

SIMULASI PERFORMA AERODINAMIKA NACA 1408 PADA APLIKASI TURBIN ANGIN DENGAN VARIASI PANJANG *GURNEY FLAP*

Aris Sandi^{1)*}, Eli Kumolosari²⁾, Yulia Venti Yoanita³⁾, Sinung Tirtha Pinindriya⁴⁾, Dondi Kurniawan⁵⁾

¹⁾ Program Studi D2 Perawatan Mesin Pengolah Hasil Perkebunan, Politeknik LPP

²⁾ Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

³⁾ Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Yogyakarta

⁴⁾ Pusat Riset Teknologi Penerbangan, ORPA – BRIN

⁵⁾ Fakultas Tarbiyah dan Tadris, UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu

e-mail: *aris@polteklpp.ac.id

Abstrak

Airfoil merupakan bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi untuk mengubah energi angin menjadi gaya. Performa aerodinamika airfoil akan mempengaruhi efisiensi turbin angin secara keseluruhan. Salah satu cara untuk meningkatkan performa aerodinamika airfoil adalah dengan menambahkan *gurney flap* (GF). Pada penelitian ini, airfoil NACA 1408 ditambah dengan GF yang panjangnya divariasikan antara 0,12-0,21%*c* pada sudut serang 0°. Tujuannya adalah mendapatkan panjang GF paling optimal untuk NACA 1408 dalam aplikasi turbin angin. Data diambil dengan metode simulasi menggunakan *software* Simflow. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Cl/Cd* tertinggi dihasilkan pada panjang GF 0,18%*c* yaitu sebesar 20,185. Selain nilai *Cd*, *Cl*, dan *Cl/Cd*, juga dihasilkan visualisasi distribusi kecepatan dan tekanan udara yang melewati airfoil. Dari hasil visualisasi tersebut terlihat bahwa hasil simulasi sesuai dengan Hukum Bernoulli, yaitu kecepatan bagian bawah airfoil lebih rendah dari bagian atasnya, yang mengakibatkan tekanan bagian bawah lebih tinggi dari bagian atasnya, sehingga menghasilkan gaya angkat (*lift force*).

Kata kunci: Turbin angin, airfoil, NACA 1408, simulasi, *Cl/Cd*.

Abstract

*Airfoil is part of the wind turbine which has the function of converting wind energy into force. The aerodynamic performance of the airfoil will generally affect the efficiency of the wind turbine. One of some methods to improve the aerodynamic performance of the airfoil is to add a gurney flap (GF). In this research, NACA 1408 airfoil simulation was conducted with the addition of GF which the length was varied between 0.12-0.21%*c* at an angle of attack of 0°. The simulation results with the Simflow software showed that the highest *Cl/Cd* value was generated at 0.18%*c* GF length, which is 20.185. In addition to the *Cd*, *Cl*, and *Cl/Cd* values, a visualization of the velocity and pressure distribution of air passing through the airfoil was also generated. From the visualization results it could be seen that the simulation results were in accordance with Bernoulli's Law, namely the velocity of the bottom of the airfoil was lower than the top, which caused the pressure at the bottom was higher than the top, so that resulted the lift force.*

Keywords: wind turbine, airfoil, NACA 1408, simulation, *Cl/Cd*.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang mengancam masyarakat global saat ini telah berada pada level yang cukup memprihatinkan. Hal tersebut memicu perubahan pola penggunaan energi dunia, di mana diperlukan transisi dari energi yang tidak ramah lingkungan menjadi energi ramah

lingkungan [1]. Energi terbarukan sebagai energi ramah lingkungan merupakan pilihan yang paling tepat menjadi solusi, disesuaikan dengan potensi masing-masing negara [2]. Salah satu energi bersih dan terbarukan yang bisa dimanfaatkan adalah energi angin. Energi tersebut telah dimanfaatkan secara global

selama sekitar 20 tahun terakhir [3]. Di Indonesia sendiri yang merupakan negara kepulauan, potensi energi angin cukup baik, namun pemanfaatannya masih belum maksimal. Energi angin bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan bantuan beberapa alat. Salah satu bagian yang langsung bersinggungan dengan sumber energi tersebut adalah turbin angin. Jenis, ukuran, jumlah *blade*, jenis *blade*, sudut pemasangan, dan ketinggian turbin merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi performa pembangkit tersebut. *Blade* sebagai bagian yang langsung bersinggungan dengan sumber energi menjadi salah satu bagian terpenting yang berpengaruh. *Blade* berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi gaya dengan geometrinya yang melengkung yang disebut dengan airfoil [4]. Oleh karena itu, diperlukan studi untuk memaksimalkan performa aerodinamika airfoil yang akan berdampak pada performa aerodinamika turbin secara keseluruhan [5].

