

EFFECT OF AIRFOIL SHAPE ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF VERTICAL ROTOR WIND TURBINES

Mochammad Resha¹, Andree Yohanes², dan Ridwan^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

²PUSPITEK, Balai Besar Teknologi Aerodinamika, Aeroelastika, dan Aeroakustika (B2TA3)

*Corresponding author: ridwan@staff.gunadarma.ac.id

Abstract. The blade of the wind turbine has an important influence on the performance of the wind turbine. Characteristics of blade were very influenced by the shapes, models and dimensions, where these factors were related to the aerodynamic characteristics of the blade consisting of Drag Coefficient (C_D), Lift Coefficient (C_L), Moment Coefficient (C_M) and blade aerodynamic efficiency (C_L / C_D). The purpose of this study is to investigate effect of the airfoil shape and angle of attack for the C_D , C_L and C_M values. This study uses experimental methods on wind tunnels on two forms of airfoil, namely: NACA profile 0018, and SELIG S1210 with wind speeds of 7.2 m/s respectively, and variations at the angle of attack ie: -5° , 0° , 5° , 10° and 15° . Result of the research shows at the same wind speed and the same angle of attack NACA 0018 airfoil produces a C_D , C_L , C_M lower than C_D , C_L and C_M on the Selig S1210 airfoil. The C_D value rises as the degree of attack angle increases. on the S1210 airfoil selig the highest C_D value occurred at an angle of attack 15° , while on the NACA 0018 airfoil the highest C_D value occurred at the angle of attack 10° .

Abstrak. Sudu pada turbin angin memiliki peran penting dan sekaligus mempengaruhi performa atau unjuk kerja pada turbin angin tersebut. Karakteristik Sudu sangat dipengaruhi oleh bentuk (shape), model dan dimensi, dimana ketiga hal tersebut berpengaruh langsung terhadap karakteristik aerodinamis sudu berupa Coefisien Drag (C_D), Coefisien Lift (C_L), coefisien Momen (C_M) dan efisiensi aerodinamik sudu (C_L/C_D). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh bentuk airfoil dan sudut serang (*angel of attack*) terhadap nilai CD, CL dan CM. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pada *wind tunnel* pada dua *airfoil shape* yaitu: profil NACA 0018, dan SELIG S1210 dengan kecepatan angin masing-masing 7.2 m/s serta variasi sudut serang -5° , 0° , 5° , 10° dan 15° . Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan angin yang sama dan sudut serang yang sama airfoil NACA 0018 menghasilkan C_D , C_L , C_M yang lebih rendah dibanding C_D , C_L dan C_M pada airfoil Selig S1210. Nilai C_D semakin meningkat seiring dengan naiknya derajat sudut serang. pada airfoil selig S1210 nilai C_D tertinggi terjadi pada sudut serang 15° , sementara pada airfoil NACA 0018 nilai C_D tertinggi terjadi pada sudut serang 10° .

Kata kunci: Airfoil, coefisien drag, coefisien lift, turbin angin.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

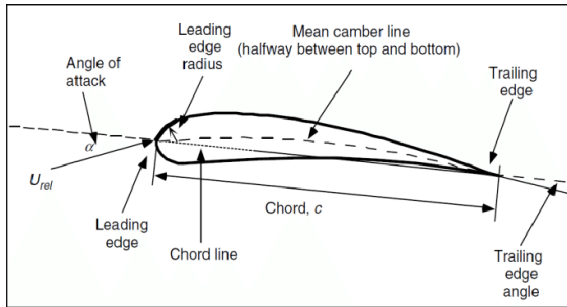
Sudu pada turbin angin merupakan salah satu bagian yang sangat penting, karena berfungsi mengkonversi energi angin menjadi energi gerak berupa putaran pada poros. Sudu memiliki bentuk dasar yang disebut airfoil. Geometri airfoil pada sudu sangatlah berpengaruh terhadap gaya – gaya aerodinamis yang dihasilkan [1].

