

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya krisis energi di dunia, yang disertai dengan bertambahnya kesadaran akan pentingnya penggunaan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan, telah mendorong berbagai upaya penelitian serta pengembangan teknologi. Inovasi ini bertujuan untuk menciptakan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam memanfaatkan potensi sumber daya alam. Salah satu sumber daya yang dianggap sangat potensial adalah energi angin. Energi angin telah menjadi sorotan baru-baru ini untuk sumber energi yang bersih dan bebas karbon (Song et al., 2023). Energi ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui penggunaan turbin angin, hingga saat ini, turbin angin dianggap sebagai teknologi energi angin yang paling menjanjikan. Dalam hal ini, desain baling-baling pada turbin angin menjadi elemen yang sangat penting karena secara langsung memengaruhi efisiensi proses konversi energi angin menjadi energi listrik. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan fokus pada pengembangan desain baling-baling turbin angin dengan menerapkan pola Fibonacci, sebuah pendekatan matematika yang diharapkan dapat memberikan peningkatan yang signifikan pada efisiensi energi yang dihasilkan.

Pola Fibonacci, yang merupakan deret angka di mana setiap angka adalah hasil penjumlahan dari dua angka sebelumnya, telah terbukti memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang, termasuk seni, arsitektur, dan desain. Penerapan pola ini dalam desain baling-baling turbin angin dapat memberikan bentuk yang lebih aerodinamis dan meningkatkan kemampuan baling-baling dalam menangkap dan mengkonversi energi angin menjadi listrik (Maryanti, 2020). Secara khusus, pola Fibonacci memungkinkan distribusi massa dan luas permukaan baling-baling yang optimal, sehingga meminimalkan turbulensi dan meningkatkan efisiensi aliran udara di sekitar baling-baling. Keunggulan ini menjadi semakin nyata pada kecepatan angin rendah hingga menengah, di mana pola Fibonacci membantu memaksimalkan penangkapan energi angin dengan mengurangi efek *drag* (hambatan) sekaligus meningkatkan *lift* (daya angkat). Dengan demikian, baling-baling yang didesain berdasarkan pola Fibonacci dapat beroperasi secara efisien bahkan dalam kondisi angin yang kurang ideal, menjadikannya sangat relevan untuk diterapkan di wilayah dengan kecepatan angin moderat seperti di banyak daerah di Indonesia. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa desain baling-baling yang optimal dapat meningkatkan koefisien daya (C_p) dan menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi pada kecepatan angin tertentu (Mulyono et al., 2018).

Dalam konteks Indonesia, di mana banyak daerah masih bergantung pada sumber energi fosil, pengembangan teknologi turbin angin dengan desain inovatif sangat penting untuk mencapai kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan. Desain baling-baling yang mampu beroperasi dengan efisiensi tinggi pada kecepatan angin rendah akan sangat bermanfaat, terutama di daerah dengan potensi angin yang tidak selalu optimal (Wardana, 2013). Dengan menggunakan pola Fibonacci dalam desain ini, diharapkan dapat diperoleh baling-baling yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan.

Melalui penelitian ini, penulis bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja baling-baling turbin angin berbasis pola Fibonacci serta membandingkannya dengan desain konvensional. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia dan mendukung upaya global dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Pengaruh penerapan pola Fibonacci terhadap peningkatan torsi dan daya output turbin angin berdasarkan hasil simulasi CFD.
- b. Menganalisis pengaruh desain baling-baling yang menggunakan pola Fibonacci terhadap peningkatan efisiensi energi pada turbin angin.

1.3 Tujuan Penelitian Tugas Akhir

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

- a. Menganalisis pengaruh penerapan pola Fibonacci pada desain baling-baling turbin angin terhadap peningkatan performa aerodinamis, khususnya dalam menghasilkan torsi dan daya output.
- b. Membandingkan efisiensi energi baling-baling berbasis pola Fibonacci dengan baling-baling turbin angin yang menggunakan desain konvensional dalam hal konversi energi angin menjadi energi listrik.

1.4 Batasan Masalah

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

- a. Penelitian ini akan fokus pada desain baling-baling turbin angin dengan menggunakan pola Fibonacci.
- b. Penelitian ini hanya akan membahas turbin angin tipe *horizontal*, sehingga tidak mencakup analisis atau desain turbin angin tipe vertikal.
- c. Penelitian akan dilakukan pada rentang kecepatan angin tertentu, misalnya antara 3 m/s dan 8,3 m/s, untuk mengukur efisiensi energi yang dihasilkan.

- d. Faktor-faktor eksternal seperti variasi cuaca, kondisi geografis, dan aspek meteorologi lainnya tidak akan dianalisis dalam penelitian ini.

1.5 Relevansi atau Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat meningkatkan efisiensi konversi energi angin menjadi energi listrik, terutama pada kecepatan angin rendah.
- b. Dapat membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut dan pengembangan desain turbin yang lebih efisien dan efektif.
- c. Penelitian ini dapat mendorong pengembangan teknologi lokal dalam pembuatan turbin angin, yang bisa mengurangi biaya produksi dan meningkatkan aksesibilitas energi terbarukan bagi masyarakat.
- d. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk studi lanjutan mengenai optimasi desain baling-baling turbin angin dengan berbagai pola geometris lainnya, serta analisis lebih mendalam terkait faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja turbin.

1.6 Hipotesa

Hipotesa penelitian sebagai berikut:

- a. Penggunaan pola Fibonacci dalam desain baling-baling turbin angin diperkirakan mampu meningkatkan efisiensi energi secara signifikan dibandingkan dengan desain baling-baling konvensional.
- b. Desain baling-baling turbin angin dengan profil aerodinamis berbasis pola Fibonacci diprediksi mampu menghasilkan koefisien gaya angkat yang lebih besar dan koefisien hambatan yang lebih kecil, sehingga meningkatkan efisiensi energi.
- c. Penggunaan pola Fibonacci dalam desain hub turbin angin diperkirakan dapat mengurangi turbulensi aliran udara dan meningkatkan efisiensi aerodinamis secara keseluruhan.

1.7 Luaran Tugas Akhir

Rencana luaran dari penelitian ini berupa:

1. *Submit jurnal Gading dengan judul "Wind Turbine Vane Design Using Fibonacci Pattern to Improve Energy Efficiency".*
2. Video ajar yang di HaKI-kan dengan nomor dan tanggal permohonan EC002025071461, 20 Juni 2025. Dengan judul "Inovasi Desain Turbin Angin Berbasis Pola Fibonacci di Solidworks.
3. Poster kelebihan turbin angin pola *fibonacci* yang di HaKI-kan dengan nomor dan tanggal permohonan. Dengan judul