



Karakteristik Aerodinamika Sudu Turbin Angin Bio-inspired Menggunakan Simulasi CFD

Yoga Arob Wicaksono^{1)*}, Munaji¹⁾, Erika Eka Santi²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No 10, Ponorogo, 63471

²⁾Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No 19, Ponorogo, 63471

e-mail: yoga_arob@umpo.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi karakteristik aerodinamika turbin angin bio-inspired. Bentuk sudu yang diusulkan adalah menyerupai isi buah pohon mahoni (*Mahagoni s.p*). Simulasi dilakukan dengan model 3D dan menganalisis gaya-gaya aerodinamika meliputi C_l dan C_d dari sudu turbin bio-inspired. Variasi yang digunakan yaitu kecepatan angin 0,1, 1, 2, dan 3 m/s. Parameter yang dihasilkan dari simulasi antara lain: C_l , C_d dan kontur aliran. Software yang digunakan untuk simulasi adalah OpenFOAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudu turbin angin bio-inspired memiliki karakteristik aerodinamika yang sama dengan airfoil. C_l rata-rata tertinggi diperoleh pada kecepatan 3 m/s. Sedangkan C_d rata-rata tertinggi diperoleh pada kecepatan 3 m/s.

Kata Kunci: turbin angin, energi, sudu, bio-inspired

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the aerodynamic characteristics of a bio-inspired wind turbine. The shape of the blade proposed is similar to the content of the fruit of a mahogany tree (*Mahagoni s.p*). Simulations were carried out using 3D models and analyzing aerodynamic forces including C_l and C_d from the bio-inspired turbine blades. The variations used are wind speeds of 0.1, 1, 2, and 3 m/s. Parameters generated from the simulation include: C_l , C_d and flow contours. The software used for the simulation is OpenFOAM. The results showed that the bio-inspired wind turbine blades have the same aerodynamic characteristics as the airfoil. The highest average C_l was obtained at a speed of 3 m/s. While the highest average C_d was obtained at a speed of 3 m/s.

Keywords: wind turbine, energy, blade, bio-inspired

1. Pendahuluan

Energi angin dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi listrik lewat turbin angin. Sebelum turbin angin dipasang perlu dilakukan kajian potensi energi angin di daerah tersebut. Hal ini disebabkan karena ketersediaan energi angin di suatu tempat menjadi syarat penting agar turbin angin beroperasi dengan optimal. Menurut Hasan et al. (2012), kecepatan angin di Indonesia berkisar antara 2 sampai 6 m/s. Sehingga generator energi angin yang dapat digunakan mulai skala kecil (10kW) sampai medium (10-100kW). Nominal kapasitas pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia sebesar 1,06 MW dari total pembangkit listrik pada tahun 2009.

Turbin angin dapat menjadi alternatif untuk mengurangi beban listrik di lingkungan perkotaan. Lingkungan perkotaan

membutuhkan energi listrik lebih banyak dan umumnya memiliki gedung tinggi/high rise building yang banyak, sehingga menjadi pilihan menarik untuk penempatan turbin angin. Turbin angin yang diletakkan di gedung tinggi semakin diminati sebagai bagian dari teknologi yang sesuai untuk aplikasi pembangkit mikro. Namun, lingkungan perkotaan umumnya memiliki masalah kecepatan angin yang rendah dan sering terjadi turbulensi. Selain itu kecepatan angin selalu berubah dan arahnya tidak selalu sama. Baru-baru ini, para insinyur dan peneliti telah mengalihkan pikiran mereka ke pengamatan alam untuk mendapatkan inspirasi desain yang lebih inovatif dan efisien yang mengatasi kurangnya keserbagunaan turbin angin ukuran kecil dan menengah [1].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki karakteristik aerodinamika dari sebuah bentuk sudu turbin yang terinspirasi dari biji pohon mahoni.

