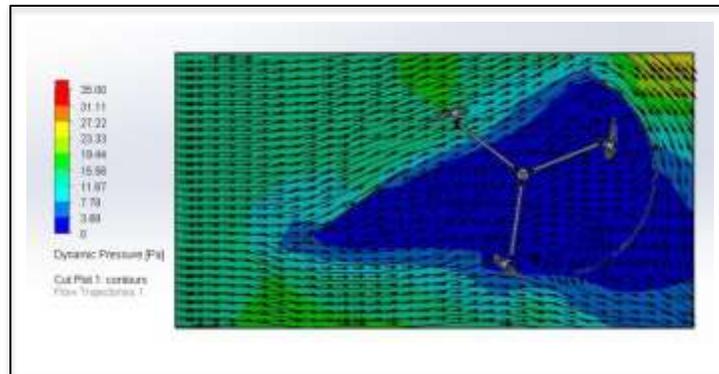
Hanya dengan menggunakan deflektor gaya yg dihasilkan sudah cukup untuk memutar turbin, torsi pada sumbu x yang lebih besar juga menandakan bahwa turbin dapat berputar, tetapi terdapat torsi negatif pada sumbu z yang menghambat atau memberikan gaya *drag* yang cukup besar sehingga turbin angin kurang bisa mengeluarkan potensinya.

Simulasi Dengan Menggunakan Deflektor dan Diffusor



Gambar 5. Simulasi aliran udara dengan menggunakan deflektor dan diffusor dengan parameter kecepatan

Gambar 5 menunjukkan distribusi kecepatan udara di sekitar turbin ketika menggunakan deflektor dan diffuser. Warna merah menandakan kecepatan tinggi mendekati 8 m/s, sementara biru menunjukkan kecepatan yang lebih rendah. Penggunaan diffuser mengakibatkan percepatan aliran udara di beberapa area di depan turbin, tetapi juga menciptakan zona *wake* yang lebih besar di belakang turbin, yang terlihat dari penurunan kecepatan signifikan.



Gambar 6. Simulasi aliran udara dengan menggunakan deflektor dan difusor dengan parameter tekanan dinamis

Gambar 6 menunjukkan distribusi tekanan dinamis di sekitar turbin. area dengan kecepatan tinggi juga menunjukkan tekanan dinamis yang tinggi, sementara area dengan kecepatan rendah (seperti *zona wake*) menunjukkan tekanan yang lebih rendah yang ditunjukkan oleh warna biru.

Tekanan rendah di belakang bilah dapat mengurangi gaya hambat (*drag*) yang bertindak berlawanan dengan arah putaran turbin. Dengan berkurangnya hambatan, bilah turbin dapat berputar lebih cepat karena tidak ada gaya besar yang menghalangi gerakan putarnya.

Tabel 2. Gaya dan torsi yang dihasilkan turbin dengan menggunakan deflektor dan difusor

Kecepatan Angin (m/s)	Gaya (N)	Torsi (x) (N.m)	Torsi (z) (N.m)
3	2,64	1,64	0,31
4	4,09	2,57	0,41
5	6,87	4,27	0,8

Dengan menggunakan difusor gaya yang dihasilkan turbin jauh lebih besar. Torsi positif pada sumbu x juga lebih besar dan torsi negatif pada sumbu z berkurang drastis yang membuat turbin dapat berputar lebih cepat dan membuat gaya angkat dari airfoil meningkat.

2. Hasil Pengujian Alat

Pengujian menggunakan *fan blower* yang ditempatkan pada bagian depan turbin dengan jarak 1,5 meter. Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali dengan variasi kecepatan angin yang telah disebutkan dimana pengujiannya dengan hanya menggunakan deflektor dan pengujian dengan menggunakan deflektor serta difusor.



