

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi angin termasuk dalam kategori energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Dengan karakteristik Indonesia sebagai negara kepulauan, kawasan pesisirnya menyimpan potensi besar untuk dikembangkan sebagai lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Energi angin memiliki keuntungan yang besar karena merupakan sumber energi terbarukan yang tersedia secara melimpah dan terbarukan. Energi angin tidak menghasilkan polusi, sehingga lebih ramah lingkungan dan dapat diandalkan untuk kebutuhan energi jangka Panjang. Selain itu, energi angin juga tergolong ramah lingkungan, karena dalam proses pemanfaatannya tidak menghasilkan emisi gas buang maupun polusi yang berdampak negatif terhadap lingkungan. (Effendi Asnal, 2019)

Tantangan utama dalam penelitian turbin angin Savonius adalah performa atau efisiensi yang relatif rendah dibandingkan dengan jenis turbin angin lainnya, terutama turbin sumbu horizontal. Turbin Savonius umumnya menghasilkan torsi yang besar namun memiliki *tip speed ratio* yang rendah, sehingga koefisien daya atau efisiensi konversi energi angin menjadi energi mekanik masih terbatas, berkisar antara 15-25%. Selain itu, variasi desain seperti jumlah sudu dan modifikasi bentuk sudu sangat mempengaruhi pola aliran udara dan performa turbin. Hambatan aliran dan turbulensi yang meningkat dengan penambahan jumlah sudu juga dapat menurunkan kinerja turbin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa turbin Savonius dengan dua sudu seringkali memberikan performa paling optimal karena minimnya hambatan dibandingkan dengan tiga atau empat sudu. Oleh karena itu, fokus penelitian banyak diarahkan pada modifikasi desain untuk meningkatkan efisiensi, seperti variasi jumlah sudu, perubahan bentuk sudu, dan penambahan komponen seperti *end plates* atau dinding pengarah aliran.

Turbin angin savonius dikenal memiliki konstruksi yang sederhana dan kemampuan untuk beroperasi pada kecepatan angin rendah, sehingga sangat cocok untuk aplikasi skala kecil dan lokasi dengan kondisi angin yang tidak stabil, turbin ini menghasilkan torsi tinggi meskipun pada kecepatan angin rendah dan mudah dipasang karena tidak memerlukan sistem orientasi kompleks, tetapi efisiensi konversi energinya relatif rendah dibandingkan turbin angin tipe lain karena menggunakan gaya hambat untuk memutar bilahnya yang menyebabkan kehilangan energi lebih besar, yang dipengaruhi oleh desain bilah seperti

ketebalan bilah yang memengaruhi distribusi aliran fluida dan gaya aerodinamik (Harist Mishbahuddin, Dkk, 2024).

Rendahnya efisiensi turbin Savonius menjadi hambatan utama dalam pengembangan energi angin skala kecil yang berpotensi mendukung diversifikasi energi terbarukan oleh karena itu, analisis numerik menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) sangat penting untuk memahami secara mendalam perilaku aliran fluida di sekitar bilah turbin serta pengaruh variasi ketebalan dan kecepatan angin terhadap performa keseluruhan turbin. Melalui simulasi CFD, peneliti dapat memvisualisasikan distribusi tekanan, kecepatan, dan pola turbulensi yang muncul akibat perubahan desain, sehingga memudahkan identifikasi serta pengoptimalan parameter geometris yang memengaruhi gaya aerodinamik dan torsi yang dihasilkan. Penelitian-penelitian terkini telah menunjukkan bahwa desain bilah dengan ketebalan dan kecepatan angin yang tepat dapat mengurangi hambatan aliran, menstabilkan pola aliran turbulen, dan meningkatkan efisiensi konversi energi dengan cara meningkatkan koefisien daya (C_p) serta torsi. CFD merupakan suatu metode perhitungan yang menggunakan kontrol dimensi, luas, dan volume, dengan bantuan komputasi komputer untuk menghitung setiap elemen pembagian ruang. Konsep dasarnya adalah membagi ruang yang berisi fluida menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, yang biasa disebut sel, dan proses pembagiannya dikenal dengan istilah *meshing* (Rahmawaty dan Dharma, 2021).

Studi tentang analisis turbin angin poros vertikal dengan variasi sudut bilah dan kecepatan angin menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) memberikan manfaat besar dalam meningkatkan desain turbin. Melalui CFD, aliran fluida di sekitar bilah turbin dapat dianalisis secara rinci, memungkinkan visualisasi aliran udara, distribusi tekanan, dan gaya yang bekerja pada bilah dengan berbagai variasi sudut dan kecepatan angin. Pendekatan ini memungkinkan prediksi performa turbin tanpa perlu melakukan pengujian fisik yang memakan biaya, sekaligus mengoptimalkan efisiensi energi dan mengurangi kerugian aerodinamis pada bilah turbin.

Penelitian ini difokuskan pada studi numerik menggunakan CFD untuk mengevaluasi dampak variasi ketebalan bilah dan kecepatan angin terhadap kinerja turbin Savonius, yang menjadi salah satu hambatan utama dalam pengembangan energi angin skala kecil akibat efisiensi yang rendah. Melalui simulasi CFD. Berbagai studi menunjukkan bahwa konfigurasi ketebalan bilah dan kecepatan angin yang tepat mampu mengurangi kehilangan energi akibat turbulensi dan aliran balik, sehingga memperbaiki koefisien daya dan efisiensi turbin secara signifikan. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menjawab gap akademik yang ada terkait kurangnya kajian tentang pengaruh ketebalan bilah dan kecepatan

angin, tetapi juga menyediakan kontribusi praktis yang penting dalam pengembangan teknologi turbin Savonius yang lebih efisien dan dapat diandalkan untuk mendukung penyediaan energi terbarukan yang berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian skripsi ini dilaksanakan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan bilah terhadap kinerja turbin angin savonius?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan angin terhadap kinerja turbin angin savonius?
3. Bagaimana kombinasi antara ketebalan bilah dan kecepatan angin untuk menghasilkan efisiensi maksimum pada turbin angin savonius?

1.3. Tujuan

Penelitian skripsi ini dilaksanakan dengan beberapa tujuan yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi ketebalan bilah turbin angin savonius menggunakan simulasi CFD.
2. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan angin turbin angin savonius menggunakan simulasi CFD.
3. Menganalisis kombinasi yang efisien antara ketebalan bilah dan kecepatan angin untuk meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan oleh turbin angin savonius menggunakan simulasi CFD.

1.4. Batasan Masalah

Untuk menjaga 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 savonius dan melakukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) guna menganalisis turbin angin menggunakan *SolidWorks 2025*.
2. Simulasi ini hanya berfokus pada turbin angin poros vertikal (VAWT) tipe savonius
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. Kondisi fisik dan lingkungan yang dianalisis dalam simulasi diatur dengan menetapkan arah angin dan parameter kecepatan angin tertentu untuk menjaga konsistensi pengujian.
6. Penelitian ini dilakukan dengan asumsi kondisi aliran udara ideal.
7. Penelitian ini tanpa mempertimbangkan sistem transmisi dan penggerak.
8. Analisis dilakukan pada aliran satu arah dan aliran eksternal.