Airfoil merupakan suatu bentuk bodi aerodinamika yang berfungsi memberikan gaya angkat terhadap suatu bodi dengan perhitungan matematis, sehingga dapat diprediksi seberapa besar gaya angkat dan gaya seret/hambat yang dihasilkan airfoil/sudu pada rotor turbin angin. Variasi bentuk dan geometri dari airfoil memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik

aerodinamika pada koefisien angkat (C_L) dan koefisien hambat (C_D), sehingga berpengaruh juga pada besarnya gaya angkat dan gaya hambat yang dihasilkan oleh airfoil tersebut [2]. Faktor bentuk geometri sudu atau airfoil sangat berpengaruh terhadap gaya angkat dan gaya hambat yang dihasilkan. Standarisasi airfoil yang sering digunakan untuk turbin angin antara lain NACA (*Nationality Advisory Committee for Aeronautics*), Selig, dan FX Wortmann [3,4].

Tujuan penelitian ini yaitu melakukan kajian pengaruh bentuk/shape terhadap karakteristik aerodinamik yang terjadi pada airfoil/sudu jenis NACA 0018 dan SELIG 1210. Pengujian dilakukan secara eksperimental pada terowongan angin (*wind tunnel*) jenis *open loop*.

Secara garis besar airfoil memiliki bagian-bagian tertentu yang mempengaruhi bentuk dan juga karakteristik dari airfoil tersebut diantaranya leading edge, trailing edge, chord, dan sudut serang sebagaimana dapat dilihat pada gambar 1.[5,6].



Gambar 1. Bagian – Bagian Airfoil

Berdasarkan analisis *Blade Element Theory* Nilai karakteristik aerodinamika berupa C_D dan C_L berfungsi menentukan seberapa besar gaya hambat (F_D), gaya angkat (F_L) dan gaya resultan berupa gaya normal (F_N) dan gaya tangensial (F_T) yang dihasilkan oleh turbin angin sumbu vertikal tipe H-Rotor [7,8]. Gaya aerodinamis pada turbin angin tipe H-Rotor dihasilkan berdasarkan sudut azimuth (θ) yang terbentuk dalam satu putaran sehingga nilai sudut serangnya berbeda – beda seperti yang dirumuskan pada persamaan berikut.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \theta}{\lambda + \cos \theta} \right) \quad (1)$$

Tip Speed Ratio (TSR) merupakan perbandingan antara kecepatan putar rotor turbin dengan kecepatan angin [9].

$$TSR (\lambda) = \frac{\omega \cdot r}{v} \quad (2)$$

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental pada terowongan angin (*wind tunnel*) jenis open loop, yang dilakukan di Balai Besar Aerodinamika Aeroakustika Aeroelastika (BBTA3) di Serpong. Beberapa parameter terkait airfoil dan kondisi pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