Gambar 7. Skema Pengujian Turbin

Setelah melakukan 6 kali percobaan pengujian maka didapat data putaran turbin, arus generator dan juga tegangan pada generator. Adapun hasil dari pengujian akan ditampilkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pada Turbin Dengan Menggunakan Deflektor

Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Arus pada Generator (A)	Tegangan Pada Generator (V)
3	31,52	0,236	3,38
4	40,92	0,353	4,83
5	49,4	0,422	6,26



Gambar 8. Perbandingan kecepatan angin dengan putaran turbin dengan deflektor

Dari grafik gambar 8 dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan generator semakin besar kecepatan angin maka semakin besar juga putaran yang dihasilkan oleh turbin.



Gambar 9. Perbandingan kecepatan angin dengan daya turbin dan daya angin dengan deflektor

Dari grafik gambar 9 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh turbin semakin besar kecepatan angin maka semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh turbin. Adapun mengapa bisa terjadi gap yang sangat jauh setiap penambahan kecepatan aliran udara terjadi karena beberapa faktor, termasuk efisiensi konversi energi yang rendah, pengaruh deflektor yang tidak maksimal, variabilitas kecepatan angin, kerugian aerodinamis, dan desain turbin yang mungkin tidak mampu menangkap seluruh daya angin yang tersedia. Semua ini menyebabkan hanya sebagian kecil dari daya angin yang dapat dikonversi menjadi daya listrik oleh turbin. Hasil Pengujian turbin angin menggunakan deflektor serta diffusor dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pada Turbin Dengan Menggunakan Deflektor dan Diffusor

Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Arus pada Generator (A)	Tegangan Pada Generator (V)
3	39,1	0,277	4,7
4	51,5	0,349	6,46
5	66,9	0,426	7,56



Gambar 10. Perbandingan kecepatan angin dengan putaran turbin dengan deflektor dan diffusor

b. Dari grafik gambar 10 dapat dilihat bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran turbin semakin besar kecepatan angin maka semakin besar juga putaran yang dihasilkan oleh turbin. Dengan penambahan difusor peningkatan putaran rata rata bisa meningkat sebesar 28,38 %



Gambar 11. Perbandingan kecepatan angin dengan daya turbin dan daya angin dengan deflektor dan difusor

Dari grafik tersebut terlihat bahwa ada hubungan linier antara kecepatan angin dan daya yang dihasilkan oleh turbin angin; semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar daya yang dihasilkan oleh turbin. Dengan penambahan difusor, peningkatan daya turbin dapat mencapai 58,39%. Selain itu, terlihat juga bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan; semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar daya yang dihasilkan. Dengan penambahan difusor, peningkatan putaran rata-rata dapat meningkat hingga 28,38%. Tanpa adanya difusor, aliran udara yang masuk ke rotor bisa lebih tidak teratur, menyebabkan kecepatan angin yang ditangkap oleh bilah turbin kurang optimal.



Gambar 12. Perbandingan TSR dan CPR tanpa difusor



Gambar 13. Perbandingan TSR dan CPR dengan diffusor

Penggunaan diffusor membantu meningkatkan performa turbin dengan cara mengarahkan dan mempercepat aliran udara yang masuk ke rotor. Dengan diffusor, angin yang mengenai bilah turbin lebih terfokus dan alirannya lebih seragam, sehingga rotor dapat menangkap energi lebih efisien. Inilah mengapa CP dengan diffusor secara keseluruhan lebih tinggi daripada tanpa diffusor. Selain itu, diffusor juga membantu mengurangi turbulensi udara di sekitar rotor, yang menjelaskan stabilitas CP di berbagai nilai TSR.

Dari kedua grafik gambar 12 dan gambar 13, jelas bahwa penggunaan diffusor meningkatkan nilai CP maksimum dan menghasilkan performa yang lebih konsisten pada berbagai nilai TSR. Diffusor juga tampaknya memperluas jangkauan TSR di mana turbin dapat bekerja secara efisien. Pada sistem tanpa diffusor, TSR optimal (sekitar 0,385) terjadi pada nilai yang lebih rendah daripada sistem dengan diffusor (sekitar 0,504). Ini mengindikasikan bahwa rotor dengan diffusor dapat beroperasi pada kecepatan ujung bilah yang lebih tinggi tanpa kehilangan efisiensi

