BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi angin menurut (Ginting, 2007) telah berlangsung sejak ribuan tahun lalu dan mengalami kemajuan pesat pada 1930-an dengan penerapan teknologi aerodinamika. Namun penggunaannya sempat menurun akibat dominasi energi fosil selama era industrialisasi. Minat terhadap energi angin kembali meningkat pada 1970-an akibat krisis energi global yang mendorong pengembangan sistem skala kecil di Eropa dan Amerika. Kini energi angin menjadi salah satu sumber energi alternatif penting yang digunakan terutama untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia.

Indonesia masih sangat bergantung pada energi fosil meskipun memiliki potensi energi terbarukan yang belum dimanfaatkan secara optimal. Ketergantungan ini mengakibatkan penurunan cadangan energi fosil dan meningkatkan risiko terhadap stabilitas energi nasional akibat fluktuasi harga energi global. Oleh karena itu, pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi penting untuk memastikan keberlanjutan energi di masa depan (Kalpikajati and Hermawan, 2022).

Seiring perkembangan teknologi, inovasi energi terbarukan seperti *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) terus berkembang dan dinilai memiliki potensi besar dalam mendukung transisi energi berkelanjutan. VAWT unggul dalam beroperasi pada kecepatan angin rendah, memiliki desain sederhana, serta cocok untuk lingkungan perkotaan atau ruang terbatas sehingga menjadi solusi penting dalam mendorong adopsi energi bersih yang ramah lingkungan (Homzah *et al.*, 2023).

Turbin VAWT memiliki sejumlah keunggulan seperti kemampuan untuk beroperasi di daerah dengan kecepatan angin rendah, fleksibilitas dalam desain, serta kemudahan pemasangan di berbagai lokasi, termasuk lingkungan perkotaan yang memiliki keterbatasan ruang dan variabilitas arah angin (Putri, Sudarti and Yushardi, 2023). Selain itu VAWT juga dianggap lebih aman dan ramah

lingkungan karena desainnya yang sering kali menghasilkan tingkat kebisingan yang lebih rendah dibandingkan turbin angin poros horizontal (HAWT) (Trifiananto, Putra and Ramadhan, 2022).

Menurut (Hakim, 2024), kinerja turbin angin VAWT dipengaruhi oleh kecepatan angin dan sudut bilah, yang menentukan efisiensi serta *output* energi. Faktor-faktor ini memengaruhi pola aliran udara, distribusi tekanan, dan koefisien daya turbin (Setyobudi *et al.*, 2024). Aliran udara yang tidak stabil atau sudut bilah yang tidak optimal dapat mengurangi kemampuan turbin menangkap energi angin, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami pengaruh parameter aerodinamika terhadap performa turbin.

Menurut (Sanusi, 2017), *Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah alat untuk menganalisis laju fluida di sekitar bilah turbin angin. CFD memungkinkan pemahaman tentang pola aliran udara, tekanan, dan turbulensi tanpa perlu eksperimen fisik yang mahal. Metode ini juga mempermudah pengujian desain bilah untuk menentukan geometri paling efisien dalam menangkap energi angin (Yanel and Yanto, 2023). Penelitian sebelumnya membuktikan, CFD efektif mengoptimalkan desain turbin, meningkatkan efisiensi daya, dan mengurangi kerugian energi akibat turbulensi (Mishbahuddin, Saputra and Wijayanto, 2024).

Penelitian mengenai analisis turbin angin poros vertikal dengan variasi sudut bilah dan kecepatan angin menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) menawarkan keunggulan dalam mengoptimalkan desain turbin. Dengan CFD, perilaku aliran fluida di sekitar bilah turbin dapat dianalisis secara mendalam, memberikan visualisasi aliran udara, distribusi tekanan, dan gaya yang bekerja pada bilah dengan variasi sudut dan kecepatan angin. Pendekatan ini memungkinkan prediksi performa turbin tanpa pengujian fisik yang mahal sekaligus meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi kerugian aerodinamis pada bilah turbin.

Keunggulan lainnya dari penelitian ini menurut (Ananda and Nurullah, 2024) adalah fokus pada turbin angin poros vertikal yang memiliki potensi besar untuk digunakan di lingkungan perkotaan atau daerah dengan kecepatan angin rendah. Dengan variasi sudut bilah, penelitian ini dapat menentukan desain optimal

untuk memaksimalkan kinerja turbin dan daya serap angin. Penyesuaian terhadap variasi kecepatan angin juga memberikan wawasan untuk mendesain turbin yang adaptif terhadap kondisi cuaca yang berbeda. Hal ini mendukung penerapan turbin angin yang lebih luas sekaligus berkontribusi pada pengembangan energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Penelitian ini menjadikan bertujuan untuk melakukan analisis performa turbin angin poros vertikal (VAWT) menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mengevaluasi pengaruh kecepatan angin dan sudut bilah terhadap efisiensi serta daya yang dihasilkan. Penelitian ini juga mengkaji pola aliran udara di sekitar turbin guna mendukung pengembangan desain turbin angin yang lebih efisien dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan angin terhadap kinerja turbin angin poros vertikal?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut bilah terhadap kinerja turbin angin poros vertikal?
3. Bagaimana kombinasi yang efisien antara kecepatan angin dan sudut bilah untuk menghasilkan efisiensi maksimum pada turbin angin poros vertikal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan angin terhadap kinerja turbin angin poros vertikal menggunakan simulasi CFD.
2. Menganalisis pengaruh variasi sudut bilah terhadap performa turbin angin poros vertikal.
3. Mengidentifikasi kombinasi yang efisien antara kecepatan angin dan sudut bilah untuk meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan oleh turbin angin poros vertikal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mendalam tentang pengaruh parameter kecepatan angin dan sudut bilah terhadap performa turbin angin poros vertikal.
2. Membuat desain turbin angin poros vertikal yang lebih efisien melalui pendekatan simulasi CFD.
3. Mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis turbin angin, khususnya di wilayah dengan potensi angin rendah hingga sedang.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memastikan penelitian dapat dilaksanakan secara spesifik, terarah, dan dapat dikelola dengan baik maka batasan masalah penelitian ini ditentukan sebagai berikut:

1. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk merancang bentuk turbin angin poros vertikal (VAWT) dan melakukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) guna menganalisis turbin angin menggunakan SolidWorks 2023.
2. Simulasi ini hanya berfokus pada turbin angin poros vertikal (VAWT) tipe savonius tanpa melibatkan jenis turbin angin poros horizontal (HAWT).
3. Simulasi ini hanya berfokus pada pola aliran udara, distribusi tekanan, dan koefisien daya yang dihasilkan turbin.
4. Simulasi ini hanya mencakup bilah turbin sebagai komponen utama tanpa mempertimbangkan pengaruh struktur pendukung seperti poros, dudukan turbin atau aksesoris lainnya.
5. Jarak antara sumber datangnya angin dengan turbin ditetapkan sebesar 0,3 m untuk memberikan ruang perkembangan aliran sebelum mengenai bilah turbin.