Cognet melakukan penelitian terhadap desain sudu turbin elastis yang terinspirasi dari karakteristik terbang serangga dan konfigurasi daun tanaman. Konfigurasi ulang bilah elastis secara signifikan memperluas rentang rezim operasi hanya dengan menggunakan mekanisme pasif dan tidak memakan waktu. Kecerbagunaan model turbin baru mengarah pada peningkatan besar tingkat energi yang dikonversi, hingga 35%. Mekanisme fluida / elastisitas yang terlibat untuk kemampuan konfigurasi ulang sudu-sudu baru dianalisis secara mendetail, menggunakan observasi dan pemodelan eksperimental [2]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Venkataraman yang meneliti sebuah desain rotor turbin angin terinspirasi dari tumbuhan khas yang ada di India yaitu Mimosa dan Bauhinia variegata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rotor turbin mampu beroperasi pada kecepatan angin minimal 2 m/s, sehingga rotor ini sesuai digunakan untuk turbin angin pada lingkungan perkotaan [3]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Mulligan yang meneliti tentang turbin angin dengan rotor beralur terinspirasi dari sirip ikan paus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain tersebut dapat meminimalisir stall, mengurangi perbandingan lift dan drag [4]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Talarico mendesain bio-inspired energy harvester, berupa turbin angin dengan model flapping airfoil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model flapping airfoil mampu beroperasi pada bilangan Reynolds 60.000 [5]. Penelitian lain dilakukan oleh Yung-Jeh Chu yang membandingkan turbin angin Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa turbin angin bio-inspired sudu fleksibel dan rigid pada skala sentimeter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudu fleksibel mampu menghasilkan daya listrik lebih tinggi dibandingkan dengan sudu rigid namun beroperasi pada putaran rendah [6]. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa turbin angin bio-inspired berpotensi menggantikan turbin angin dengan rotor konvensional. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik turbin angin bio-inspired ini.

2. Metode

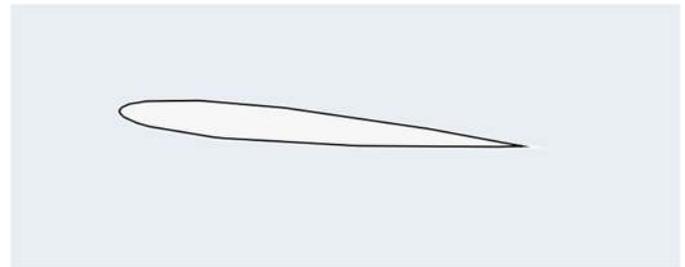
Pengambilan data simulasi dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Alat dan bahan yang digunakan adalah: model sudu, Software CAD dan OpenFOAM.

Prosedur pembuatan diawali dengan menyiapkan software SolidWorks. Kemudian menggambar sudu turbin dengan spesifikasi. Spesifikasi sudu turbin yang disimulasikan adalah sebagai berikut:

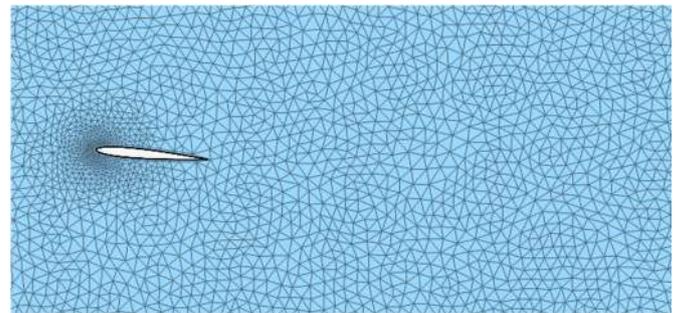
- Panjang chord : 0,15 m
- Lebar chor : 0,05 m

Prosedur simulasi dimulai dengan tahap Pre-processing antara lain:

- 1) Menggambar model seperti pada Gambar 1
- 2) mengimport model ke OpenFOAM dan Menggambar domain komputasi.
- 3) Membuat mesh seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Gambar 2D sudu turbin angin bio-inspired



Gambar 2. Meshing

Tahap kedua yaitu processing, dimulai dengan Langkah pertama yaitu, melakukan input parameter komputasi sebagai berikut:

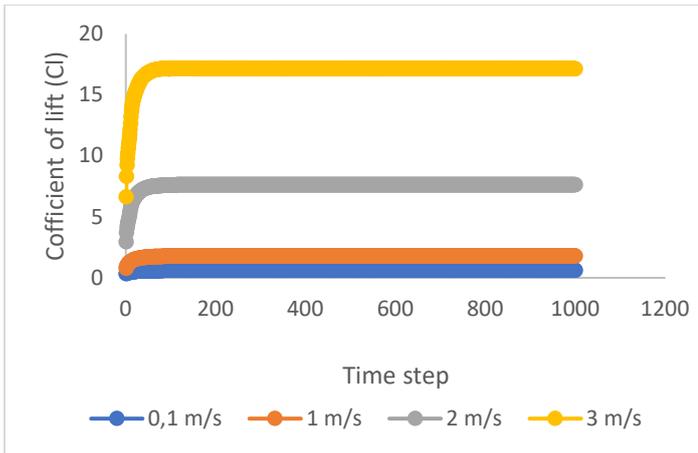
- a. Material fluida : udara
- b. Viskositas kinematis : $1,529 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- c. Densitas : $1,196 \text{ kg}/\text{m}^3$
- d. Model turbulensi : $k-\omega$

Berikutnya memasukkan variasi komputasi. Variasi komputasi yang digunakan adalah kecepatan angin mulai dari 0,1 m/s sampai dengan 3 m/s. Simulasi dilakukan dengan metode 2D untuk menghemat waktu dan efisiensi sumber listrik. Tahap terakhir yaitu Post-processing: 1) Menghitung C_d dan C_l , 2) Menggambar kontur kecepatan dan tekanan.

3. Hasil dan Pembahasan

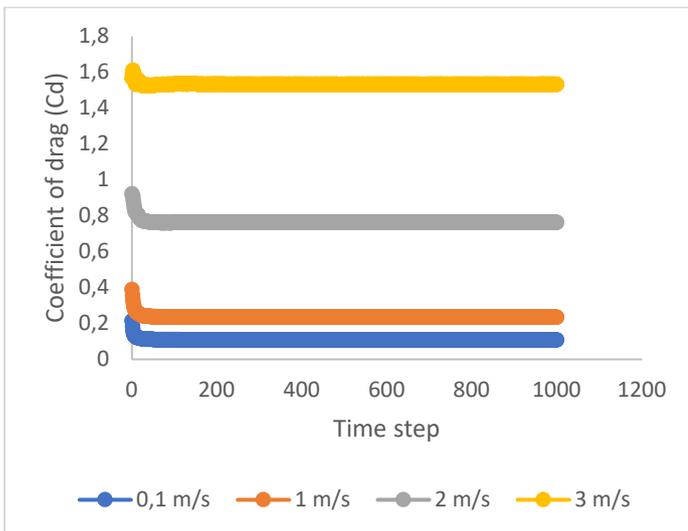
3.1 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap C_l (coefficient of lift)

Gambar 3 adalah grafik pengaruh kecepatan angin terhadap coefficient of lift (C_l). Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gaya angkat atau C_l semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa sudu turbin angin bio-inspired berpotensi besar untuk digunakan sebagai alternatif sudu turbin angin. Gaya angkat atau C_l digunakan untuk menggerakkan sudu untuk menghasilkan momen atau torsi. Dengan adanya momen maka akan muncul daya dari turbin angin tersebut.



Gambar 3. Grafik pengaruh kecepatan aliran udara terhadap Cl

3.2 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap Cd (coefficient of drag)



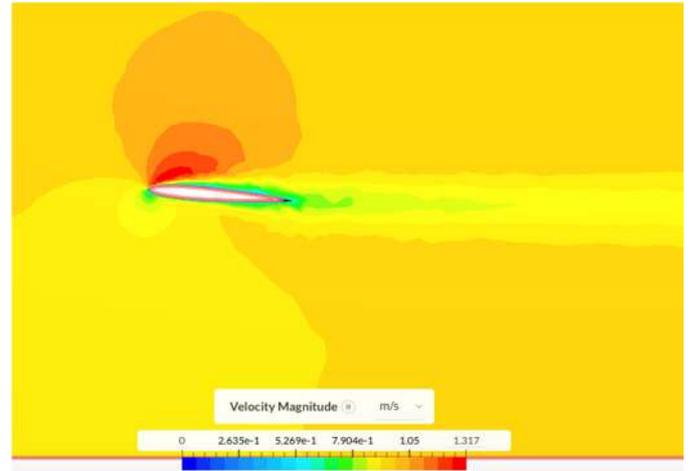
Gambar 4. Grafik pengaruh kecepatan aliran udara terhadap Cd

Gambar 4 menunjukkan grafik koefisien gaya hambat atau Cd. Semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gaya hambat juga semakin besar. Seperti yang ditunjukkan pada gambar bahwa koefisien gaya hambat rata-rata di masing-masing rentang kecepatan angin lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai koefisien gaya angkat. Hal ini menunjukkan bahwa sudu turbin angin bio-inspired ini memiliki karakteristik yang dibutuhkan oleh sudu turbin angin, yaitu gaya hambat kecil namun gaya angkat besar.

3.3 Kontur aliran

Pada Gambar 4 kontur aliran di sekitar sudu turbin angin bi-inspired menunjukkan karakteristik yang sesuai dengan prinsip kerja airfoil. Pada bagian depan sudu turbin terdapat titik separasi aliran, yaitu aliran udara terpisah melwati bagian

atas dan bawah sudu. Pada bagian atas sudu kecepatan aliran udara lebih tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan warna pada pola kontur aliran diatas sudu. Sebaliknya pada bagian bawah sudu kecepatan aliran udara cenderung lebih rendah. Sehingga ini menunjukkan bahwa bagian bawah sudu turbin angin bio-inspired timbul gaya angkat ke atas.



Gambar 4. Kontur aliran

4. Kesimpulan

Perancangan dan simulasi turbin angin dengan model bio-inspired telah berhasil dilaksanakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin dengan sudu bio-inspired terbukti memiliki potensi untuk diterapkan pada sudu turbin angin baik vertical maupun horizontal. Penelitian selanjutnya akan meneliti tentang pengaruh desain turbin angin bio-inspired terhadap karakteristik performa.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah mendanai penelitian ini dengan skema hibah penelitian internal Surat Perjanjian Penelitian Internal No. 67/V1.4/PN/2021.

Daftar Pustaka

- [1] M. Coe and K. R. Gosselin, "Design and analysis of a bio-inspired nacelle for current energy turbine," *Renew. Energy*, vol. in prepara, 2018.
- [2] V. Cagnet, S. Courrech Du Pont, I. Dobrev, F. Massouh, and B. Thiria, "Bioinspired turbine blades offer new perspectives for wind energy," *Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 473, no. 2198, 2017, doi: 10.1098/rspa.2016.0726.
- [3] P. Venkataraman and M. De Manabendra, "Numerical investigation of stand-still characteristics of a bio-inspired vertical axis wind turbine rotor," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 377, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/377/1/012014.

- [4] R. Mulligan, "Bio-inspired aerofoils for small wind turbines," *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 18, pp. 753–758, 2020, doi: 10.24084/repqj18.488.
- [5] D. Talarico and K. Hynes, "BIO-INSPIRED WIND ENERGY HARVESTER." *Proceedings of the ASME 2012 6th International Conference on Energy Sustainability*, San Diego CA, pp. 1–4, 2012.
- [6] Y. J. Chu and H. F. Lam, "Comparative study of the performances of a bio-inspired flexible-bladed wind turbine and a rigid-bladed wind turbine in centimeter-scale," *Energy*, vol. 213, p. 118835, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118835.
- [7] S. Mathew, Sathyajith Mathew *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. 2006.