



Desain turbin angin horisontal untuk area kecepatan angin rendah dengan airfoil S826

Setiadi Wira Buana ^{*a}, Putty Yunesti ^a, Guna Bangun Persada ^a, Abdul Muhyi ^b

^a Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365

^b Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365

* Corresponding E-mail: setiadi.wira@tse.itera.ac.id

Received 12th May 2020

Accepted 30th November 2020

Published 20th December 2020

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v4i2.272

Abstract: This research aims to determine performance of turbine rotor performance with a single rotor blade model with a diameter of 0.6 m that has been developed by NORCOWE, while for turbine rotor blades used is the NREL S826 airfoil series. The wind turbines are operated at wind speed intervals of 1-5 m / s. This parameter will also present data in the form of the optimal point of wind turbine rotation and rotor rotation speed. The pitch angles used are 25 °, 30 °, and 35 °. The pitch angle that affects the value of the ideal rotational speed with the highest optimization for the horizontal airfoil turbine S826 is 30 ° with a wind speed of 5 m / s and a rotation of 570 RPM. This is because the greater the pitch angle of the installation, the easier it will be to experience speed trimming but is vulnerable to too large an angle of attack that causes a stall.

Keywords: *airfoil, horisonttal, low speed, wind energy, wind turbine design*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinerja rotor turbin dengan model blade rotor tunggal dengan diameter sebesar 0,6 m yang telah dikembangkan oleh NORCOWE, sedangkan untuk bilah rotor turbin yang digunakan adalah seri airfoil NREL S826. Turbin angin dioperasikan pada interval kecepatan angin 1-5 m/s. Parameter ini juga akan menyajikan data berupa titik optimal putaran turbin angin dan kecepatan rotasi rotor. Sudut *pitch* yang digunakan adalah sebesar 25°, 30°, dan 35°. Sudut *pitch* yang mempengaruhi nilai kecepatan putar paling ideal dengan optimalisasi tertinggi untuk jenis turbin horisontal airfoil S826 adalah 30° dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s dan rotasi sebesar 570 RPM. Hal tersebut dikarenakan semakin besar sudut *pitch* pemasangan, karena lebih mudah mengalami pemangkasan kecepatan namun rentan terhadap sudut serangan yang terlalu besar sehingga menyebabkan *stall*.

Kata Kunci : *airfoil, desain turbin angin, energi angin, horisontal, kecepatan rendah*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki kecepatan angin rerata sekitar 3-7 m/s per tahun yang termasuk kedalam kategori kecepatan rendah [1]. Saat ini, penggunaan angin dengan kecepatan rendah masih belum dimanfaatkan padahal kisaran ini sudah cukup untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Salah satu metodenya adalah dengan menggunakan turbin angin [2]. Turbin angin dengan sumbu horisontal menggunakan seri airfoil S826 merupakan desain yang cocok untuk daerah berkecepatan angin rendah [3]. Turbin tersebut dapat berputar pada kecepatan angin 1-2 m/s turbin telah berputar dan dapat dimanfaatkan atau telah dalam keadaan cut in speed pada kecepatan angin setelahnya. Memiliki nilai optimalisasi tertinggi pada sudut pitch 30° dalam kecepatan angin 5 m/s dan rotasi sebesar 570 rpm. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan juga desain

turbin angin ini memiliki titik optimal yang berpengaruh terhadap sudut pitch, semakin besar sudut pitch pemasangan, maka akan lebih mudah mengalami cut in speed namun rentan terhadap sudut serangan yang terlalu besar sehingga menyebabkan stall. Kedepan, perlu adanya improvisasi dalam desain turbin angin, diantaranya penambahan teknologi Difuser Augmented, perubahan back swept pada bilah maupun penambahan vortec generator pada bilah.

