

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sumber energi angin adalah salah satu dari sekian banyak sumber daya energi yang tersedia di Indonesia. Salah satu alasan potensi energi angin Indonesia melimpah adalah karena merupakan negara kepulauan yang terletak di khatulistiwa. Letak geografis ini membuat angin laut dan darat bertiup secara konsisten sepanjang tahun. Hal ini memberikan peluang besar untuk memanfaatkan energi angin sebagai sumber listrik ramah lingkungan.

Aliran udara yang sejajar dengan permukaan bumi atau horizontal disebut angin. Angin diciptakan oleh perbedaan tekanan udara dalam arah horizontal, di mana terjadi pergerakan perpindahan massa udara dari tempat dengan tekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara rendah. Pergerakan vertikal angin disebut sebagai aliran udara. Biasanya, variasi suhu udara menyebabkan perbedaan tekanan udara. (Nurhayati.,2016).

Kecepatan angin adalah seberapa cepat udara bergerak ke arah horizontal, yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara di sekitar lokasi, ketinggian tempat, serta bentuk permukaan tanah suatu daerah. Untuk mengukur kecepatan angin, biasanya digunakan satuan meter per detik, kilometer per jam, atau knot. Angin selalu dinamai dari arah mana angin datang, misalnya angin dari timur ke barat disebut angin timur, angin yang bertiup dari laut ke darat disebut angin laut dan sebaliknya. Arah angin biasanya dinyatakan dalam derajat, arah angin dapat berubah dalam waktu singkat (Suwarti et al, 2017). Angin merupakan salah satu energi yang dapat diolah dengan menggunakan energi kinetik pergerakan angin untuk menggerakkan bilah turbin. Turbin kemudian berputar di sekitar sumbu rotasinya, yang menyebabkan generator berputar dan menghasilkan energi baru, khususnya energi listrik. Turbin adalah perangkat yang menggerakkan beban seperti generator, kompresor, baling-baling, dan sebagainya dengan memanfaatkan energi aliran fluida seperti gas, uap, dan air (Ghofur et al., 2020).

Dalam proses konversi energi angin menjadi energi listrik, efisiensi sangat dipengaruhi oleh desain turbin, terutama bentuk bilahnya. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi penangkapan energi angin adalah dengan menerapkan prinsip airfoil pada bilah turbin. Bilah yang dirancang menyerupai sayap pesawat memungkinkan terbentuknya gaya angkat (*lift*) yang lebih besar daripada gaya hambat (*drag*), sehingga turbin dapat berputar lebih efisien meskipun kecepatan angin tidak terlalu tinggi (Ghofur et al., 2020).

Penerapan teori airfoil ini berkaitan erat dengan Teori Betz, yang menyatakan bahwa hanya maksimal 59,3% energi kinetik angin yang dapat dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin angin (Betz, 1920 dalam Hau, 2013). Dengan demikian, desain bilah yang aerodinamis menjadi kunci utama untuk mendekati efisiensi maksimal sebagaimana dijelaskan oleh teori tersebut.

Desain turbin angin bergantung pada kemampuan menghasilkan daya, dan hal ini sangat dipengaruhi oleh desain bilah turbin atau rotor. Untuk turbin angin skala rumah tangga, desainnya harus mampu memanfaatkan kecepatan angin yang rendah agar bilah turbin dapat berputar dan menghasilkan listrik. Oleh karena itu, desain bilah turbin skala rumah tangga memerlukan jenis bilah yang bisa bergerak dengan kecepatan angin rendah, dan untuk itu diperlukan analisis bilah turbin menggunakan model NACA (Maidi, 2016).

Pendekatan yang mempelajari fenomena makhluk hidup dan mengadopsi prinsipnya untuk mendapatkan solusi permasalahan manusia modern disebut pendekatan biomimikri atau biomimesis. Bilah turbin pada umumnya menggunakan profil airfoil NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) karena karakteristik aerodinamisnya yang telah teruji secara eksperimental. Profil NACA memungkinkan turbin beroperasi dengan efisien, bahkan pada kecepatan angin yang rendah (Hau, 2013). Namun, untuk meningkatkan efisiensi lebih lanjut dan menyesuaikan dengan kondisi angin lokal, pendekatan biomimetik mulai banyak diterapkan. Pendekatan ini merujuk pada desain teknik yang meniru bentuk dan fungsi makhluk hidup untuk meningkatkan performa sistem teknik (Fish & Lauder, 2006).

Salah satu bentuk alami yang menarik untuk dikaji adalah ikan dari subfamili *Macrouroidinae*. Ikan ini dikenal memiliki bentuk tubuh ramping dan simetris bilateral, yang menunjukkan efisiensi hidrodinamis tinggi saat berenang. Tubuhnya dirancang oleh alam untuk menembus air dengan hambatan minimal dan memaksimalkan gaya dorong. Karakteristik ini selaras dengan kebutuhan desain bilah turbin angin yang ideal, yaitu minim hambatan namun mampu menangkap energi fluida secara optimal (Nugroho et al., 2019).

Dengan mengadopsi kontur tubuh ikan *Macrouroidinae* ke dalam desain bilah turbin menggunakan model profil NACA, maka diharapkan dapat diperoleh peningkatan performa aerodinamis. Pendekatan ini juga mendukung upaya untuk mendekati efisiensi teoritis maksimum konversi energi angin menurut Teori Betz, yang menyatakan bahwa hanya sebesar 59,3% energi kinetik angin yang dapat diubah menjadi energi mekanik (Betz, 1920 dalam Hau, 2013).

Oleh karena itu, penting dilakukan **eksperimen turbin angin sumbu vertikal tipe h-darrieus menggunakan 5 buah blade airfoil simetris ikan** sebagai bagian dari strategi pengembangan teknologi energi terbarukan yang efisien dan berkelanjutan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di jelaskan diatas maka didapatkan beberapa identifikasi masalah guna bahan penelitian (Arsad & Hartono, 2009).

1. Pendekatan nilai matematis geometri pada jenis profil *blade* dengan bentuk ikan sesuai dengan perhitungan standar anatomi airfoil, hingga mencapai hasil aliran udara streamline
2. Simulasi aliran angin yang diterima pada desain blade turbin angin darrieus menggunakan *software Solidwork*
3. Cara pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai Cd, Cl, drag force, perhitungan torsi dan daya keluaran pada saat menggunakan desain blade dengan profil ikan
4. Desain *blade* turbin yang optimal sesuai kebutuhan penelitian pada Turbin Angin Vertikal tipe H Darrieus yang memiliki biaya lebih murah.

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian ini penulis memberikan beberapa batasan masalah, antara lain:

- 1 Jumlah sudu (*blade*) yang digunakan hanya 5 buah
- 2 Penelitian membahas tentang perhitungan kelistrikan hanya sesuai perhitungan dan simulasi
- 3 Profil blade dapat divalidasi pada bentuk profil tampak depan ikan saja bukan bentuk secara utuh ikan
- 4 Kecepatan angin saat pengujian eksperimen menggunakan 3m/det dan 4 m/det
- 5 Analisa aliran desain serta perhitungan *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* sudu turbin angin darrieus menggunakan *software* Solidworks 2020
- 6 Pembahasan difokuskan pada hasil daya pada desain blade dan tidak membahas perhitungan komponen lain

1.4. Perumusan Masalah

Melihat dari identifikasi dan pembatasan masalah diatas, sehingga dalam penelitian kali ini penulis menetapkan rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan desain blade berbasis kontur tubuh ikan *Macrouroidinae* terhadap kinerja aerodinamis turbin angin sumbu vertikal tipe H-Darrieus?
2. Bagaimana perbandingan nilai torsi dan daya antara hasil simulasi CFD, perhitungan analitis, dan pengujian eksperimental pada desain blade turbin yang digunakan?

1.5. Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan yang ingin penulis capai dalam penelitian kali ini adalah:

1. Mendapatkan hasil jenis airfoil baru pada analisis matematis geometri profil ikan.
2. Membandingkan hasil data nilai torsi pengujian eksperimen pada *blade* 3,4 dan

- 5 pada kecepatan 4 m/s
3. Membandingkan hasil data nilai torsi, daya dengan kecepatan 3 m/det dan 4m/det pada profil ikan *Macrouroidinae*.
 4. Mendapatkan nilai koefisien daya yang dihasilkan oleh turbin angin darrieus.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai referensi dalam penelitian dan pengembangan turbin angin, terutama turbin angin darrieus sumbu vertikal.
2. Mendapatkan pemahaman pada pendekatan matematis dalam pengembangan geometri baru pada profil blade, dan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya dalam mencari jenis airfoil dengan pendekatan alam seperti ikan, burung, maupun daun yang memiliki bentuk seperti airfoil pada umumnya.
3. Menambahkan kemampuan, kreativitas, dan keahlian dalam mendesain menggunakan software 2D pada Autodesk AutoCAD, dan 3D pada *Solidworks*