Salah satu cara untuk meningkatkan performa aerodinamika airfoil adalah dengan menambahkan komponen berupa *gurney flap* (GF). GF bisa menaikkan performa aerodinamika airfoil secara signifikan [5]. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan penambahan GF pada airfoil [5]-[10]. Dalam jurnal ini, dilakukan perbandingan performa aerodinamika airfoil NACA 1408 dengan penambahan GF dalam aplikasi turbin angin. Panjang GF divariasikan antara 0,12–

0,21%*c*. Sudut serang yang digunakan adalah 0° dengan metode simulasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software* Simflow. Airfoil yang digunakan adalah NACA 1408, yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



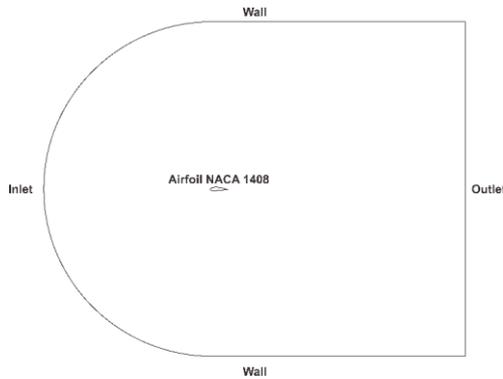
Gambar 1. Geometri airfoil NACA 1408

Airfoil NACA 1408 ditambahkan GF untuk meningkatkan performa aerodinamiknya. Panjang GF divariasikan antara 0,12–0,21%*c*, kemudian hasilnya dibandingkan. Angka tersebut diambil dari penelitian Bianchini dkk [11] yang menyatakan bahwa performa terbaik berada pada panjang GF <2% dari panjang *chord*. Ilustrasi penambahan GF pada NACA 1408 ditunjukkan pada Gambar 2.



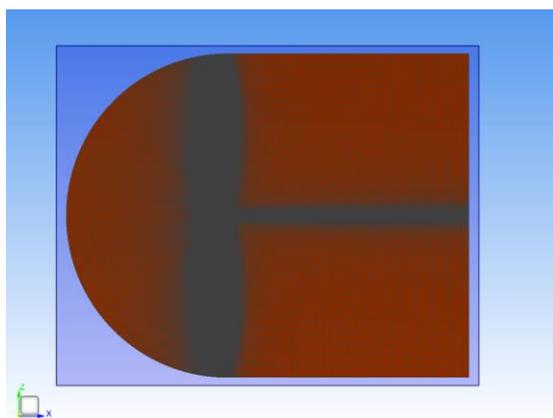
Gambar 2. NACA 1408 dengan penambahan GF

NACA 1408 dengan variasi Panjang GF disimulasi pada *software* Simflow dengan ilustrasi domain seperti terlihat pada Gambar 3. Udara mengalir dari *inlet* menuju *outlet* dengan melewati airfoil. Aliran udara tersebut yang kemudian dianalisis menjadi *output* sesuai desain yang direncanakan. Ukuran domain didesain agar sesuai dengan ukuran airfoil, karena domain yang terlalu kecil akan membuat hasil simulasinya kurang valid.

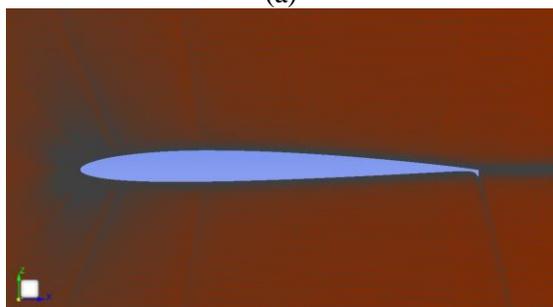


Gambar 3. Ilustrasi domain simulasi

Temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 303 K (30°C), Reynolds Number 1.000.000 dan kecepatan angin 10,05 m/s. Model turbulen yang digunakan pada simulasi ini adalah k- ω SST. Proses *meshing* dilakukan dengan memasukkan beberapa parameter, yaitu ukuran domain, ketebalan *cell*, serta panjang minimal dan maksimal permukaan *cell*, sehingga didapat jumlah *cell* adalah 93718 *cells*. Hasil *meshing* terlihat pada Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) *Meshing* simulasi pada domain C, (b) *Meshing* detail di sekitar airfoil dengan GF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan panjang GF antara 0,12–0,21%*c* untuk mengetahui panjang GF paling optimal untuk aplikasi airfoil sebagai turbin angin. Output yang didapatkan adalah *Coefficient of drag* (*C_d*), *Coefficient of lift* (*C_l*), serta distribusi kecepatan dan tekanan.

Nilai *C_d*, *C_l*, dan *C_l/C_d*

Tabel 1 menunjukkan nilai *Coefficient of Drag* (*C_d*), dan *Coefficient of Lift* (*C_l*) yang dihasilkan dari perhitungan oleh *software* Simflow. Dari tabel tersebut terlihat bahwa *C_l/C_d* tertinggi dihasilkan pada panjang GF 0,18%*c*, yaitu sebesar 20,185. Di sisi lain, nilai *C_l/C_d* terendah dihasilkan pada panjang GF 0,12%*c*. Hal ini menunjukkan bahwa performa aerodinamika terbaik NACA 1408 untuk aplikasi turbin angin adalah dengan penambahan GF sebesar 0,18% dari panjang *chord*.

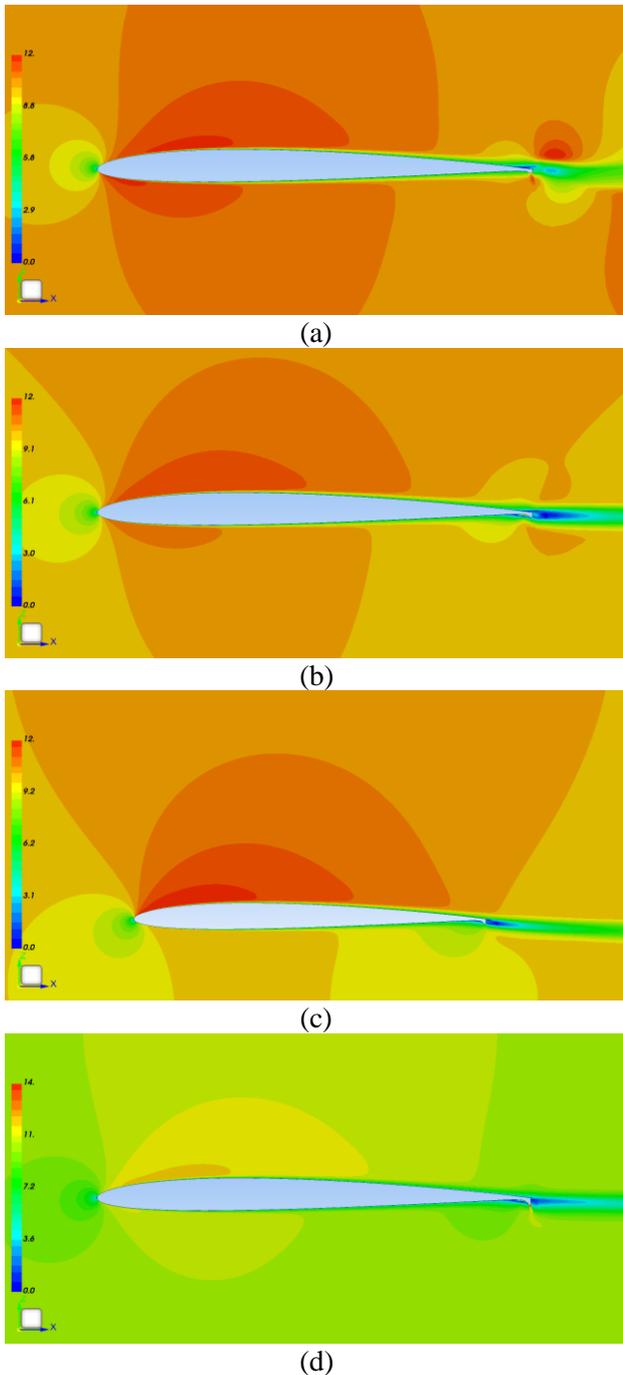
Tabel 1. Nilai *C_d*, *C_l*, dan *C_l/C_d* untuk berbagai variasi panjang GF

Panjang GF (% <i>c</i>)	<i>C_d</i>	<i>C_l</i>	<i>C_l/C_d</i>
0,12	0,03000884	8,04E-03	0,268029587
0,15	0,02500916	0,1390105	5,558383408
0,18	0,02031311	0,4100244	20,18521044
0,21	0,02448903	0,1640429	6,698627916

Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan udara yang melewati airfoil terlihat pada Gambar 5(a)-(d). Kecepatan terendah divisualisasikan dengan warna biru, sedangkan kecepatan tertinggi divisualisasikan dengan warna jingga. Secara umum terlihat bahwa bagian bawah airfoil berada pada

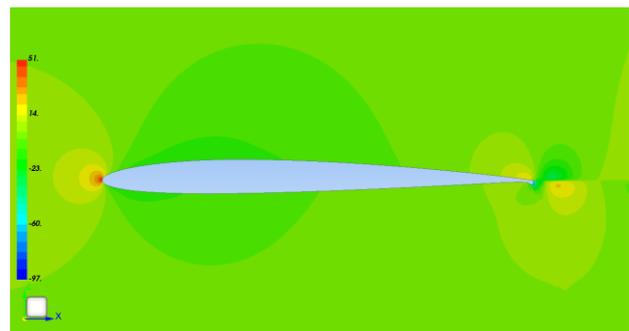
rentang warna yang lebih rendah dibandingkan bagian atasnya. Hal tersebut sesuai dengan Hukum Bernoulli bahwa gaya angkat akan terjadi ketika kecepatan bawah airfoil lebih rendah dari bagian atas, yang mengakibatkan tekanan di bawah airfoil lebih besar dibanding bagian atasnya.



Gambar 5. Distribusi kecepatan pada GF (a) 0,12% c; (b) 0,15% c; (c) 0,18% c; (d) 0,21% c

Distribusi Tekanan

Distribusi tekanan udara yang melewati airfoil terlihat pada Gambar 6(a)-(d). Tekanan terendah divisualisasikan dengan warna biru, sedangkan tekanan tertinggi divisualisasikan dengan warna jingga. Secara umum terlihat bahwa bagian bawah airfoil berada pada rentang warna yang lebih tinggi dibandingkan bagian atasnya. Hal tersebut sesuai dengan Hukum Bernoulli bahwa gaya angkat akan terjadi ketika tekanan bawah airfoil lebih rendah dari bagian atas, di mana hal tersebut juga sesuai dengan visualisasi distribusi kecepatan di Gambar 5. Tekanan yang lebih tinggi di bagian bawah airfoil akan mendorong airfoil ke atas, sehingga terjadilah gaya angkat (*lift force*). Pada Gambar 6(a) terlihat bahwa perbedaan warna di bagian atas dan bawah airfoil tidak terlalu signifikan. Hal tersebut mengkonfirmasi nilai C_l yang rendah di Tabel 1 untuk GF 0,12% c. Fenomena sebaliknya terjadi pada Gambar 6(c) di mana perbedaan warna bagian atas dan bawah airfoil berada pada rentang yang cukup jauh, yang menandakan selisih tekanan yang cukup tinggi. Hal tersebut juga mengkonfirmasi data pada Tabel 1.

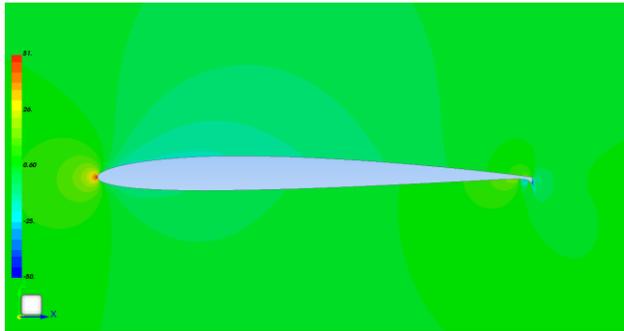


(a)

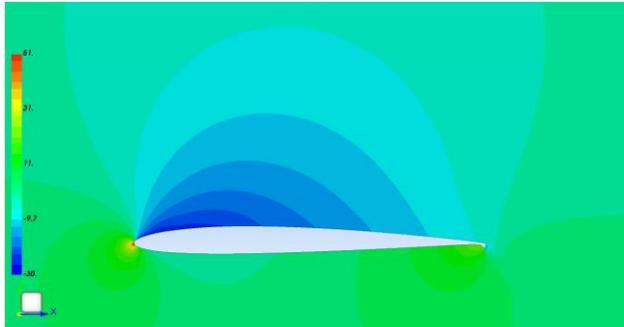
lebih tinggi dibanding bagian atasnya sehingga terjadi gaya angkat (*lift force*).

DAFTAR PUSTAKA

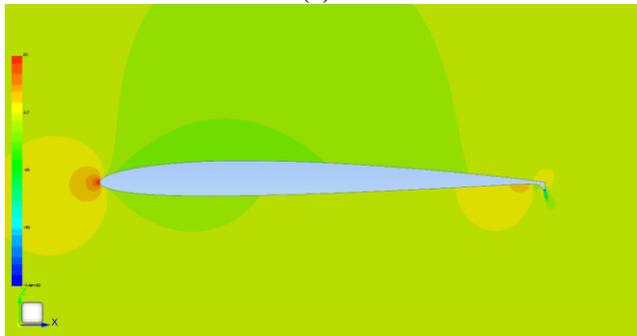
- [1] Davies, A., & Simmons, M. D. (2021). Demand for 'advantaged' hydrocarbons during the 21st Century energy transition. *2nd Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202121019>
- [2] Hamid, H., & Abd El Maksoud, R. M. (2023). A comparative examination of the aerodynamic performance of various seashell-shaped wind turbines. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17036>
- [3] Xie, P., Shi, X., & Jiang, Z. (2023). Investigation of lightning attachment characteristics of wind turbine blades with different receptors. *Energy Reports*, 9, 618–626. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.085>
- [4] Sharma, P., Gupta, B., Pandey, M., Sharma, A. K., & Nareliya Mishra, R. (2021). Recent advancements in optimization methods for wind turbine airfoil design: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6556–6563. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.231>
- [5] Hao, L.-S., & Gao, Y.-W. (2019). Effect of gurney flap geometry on a S809 airfoil. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2019, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2019/9875968>
- [6] Wang, J. J., Li, Y. C., & Choi, K.-S. (2008). Gurney flap—lift enhancement, mechanisms and applications. *Progress in Aerospace Sciences*, 44(1), 22–47. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2007.10.001>
- [7] Cole, J., Vieira, B., Coder, J., Premi, A., & Maughmer, M. (2011). An experimental investigation into the effect of gurney flaps on various airfoils. *49th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and*



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. Distribusi tekanan pada GF (a) 0,12%*c*; (b) 0,15%*c*; (c) 0,18%*c*; (d) 0,21%*c*

KESIMPULAN

Dari hasil studi, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan GF paling optimal pada NACA 1408 untuk aplikasi turbin angin adalah pada panjang 0,18% dari panjang *chord*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Cl/Cd* pada panjang GF tersebut adalah 20,185.
2. Visualisasi aliran udara pada airfoil sesuai dengan Hukum Bernoulli, yaitu kecepatan di bawah airfoil lebih rendah dibanding bagian atasnya. Akibatnya, tekanan di bawah airfoil

Aerospace *Exposition.*
<https://doi.org/10.2514/6.2011-1250>

- [8] Myose, R., Papadakis, M., Heron, I., Myose, R., Papadakis, M., & Heron, I. (1997). A parametric study on the effect of gurney flaps on single and multielement airfoils, three-dimensional wings, and reflection plane model. *35th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit.* <https://doi.org/10.2514/6.1997-34>
- [9] Nikoueeyan, P., Strike, J. A., Magstadt, A., Hind, M., & Naughton, J. W. (2014). Characterization of the aerodynamic coefficients of a wind turbine airfoil with a gurney flap for flow control applications. *32nd AIAA Applied Aerodynamics Conference.* <https://doi.org/10.2514/6.2014-2146>
- [10] He, X., Wang, J., Yang, M., Ma, D., Yan, C., & Liu, P. (2017). Numerical simulation of gurney flaps lift-enhancement on a low Reynolds number airfoil. *Science China Technological Sciences*, *60*(10), 1548–1559. <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9085-4>
- [11] Bianchini, A., Balduzzi, F., Di Rosa, D., & Ferrara, G. (2019). On the use of gurney flaps for the Aerodynamic Performance Augmentation of Darrieus Wind Turbines. *Energy Conversion and Management*, *184*, 402–415. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.068>