

INTISARI

Permintaan konsumsi energi terus meningkat secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan ekonomi yang pesat. Ketergantungan terhadap energi fosil mendorong peningkatan emisi gas rumah kaca, yang berkontribusi terhadap berbagai permasalahan lingkungan global. Salah satu solusi untuk mengatasi hal ini adalah pemanfaatan energi terbarukan, seperti energi angin. Di Indonesia, pengembangan energi angin masih tergolong minim, padahal potensinya cukup besar, terutama di wilayah 3T yang memiliki akses terbatas terhadap energi konvensional. Kendala utama yang dihadapi adalah rendahnya kecepatan angin di wilayah tersebut, sehingga dibutuhkan teknologi turbin angin skala kecil yang efisien dan mampu bekerja pada kondisi angin rendah. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah melalui pemilihan desain bilah turbin yang tepat berdasarkan analisis aerodinamis, baik secara eksperimental maupun simulasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performa turbin angin sumbu horizontal skala kecil dengan bilah tipe *airfoil* SG6043 pada kecepatan angin rendah. *Airfoil* SG6043 dipilih berdasarkan hasil penelitian numerik sebelumnya yang menunjukkan performa aerodinamis unggul pada kondisi kecepatan rendah. Penelitian dilakukan melalui dua metode, yaitu eksperimen langsung di Pantai Baru, Bantul, dan simulasi numerik berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent 2023 R1. Kedua pendekatan ini menggunakan bilah *airfoil* SG6043 dan bilah bawaan generator sebagai variasi pembandingan. Eksperimen dilakukan untuk memperoleh data daya mekanik aktual pada kondisi angin riil di lapangan, sementara simulasi numerik difokuskan untuk menganalisis distribusi tekanan, aliran kecepatan, dan estimasi daya mekanik turbin. Simulasi CFD dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *Full Blade Domain* (FBD) dan *Single Blade Domain* (SBD), guna membandingkan hasil dari masing-masing metode.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa bilah bawaan generator menghasilkan daya yang lebih tinggi secara konsisten dibanding bilah dengan tipe *airfoil* SG6043 pada setiap variasi kecepatan angin. Namun, hasil simulasi menunjukkan hal sebaliknya, di mana bilah dengan tipe *airfoil* SG6043 menghasilkan daya mekanik yang lebih besar, baik melalui pendekatan FBD maupun SBD. Perbedaan ini disebabkan oleh generator dan sistem turbin yang kemungkinan telah dioptimalkan untuk bekerja dengan bilah bawaannya, sehingga desain *airfoil* SG6043 tidak menunjukkan performa optimal dalam konfigurasi tersebut.

Kata Kunci: Turbin Angin Sumbu Horizontal, *Airfoil* SG6043, Simulasi CFD, Eksperimental, Kecepatan Angin Rendah

ABSTRACT

The demand for energy consumption has significantly increased over the past decades due to rapid technological advancements and economic growth. Dependence on fossil fuels has led to a rise in greenhouse gas emissions, contributing to various global environmental issues. One of the solutions to address this challenge is the utilization of renewable energy sources, such as wind energy. In Indonesia, wind energy development remains limited, despite its considerable potential—especially in 3T regions with limited access to conventional energy sources. A major obstacle in these areas is the low wind speed, which necessitates the development of efficient small-scale wind turbines capable of operating under low-wind conditions. One strategy to overcome this is the selection of optimal blade designs based on aerodynamic analysis, both experimentally and through simulations.

This study aims to evaluate the performance of a small-scale horizontal-axis wind turbine using SG6043 airfoil blades under low wind speed conditions. The SG6043 airfoil was chosen based on previous numerical studies indicating its superior aerodynamic performance at low wind speeds. The research was conducted using two methods: field experiments at Pantai Baru, Bantul, and numerical simulations using Computational Fluid Dynamics (CFD) with Ansys Fluent 2023 R1. Both approaches utilized SG6043 blades and the generator's original blades as a comparative variation. The experiments were carried out to obtain actual mechanical power data under real wind conditions, while the simulations focused on analyzing pressure distribution, velocity flow, and estimating mechanical power output. The CFD simulations employed two approaches—Full Blade Domain (FBD) and Single Blade Domain (SBD)—to compare the outcomes of each method.

The experimental results showed that the generator's original blades consistently produced higher mechanical power than the SG6043 airfoil blades at all wind speed variations. However, the simulation results demonstrated the opposite: the SG6043 airfoil blades generated higher mechanical power in both FBD and SBD approaches. This discrepancy is likely due to the generator and turbine system being optimized for use with the original blades, resulting in suboptimal performance of the SG6043 blades in the existing configuration.

Keywords: *Horizontal Axis Wind Turbine, SG6043 Airfoil, CFD Simulation, Experimental, Low Wind Speed*