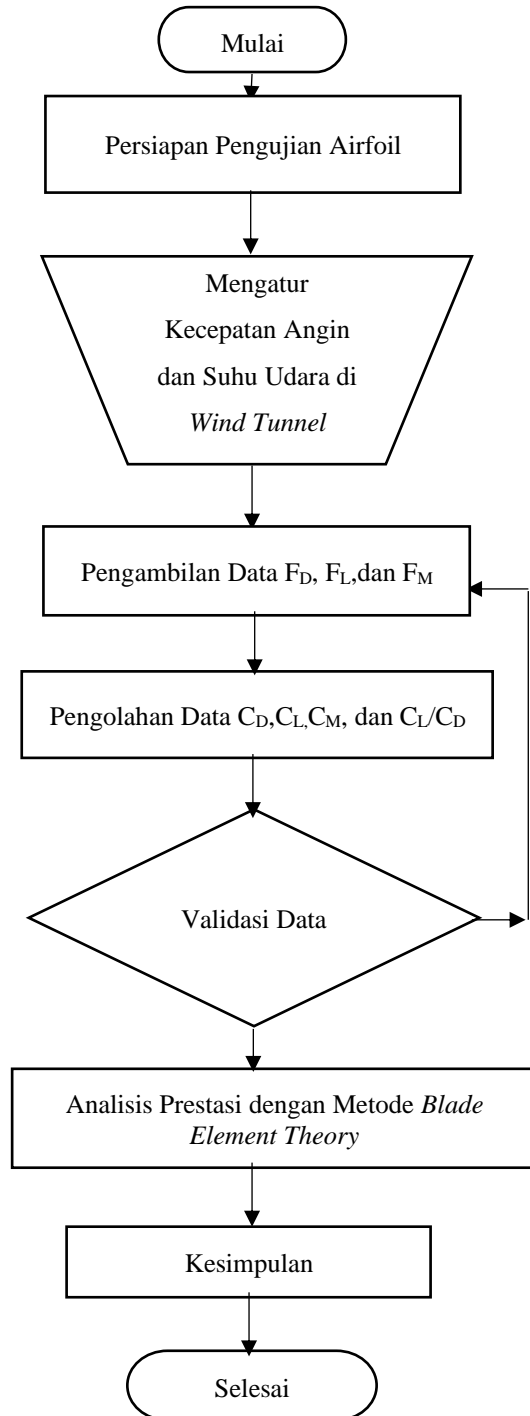
Tabel 1. Spesifikasi Pengujian di *Wind Tunnel*

No.	Parameter	Nilai
1	Lebar/Tinggi Airfoil	0,496 m
2	Panjang <i>Chord</i> Airfoil	0,3 m
3	Kecepatan Angin	7,2 m/s
4	Suhu Udara	27°C
4	Massa Jenis Udara	1,176 kg/m ³
5	Viskositas Dinamik	1,854 x 10 ⁻⁵ Pa.s
6	<i>Reynolds Number</i>	137056,311



Gambar 2. Pengujian Airfoil

Pelaksanaan penelitian/pengujian yang telah dilakukan secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian pada terowongan angin, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan persiapan berupa perancangan dan pembuatan airfoil. Ada dua jenis airfoil yang dirancang, dibuat dan dilakukan pengujian yakni NACA 0018 dan SELIG S1210, material kedua airfoil yang diuji terbuat dari kayu mahoni. Setelah airfoil benda uji sudah siap maka selanjutnya dilakukan persiapan pada *wind tunnel* diantaranya pengaturan kecepatan udara dan suhu udara. Posisi penempatan airfoil pada *wind tunnel* dilakukan lima variasi posisi sudut serang (*angle of attack*) yakni -5° , 0° , 5° , 10° dan 15° .

Hasil pengujian yang didapatkan berupa gaya hambat (F_D), gaya angkat (F_L), dan moment gaya (F_M). Selanjutnya nilai karakteristik aerodinamika C_D , C_L dan C_L/C_D didapat dengan menggunakan persamaan berikut.

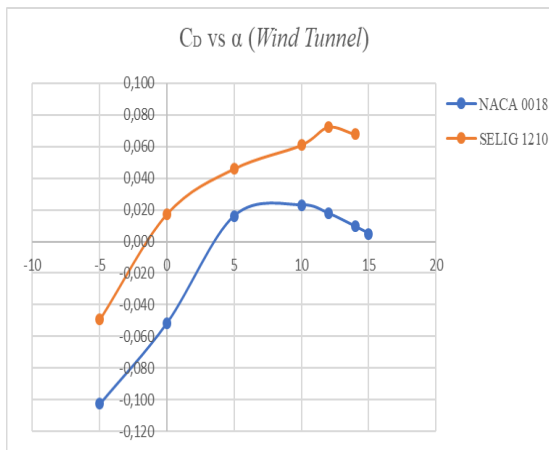
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot H \cdot c} \quad (3)$$

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot H \cdot c} \quad (4)$$

$$C_L/C_D = \frac{F_L}{F_D} \quad (5)$$

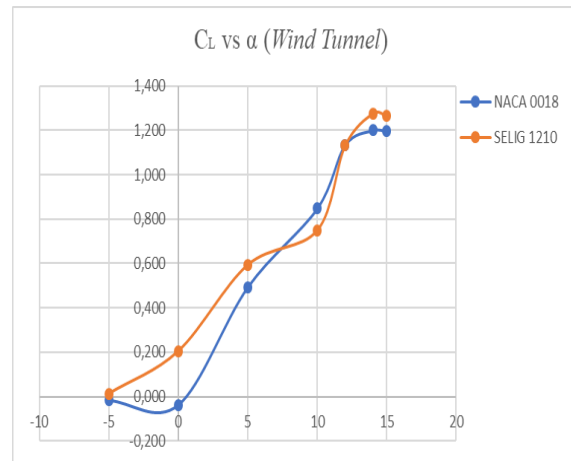
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dan pengolahan data dapat dilihat dari gambar 4 sampai dengan gambar 7.

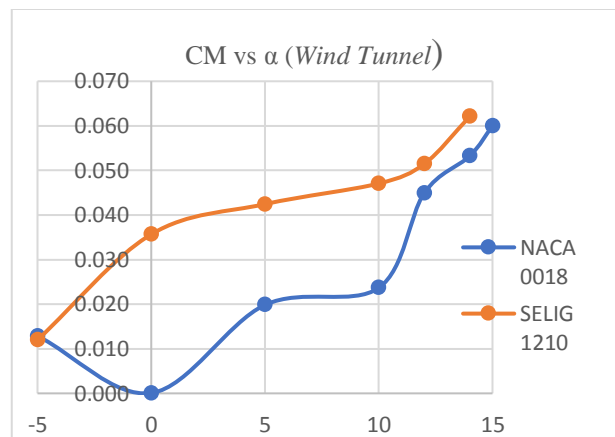


Gambar 4. Perbandingan C_D vs α

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara koefisien drag (C_D) dan sudut serang masing-masing pada NACA 0018 dan Selig S 1210., pada gambar tersebut terlihat koefisien drag NACA 0018 lebih rendah dibanding Selig S1210 untuk semua kategori sudut serang yang diuji

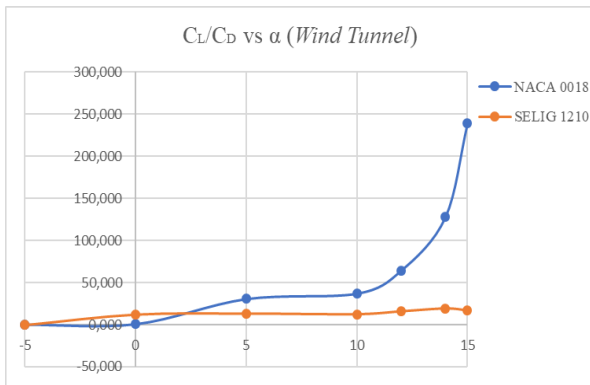


Gambar 5. Perbandingan C_L vs α
 Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara koefisien lift (C_L) dan sudut serang masing-masing pada NACA 0018 dan Selig S 1210., pada gambar tersebut terlihat koefisien lift NACA 0018 pada sudut serang -5° berimpit dengan selig 1210, dengan bertambahnya sudut serang yakni pada sudut 0° dan 5° maka koefisien lift pada selig 1210 lebih tinggi dibanding NACA 0018. Pada sudut serang 10° koefisien lift airfoil NACA 0018 lebih tinggi dari selig 1210.



Gambar 6. Perbandingan C_M vs α

Gambar 6 dapat dilihat hubungan antara koefisien momen (C_M) dan sudut serang masing-masing pada NACA 0018 dan Selig S 1210., pada gambar tersebut terlihat koefisien momen NACA 0018 pada sudut serang -5° juga berimpit dengan selig 1210, dengan bertambahnya sudut serang yakni pada sudut 0° , 5° , 10° dan 15° maka koefisien momen pada selig 1210 lebih tinggi dibanding lebih rendah dibanding airfoil NACA 0018.



Gambar 7. Efisiensi Aerodinamik (C_L/C_D) vs α

Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara Efisiensi aerodinamik (C_L/C_D) terhadap sudut serang (α) masing-masing pada NACA 0018 dan Selig S 1210., pada gambar tersebut terlihat efisiensi aerodinamik (C_L/C_D) NACA 0018 pada sudut serang -5° berimpit dengan selig 1210, dan lebih rendah pada sudut 0° . dengan bertambahnya sudut serang yakni pada sudut 5° , 10° dan 15° maka efisiensi aerodinamik pada selig 1210 lebih rendah dibanding NACA 0018. Pada sudut serang 15° efisiensi aerodinamik (C_L/C_D) NACA 0018 mengalami peningkatannya yang signifikan dibanding Selig S1210. Airfoil NACA 0018 memperlihatkan performa dan karakteristik aerodinamik pada sudut serang yang lebih tinggi.

Kesimpulan

Pada kecepatan angin yang sama dan sudut serang yang sama airfoil NACA 0018 menghasilkan C_D , C_L , C_M yang lebih rendah dibanding C_D , C_L dan C_M pada airfoil Selig S1210. Nilai C_D semakin meningkat seiring dengan naiknya derajat sudut serang. pada airfoil selig S1210 nilai C_D dan C_L tertinggi terjadi pada sudut serang 15° , sementara pada airfoil NACA 0018 nilai C_D dan C_L tertinggi terjadi pada sudut serang 10° . Airfoil NACA 0018 menghasilkan karakteristik dan efisiensi yang lebih baik pada sudut serang 5° sampai 15° dibanding airfoil selig S1210. Hal sebaliknya terjadi pada sudut serang yang rendah yakni -5° sampai mendekati 5° .

Referensi

- [1] Bhutta, M. M. &, Hayat, N., Faroo. (2012). Vertical axis wind turbine—A review of various configurations and design techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 1926-1939
- [2] Ridwan, R., dkk, (2018). Pengaruh Jumlah Sudu dan Jumlah Fin pada Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Tipe U. *SEMRESTEK 2018 Proceedings*, 1(1), 225-234

- [3] Kumar, P. M., Et al., (2017, July). Comparative CFD analysis of darrieus wind turbine with NTU-20-V and NACA0018 airfoils. In *2017 IEEE International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)* (pp. 108-114). IEEE.
- [4] Sabaeifard, P., Razzaghi, H., & Forouzandeh, A. (2012, February). Determination of vertical axis wind turbines optimal configuration through CFD simulations. In *International Conference on Future Environment and Energy* (Vol. 28, pp. 109-113).
- [5] Du, L., Berson, A., & Dominy, R. G. (2015). Aerofoil behaviour at high angles of attack and at Reynolds numbers appropriate for small wind turbines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 229(11), 2007-2022.
- [6] Tjiu, W., Et al., (2015). Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations. *Renewable Energy*, 75, 50-67.
- [7] Tai, F. Z., Et al. (2013). Study on the analysis method for the vertical-axis wind turbines having Darrieus blades. *Renewable energy*, 54, 26-31.
- [8] Akbar, M. A., & Mustafa, V. (2016). A new approach for optimization of vertical axis wind turbines. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 153, 34-45.
- [9] Chen, J., Et al., (2015). A comprehensive review of the theoretical approaches for the airfoil design of lift-type vertical axis wind turbine. *Renewable and sustainable energy reviews*, 51, 1709-1720.