KESIMPULAN

Dengan adanya difusor pada turbin angin sumbu vertikal tersebut, dapat meningkatkan putaran turbin rata rata 28,38 % dan daya turbin rata rata sebesar 58,39 %, dan peningkatan efisiensi sebesar 50,23 %. Terjadi sebuah fenomena saat pengujian dimana dengan adanya deflektor turbin angin darrieus yang sulit bergerak pada awal menjadi lebih mudah karena angin yang masuk ke sistem turbin langsung diarahkan ke airfoil pada turbin. Penambahan deflektor dan diffusor pada turbin Darrieus H-blade secara signifikan meningkatkan kinerja turbin dengan mempercepat aliran udara menuju bilah aktif dan menciptakan perbedaan tekanan yang lebih besar di depan dan belakang turbin. Deflektor membantu mengarahkan aliran udara dengan lebih efisien, sementara diffusor menurunkan tekanan di belakang turbin, meningkatkan torsi dan daya yang dihasilkan. Selain itu, pembentukan vorteks di sekitar bilah memberikan kontribusi tambahan terhadap kinerja, meskipun perlu diperhatikan agar tidak menyebabkan ketidakstabilan aliran. Secara keseluruhan, kombinasi ini meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasional, D. E. (2023). Evaluasi Capaian Bauran Energi Nasional Tahun 2022. *Dewan Energi Nasional*. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan->

- [kinerja sekretariat-jenderal-dewan-energi-nasional-tahun-2022.](#)
- [2] Stoevesandt, B., Schepers, G., Sun, Y., & Fuglsang, P. (2022). The Issue of Aerodynamics in Wind Energy. In *Handbook of Wind Energy Aerodynamics* (pp. 1-16). Cham: Springer International Publishing
 - [3] Batista, N. C., Melicio, R., & Mendes, V. M. (2018). Darrieus vertical axis wind turbines: methodology to study the self-start capabilities considering symmetric and asymmetric airfoils. *MIU Research Group*, 189-217
 - [4] Jyothirmmai, Y., Shyam, S. K., & Sreehari, V. M. (2021, February). Design and analysis of upstream air deflectors for increasing wind-turbine efficiency. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1057, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
 - [5] Salleh, M. B., Kamaruddin, N. M., & Mohamed-Kassim, Z. (2020). The effects of deflector longitudinal position and height on the power performance of a conventional Savonius turbine. *Energy Conversion and Management*, 226, 113584.
 - [6] Adrianto, N. B., & Putra, V. A. (2023). Pengujian Turbin Savonius Tipe Cup dengan Deflektor. *PUBLISHING JOURNAL IN MECHANICAL ENGINEERING*, 38-45.
 - [7] Singh, E., Sukanta, R., & chiat, I. M. (2023). Performance Enhancement of VAWT using Diffuser for Energy Extraction from Cooling Tower Exhaust Air. *MATEC Web of Conferences* 377.
 - [8] Rajpar, A. H., Ali, I., Eladwi, A. E., & Bashir, M. B. (2021). Recent Development in the Design of Wind Deflectors for Vertical Axis Wind Turbine : A Review. *Energies MDPI*, 1-23.
 - [9] Wang, F., Bai, L., Flecher, J., Whiteford, J., & Cullen, D. (2021). The methodology for aerodynamic study on a small domestic wind turbine with scoop. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*.
 - [10] Sefidgar, Z., Ahmadi Joneidi, A., & Arabkoohsar, A. (2023). A comprehensive review on development and applications of cross-flow wind turbines. *Sustainability*, 15(5), 4679.
 - [11] Zhang, T., Wang, Z., Huang, W., Ingham, D., Ma, L., & Pourkashanian, M. (2020). A numerical study on choosing the best configuration of the blade for vertical axis wind turbines. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 201, 104162.
 - [12] Das, A., & Talapatra, P. K. (2016). Modelling and analysis of a mini vertical axis wind turbine. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 6(6), 184-194.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN