

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan revolusi keempat yang sudah berjalan dan kebutuhan untuk mengendalikan perubahan iklim, umat manusia telah menemukan kebutuhan untuk meningkatkan produksi listrik dengan cara yang bersih. Konversi energi kinetik yang ada pada angin menjadi bentuk energi listrik adalah salah satu contoh metode tersebut. Ketika sebuah negara berusaha untuk mencapai tujuan perubahan iklim, penggunaan sumber daya terbarukan menjadi semakin relevan. Energi angin adalah salah satu contoh sumber energi yang telah menarik banyak perhatian. Sumber energi ini telah dieksplorasi sejak dahulu kala dan sebagian besar telah digunakan di bidang pertanian dan sumur air. Revolusi industri mendorong jeda sementara dalam penggunaan angin sebagai bentuk energi, tetapi kemudian dilanjutkan kembali seiring dengan meningkatnya permintaan energi. (Chitura et al., 2024). Penggunaan energi yang efisien dan berkelanjutan adalah kunci untuk mencapai kesejahteraan masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, penting bagi individu, perusahaan, dan pemerintah untuk berinvestasi dalam teknologi energi yang ramah lingkungan dan mendukung kebijakan yang mempromosikan penggunaan energi terbarukan.

Energi keluaran dari turbin angin biasanya tergantung pada lokasi geografis, kondisi meteorologi, dan jenis turbin. Turbin angin dapat diklasifikasikan berdasarkan orientasi sumbu rotasi mereka, sehubungan dengan arah angin. Dalam hal ini, ada dua jenis turbin angin; turbin angin sumbu vertikal (VAWT) dan turbin angin sumbu horisontal (HAWT). HAWT adalah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan karena efisiensinya yang tinggi. Namun demikian, VAWT memiliki beberapa keunggulan dibandingkan HAWT seperti biaya konstruksi dan perawatan yang lebih rendah, tingkat kebisingan yang lebih rendah, dan tidak bergantung pada arah angin. VAWT berpotensi dibangun dengan ukuran yang jauh lebih besar daripada HAWT. Rotor Savonius dikenal karena kemampuannya untuk beroperasi secara efektif pada kecepatan angin rendah, menjadikannya unggul dibandingkan dengan jenis rotor VAWT lainnya dalam kondisi tersebut. Ciri khas utama dari rotor ini adalah torsi awal yang tinggi, namun memiliki efisiensi aerodinamis yang relatif rendah. Nilai efisiensinya berada jauh di bawah batas teoritis Betz (59,3%), bahkan kurang dari setengahnya, sehingga membuat performanya kurang kompetitif dibandingkan rotor VAWT lainnya dari sisi efisiensi energi. Meskipun demikian, rotor Savonius tetap banyak digunakan, khususnya di negara berkembang, dalam proyek-proyek skala kecil atau *do-it-yourself* karena kemudahan dalam proses manufaktur. Beberapa studi menunjukkan bahwa efisiensinya masih dapat ditingkatkan dan berpotensi mencapai hingga 30% pada kondisi kecepatan putaran rendah. Namun, penelitian komprehensif yang dilakukan oleh Sandia mengungkapkan bahwa efisiensi rotor ini mengalami penurunan signifikan pada kecepatan putaran tinggi. Oleh karena itu, turbin ini lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan torsi

besar namun bekerja pada kecepatan rendah, seperti sistem pompa air dan ventilasi (Didane et al., 2021).

Karena bilah turbin dari turbin angin *Savonius* sumbu vertikal menghasilkan torsi negatif dan positif selama operasi, turbin angin ini memiliki koefisien daya yang lebih rendah (C_p) dibandingkan dengan turbin sumbu horisontal. Mengingat keuntungan dari turbin angin *Savonius*, seperti biaya rendah dan konstruksi yang sederhana, telah ada pengembangan dan inovasi yang sedang berlangsung untuk meningkatkan koefisien daya yang rendah. Berbagai desain inovatif telah dan terus dikembangkan untuk memaksimalkan manfaat potensial dari turbin ini (Deda Altan & Gultekin, 2023). Inovasi dalam desain turbin angin *Savonius* sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja. Dengan mengembangkan berbagai modifikasi, seperti penambahan elemen eksternal atau perubahan pada geometri bilah, diharapkan koefisien daya (C_p) dapat ditingkatkan secara signifikan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan *output* energi, tetapi juga memperluas aplikasi turbin *Savonius* dalam skala yang lebih besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Faktor apa saja yang memengaruhi kinerja turbin *Savonius* berdasarkan parameter hasil simulasi numerik (seperti distribusi tekanan, torsi, dan koefisien daya)?
- b. Bagaimana pengaruh variasi desain geometri (misalnya jumlah sudu, rasio aspek, dan bentuk kurva) terhadap performa aerodinamis turbin *Savonius*?

1.3 Tujuan Penelitian Tugas Akhir

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada rumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi distribusi tekanan, torsi, dan koefisien daya yang memengaruhi performa kedua jenis turbin.
- b. Untuk mengevaluasi pengaruh variasi desain geometri turbin *Savonius* seperti jumlah sudu, rasio aspek, dan bentuk kurva terhadap performa aerodinamisnya.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dapat lebih terstruktur dan sistematis, maka dilakukan pembatasan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

- a. Penelitian difokuskan pada simulasi numerik menggunakan software CFD (misalnya ANSYS *Fluent*).

- b. Kecepatan angin dibatasi pada rentang **1 m/s – 5 m/s**, untuk merepresentasikan kondisi angin rendah.
- c. Desain turbin yang dianalisis merupakan model 3D standar tipe (*Savonius* sumbu vertikal).
- d. Aspek struktural, getaran, dan dinamika mekanik tidak dianalisis secara mendalam; fokus utama pada aspek fluida dan aerodinamika.

1.5 Relevansi atau Manfaat

Penelitian ini memiliki nilai penting dalam pengembangan sistem energi terbarukan, khususnya energi angin, di wilayah dengan potensi angin rendah seperti daerah urban atau pedesaan tropis. Dengan membandingkan dua tipe desain turbin melalui simulasi CFD, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memilih desain yang lebih efisien, ekonomis, dan aplikatif untuk pengembangan teknologi energi bersih berbasis angin. Hasilnya juga dapat menjadi referensi teknis dalam perancangan turbin angin skala kecil.

1.6 Hipotesa

- a. Turbin Savonius memiliki efisiensi yang lebih rendah secara teoritis, tetapi lebih unggul dalam menghasilkan torsi awal dan bekerja lebih efektif pada kecepatan angin rendah.
- b. Simulasi CFD dapat menunjukkan bahwa karakteristik aliran turbulen dan distribusi tekanan pada turbin Savonius memberikan keuntungan operasional dalam kondisi angin fluktuatif.

1.7 Rencana Luaran Tugas Akhir

Rencana luaran dari penelitian ini berupa:

- 1. Publikasi Jurnal Nasional
- 2. HKI Video

HALAMAN SENGGAJA
DIKOSONGKAN