Turbin angin atau kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik memanfaatkan prinsip konversi energi dan sumber daya yang dapat diperbaharui [4]. Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin yang memutar kincir dan terhubung dengan generator sehingga menghasilkan energi listrik [5]. Turbin angin sumbu horisontal adalah turbin angin yang



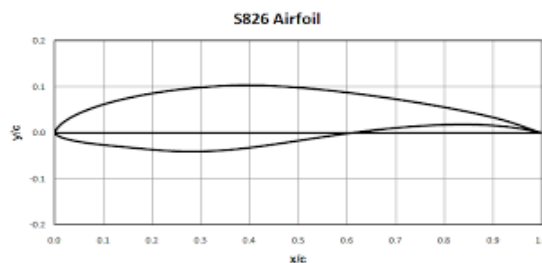
sumbu rotasinya sejajar dengan permukaan tanah. Turbin angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama dan generator listrik di bagian atas menara dan diarahkan ke arah angin yang akan datang untuk dapat menangkap energi angina [6].

Rendahnya kecepatan angin masih dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin angin yang berefisiensi tinggi. Salah satunya adalah turbin angin tipe baling-baling horizontal axis [7], [8]. Turbin angin ini memiliki desain turbin angin yang cocok dengan kecepatan angin rendah sehingga dapat meningkatkan efisiensi konversi energi turbin dan optimalisasi daya serap turbin semakin besar [9], [10]. Peningkatan efisiensi konservasi energi turbin dipengaruhi oleh jumlah bilah turbin yang meliputi ukuran (jari-jari rotor), penampang airfoil, panjang *chord*, dan *angle of attack* [11].

Mengacu pada beberapa hal diatas maka peneliti akan melakukan desain dan analisis optimasi pada turbin angin dan diharapkan menghasilkan turbin angin yang efisien dan efektif saat digunakan dengan membuat turbin angin sumbu horizontal airfoil NREL S826 dengan modifikasi bentuk, jumlah bilah dan sudut kemiringan dari turbin angin tersebut, kemudian dilakukan di daerah berkecepatan angina rendah, yakni di Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan yang memiliki kecepatan angin rerata berkisar 2-5 m/s [12].

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan melalui eksperimen kinerja rotor turbin dengan model blade rotor tunggal. Blade rotor tunggal memiliki diameter sebesar 0,6 m yang telah dikembangkan oleh NORCOWE (*Norwegian Center for Offshore Wind Energy*) dan Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Trondheim, Norway [13], sedangkan untuk bilah rotor turbin yang digunakan adalah seri airfoil NREL S826 dirilis oleh NREL (National Renewable Energy Laboratory) [14], [15]. Turbin angin dioperasikan pada interval kecepatan angin 1-5 m/s. Desain turbin angin dirancang menggunakan Solid Work 2018 dan dianalisis menggunakan Fluent Ansys 2018, termasuk analisis blade tiga dimensi yang terkait dengan parameter aerodinamis rotor dan kerja turbin.



Gambar 1. Airfoil dari Bilang Turbin Angin [14]

Penelitian ini juga akan melakukan beberapa variasi terkait sudut *pitch* dari bilah turbin angin. Parameter ini juga akan menyajikan data berupa titik optimal putaran turbin angin dan kecepatan rotasi rotor. Sudut *pitch* yang digunakan adalah sebesar 25°, 30°, dan 35°. Terkait dengan airfoil dari bilah turbin angin yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan desain turbin angin ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Turbin Angin

Hasil dan Pembahasan

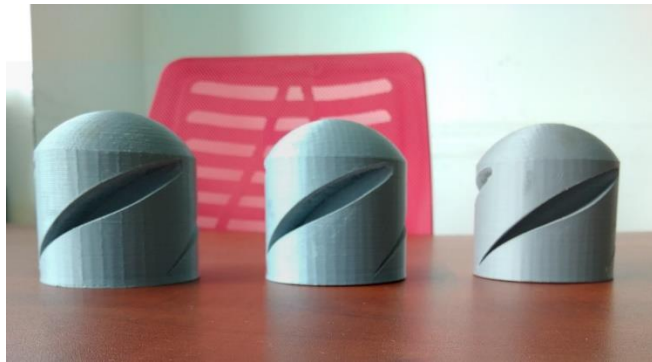
Pada penelitian ini digunakan tiga variasi sudut *pitch*, yaitu 25°, 30°, dan 35° pada kecepatan angin 1-5 m/s menggunakan bilah (blades) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3 dan tiga hubs yang mewakili setiap variasi sudut *pitch* yang ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, berikut hasilnya:

a. Sudut *pitch* 25°

Pada variasi *pitch* 25° mengalami kendala pada awal pemintalan atau besar torsi awal yang diberikan lebih besar. Saat torsi telah berputar dan stabil, kecepatan rotasi rotor meningkat secara signifikan. Pada kecepatan angin 1 m/s rerata kecepatan putar bernilai 142 RPM sampai ke 5 m/s kecepatan perputaran bernilai 560 RPM. Pada kecepatan angin 3 m/s, rerata kecepatan putar rotor sudah mengalami kestabilan dengan rerata kecepatan putar sebesar 338 RPM. Hasil pengukuran kecepatan angin berbanding dengan kecepatan rotasi rotor tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji variasi pitch 25°

Sudut Pitch 25°		
Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Rata-rata kecepatan putar (rpm)
1.0-1.9	86-185	142
2.0-2.9	190-285	233.6
3.0-3.9	294-390	338.4
4.0-4.9	402-490	448.8
5.0-5.1	530-590	560.0

**Gambar 3.** Bilah (Blades)**Gambar 4.** Hubs dengan variasi sudut pitch 25°, 30°, dan 35°

b. Sudut Pitch 30°

Pada sudut pitch uji kedua, yaitu sudut pitch kecepatan rotasi 30°, berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, torsi mengalami peningkatan yang stabil. Kecepatan putaran rerata dari sudut pitch 30° berada diatas variasi 25° sebesar 570 RPM. Dimulai dengan kecepatan angin 1 m/s, rerata kecepatan putar rotor sebesar 152 RPM dan

terus meningkat dengan stabil per rerata 100 RPM ketika kecepatan angin meningkat sampai ke 5 m/s.

c. Sudut Pitch 35°

Sudut pitch 35° merupakan sudut uji akhir yang digunakan pada penelitian ini, berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 3** rerata kecepatan putar mengalami kecepatan rotasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan variasi 25° dan 30°. Pada sudut pitch 35° rerata tertinggi kecepatan putar dengan kecepatan angin 5 m/s senilai 446 RPM. Pada kecepatan angin 1 m/s rerata kecepatan putar rotor sebesar 155 RPM dan terus meningkat secara stabil sebesar rerata 120 RPM sampai ke kecepatan angin 5 m/s.

Tabel 2. Hasil uji variasi pitch 30°

Sudut Pitch 30°		
Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Rata-rata kecepatan putar (rpm)
1.0-1.9	96-195	152
2.0-2.9	200-295	240.6
3.0-3.9	304-400	346.4
4.0-4.9	412-500	458.8
5.0-5.1	530-600	570

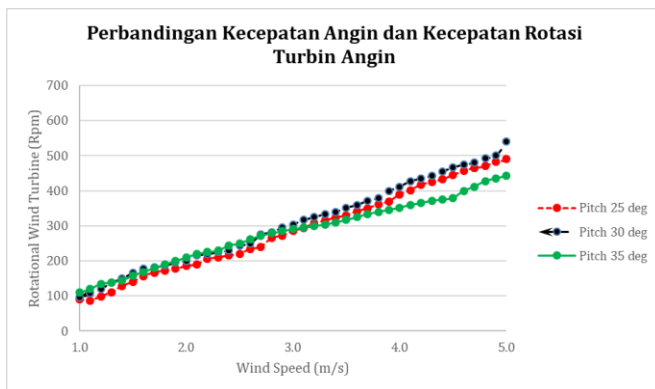
Tabel 3. Hasil uji variasi pitch 35°

Sudut Pitch 35°		
Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Rata-rata kecepatan putar (rpm)
1.0-1.9	110-200	154.6
2.0-2.9	210-285	247.7
3.0-3.9	291-346	316.2
4.0-4.9	352-435	387.9
5.0-5.1	443-456	446.5

Berdasarkan perbandingan pada **Gambar 5**, variasi 25° memiliki peningkatan nilai RPM sesuai dengan tren peningkatan RPM ideal. Pada kecepatan angin rendah, hasilnya adalah RPM rendah dan RPM rendah dan terus meningkat secara proporsional dengan kecepatan angin yang disediakan. Variasi sudut pasang surut 30 juga mengalami peningkatan dan nilai RPM lebih tinggi dari garis ideal. Hasil percobaan dengan percobaan parameter variasi untuk derajat *pitch* dari *hub*. Hasil

percobaan menunjukkan bahwa kecepatan putaran maksimum rotor tunggal diperoleh pada 30° , dengan rerata kecepatan putar sebesar 570 rpm pada kecepatan angin 5 m/s.

Rerata kecepatan putaran yang paling tinggi didapatkan melalui hasil uji variasi pitch 30° , sehingga dapat dikatakan bahwa pada sudut 30° desain ini mencapai titik optimalnya. Hal tersebut disimpulkan karena pada sudut itu airfoil NREL S826 menghasilkan sudut serang yang dapat membuat profil menghasilkan C_L yang optimal dan gaya angkat yang dihasilkan bisa lebih besar, selain itu *angle of attack* yang dihasilkan oleh airfoil terlalu besar, menyebabkan efek stall. Saat kecepatan rotasi rotor berkurang, daya output rotor secara tidak langsung akan berkurang, namun pada variasi sudut pitch surut yang besar ini, rotor dapat memotong kecepatan pada kecepatan angin rendah, sehingga dari ketiga variasi tersebut dapat dikatakan bahwa sudut pitch terbaik adalah pada sudut ke bawah 30° sehingga daya output rotor secara tidak langsung akan berkurang. Pada variasi sudut *pitch* ini (30°), rotor dapat *cut in speed* pada kecepatan angin rendah, sehingga dari ketiga variasi tersebut dapat dikatakan bahwa sudut pitch terbaik adalah pada sudut 30° .



Gambar 5. Perbandingan Kecepatan Angin dan Kecepatan Rotasi Turbin Angin

Kecepatan rotasi rata-rata rotor pada sudut 30° yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya, sehingga energi kinetik angin pada setiap kecepatan dapat ditangkap dengan baik. Daya turbin itu merupakan faktor multiplikasi antara kecepatan rotasi dan torsi yang dihasilkan oleh tiga bilah. Pada pengujian variasi sudut pitch tidak dalam keadaan terbebani tetapi jika diberi beban itu akan menghasilkan tren yang kurang lebih sama pada hasilnya. Ketika daya turbin lebih besar, nilai C_p yang dihasilkan lebih besar dan diharapkan dalam desain turbin angin, yang dapat menghasilkan C_p optimal. RPM adalah kondisi ideal yang diharapkan, oleh karena itu, dalam desain turbin angin nilai RPM awal ditentukan, sehingga nilai RPM yang ideal dapat

diperoleh. Setelah desain selesai, diuji atau disimulasikan. Jika hasilnya mendekati nilai RPM yang diharapkan, maka dapat dikatakan bahwa desain sesuai.

Penggunaan airfoil NREL S826 pada penelitian ini dikarenakan rata-rata kecepatan fluida yang mengalir dipermukaan atas airfoil lebih tinggi bila dibandingkan dengan rata-rata kecepatan dipermukaan bawah airfoil, kemudian Lift yang baik dan Drag yang rendah.

Kesimpulan

Turbin angin dengan sumbu horizontal menggunakan seri airfoil S826 merupakan desain yang cocok untuk daerah berkecepatan angin rendah. Turbin tersebut dapat berputar pada kecepatan angin 1-2 m/s turbin telah berputar dan dapat dimanfaatkan atau telah dalam keadaan *cut in speed* pada kecepatan angin setelahnya. Memiliki nilai optimalisasi tertinggi pada sudut pitch 30° dalam kecepatan angin 5 m/s dan rotasi sebesar 570 rpm. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan juga desain turbin angin ini memiliki titik optimal yang berpengaruh terhadap sudut pitch, semakin besar sudut pitch pemasangan, maka akan lebih mudah mengalami *cut in speed* namun rentan terhadap sudut serangan yang terlalu besar sehingga menyebabkan stall. Kedepan, perlu adanya improvisasi dalam desain turbin angin, diantaranya penambahan teknologi Difusser Augmented, perubahan *back swept* pada bilah maupun penambahan vortec generator pada bilah.

Daftar Pustaka

- [1] Yudiarto, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, and Adiarso, "Outlook Energy Indonesia 2018," *Pusat Pengajian Industri Proses Energi*, vol. 53, no. 9. pp. 1–94, 2018.
- [2] R. Sumiati and K. Amri, "Rancang bangun micro turbin angin pembangkit listrik untuk rumah tinggal di daerah kecepatan angin rendah," *J. Tek. Mesin*, no. November, pp. 1–5, 2014.
- [3] H. Piggott, *Windpower workshop: building your own wind turbine*. 1997.
- [4] R. E. Wilson, "Wind-turbine aerodynamics," vol. 5, pp. 357–372, 1980.
- [5] O. De Vries, "on the Theory of the Horizontal-Axis Wind Turbine.," *Annu. Rev. Fluid Mech.*, vol. 15, pp. 77–96, 1983, doi: 10.1146/annurev.fl.15.010183.000453.
- [6] P. J. Schubel and R. J. Crossley, "Wind turbine blade design," *Energies*, vol. 5, no. 9, pp. 3425–3449, 2012, doi: 10.3390/en5093425.
- [7] M. K. Johari, M. A. A. Jalil, and M. F. M. Shariff, "Comparison of horizontal axis wind turbine (HAWT) and vertical axis wind turbine (VAWT)," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 74–80, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.13.21333.
- [8] J. Krøgenes, L. Brandrud, R. Hann, J. Bartl, T. Bracchi, and L. Sætran, "Aerodynamic Performance of the NREL S826 Airfoil in Icing

- Conditions," *Open-Access J. Eur. Acad. Wind Energy*, no. October, pp. 1–17, 2017, doi: 10.5194/wes-2017-39.
- [9] V. Nelson, *Wind energy: Renewable energy and the environment, second edition*. Florida: CRC Press, 2013.
- [10] T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, and E. Bossanyi, *Wind Energy Handbook, Second Edition*. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- [11] S. Eriksson, H. Bernhoff, and M. Leijon, "Evaluation of different turbine concepts for wind power," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 5, pp. 1419–1434, 2008, doi: 10.1016/j.rser.2006.05.017.
- [12] R. A. Prahmana, "Analysis Wind Characteristics in South Lampung Indonesia," *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–13, 2019, doi: 10.35472/281439.
- [13] P. E. Eriksen and P. Å. Krogstad, "Experimental results for the NOWITECH/NORCOWE blindtest," 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2012.06.121.
- [14] P. Åge Krogstad and P. E. Eriksen, "'Blind test' calculations of the performance and wake development for a model wind turbine," *Renew. Energy*, 2013, doi: 10.1016/j.renene.2012.06.044.
- [15] D. Somers, "The S825 and S826 Airfoils," *Natl. Renew. Energy Lab.*, no. January, pp. 1994–1995, 2005, [Online]. Available: https://wind.nrel.gov/airfoils/Documents/S825,S826_Design.pdf.