

INTISARI

Pertumbuhan industri teknologi yang sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik mendorong eksplorasi sumber energi alternatif sebagai pengganti energi fosil yang tidak ramah lingkungan dan juga untuk mengatasi tantangan distribusi energi di daerah 3T. Salah satu solusi potensial adalah pemanfaatan energi angin melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Studi awal berupa analisis desain dan simulasi aerodinamika sudu turbin menjadi langkah penting dalam menghasilkan turbin angin yang efisien serta mendukung proses manufakturnya.

Penelitian ini difokuskan pada pengkajian karakteristik aerodinamika dari empat jenis airfoil, meliputi NREL S826, NACA 4412, NACA 4415, dan SG6043. Karakteristik aerodinamika yang dimaksud ialah C_l , C_d , dan *glide ratio*. Disamping itu juga dilakukan analisis performa TASH dengan variasi keempat profil airfoil pada kecepatan rendah. Penelitian ini menggunakan simulasi numerik berbasis metode BEM pada QBlade dan CFD pada Ansys Fluent, dimulai dari desain airfoil dan pembuatan domain komputasi, diikuti penyusunan proses pengujian pada masing-masing perangkat lunak tersebut untuk membandingkan hasil data daya keluaran secara statistik. Selain itu, dilakukan plot distribusi tekanan dan kecepatan streamline di *root* dan *tip* sudu untuk memperkuat analisis fenomena yang terkait dengan data secara akurat.

Hasil validasi airfoil Qblade menunjukkan hasil yang sejalan dengan hasil eksperimen airfoil. Dari keempat airfoil yang diterapkan pada desain sudu turbin tersebut diperoleh hasil karakteristik airfoil (C_l , C_d , dan *glide ratio*) yang cukup menonjol adalah SG6043 dan NACA 4412. Hasil data koefisien daya tertinggi dicapai oleh airfoil SG6043 di $\lambda = 6$ yaitu di 0.558. Plot data daya keluaran yang diperoleh antara perangkat lunak Qblade sejalan dengan data Ansys Fluent dengan rata - rata selisih hasil 1,1%. Namun pada airfoil NACA 4412 selisih hasilnya mencapai 25%. Hasil plot data daya keluaran pada daerah 3T juga menunjukkan hasil yang serupa. Hasil visualisasi distribusi tekanan, kecepatan *streamline*, dan distribusi energi kinetik turbulen yang diperoleh juga koheren dengan data dan fenomena yang terjadi di area *root* dan *tip*.

Kata kunci: TASH, kecepatan angin rendah, airfoil, daya, visualisasi

ABSTRACT

The growth of the technology industry, in line with the increasing demand for electrical energy, has driven the exploration of alternative energy sources as a substitute for environmentally unfriendly fossil energy and to address energy distribution challenges in 3T (underdeveloped, frontier, and outermost) areas. One potential solution is the utilization of wind energy through Wind Power Plants (PLTB). An initial study involving design analysis and aerodynamic simulation of turbine blades is a crucial step in developing efficient wind turbines and supporting their manufacturing process.

This research focuses on examining the aerodynamic characteristics of four types of airfoils: NREL S826, NACA 4412, NACA 4415, and SG6043. The aerodynamic characteristics analyzed include C_l (lift coefficient), C_d (drag coefficient), and glide ratio. Additionally, the performance analysis of TASH is conducted by varying the four airfoil profiles at low speeds. This study employs numerical simulations using the Blade Element Momentum (BEM) method in QBlade and Computational Fluid Dynamics (CFD) in Ansys Fluent, starting from airfoil design and computational domain creation, followed by setting up the testing process in each software to statistically compare the output power data. Furthermore, pressure distribution and streamline velocity plots at the root and tip of the blades are generated to strengthen the analysis of phenomena related to the data accurately.

The validation results of QBlade airfoil simulations align with experimental airfoil results. Among the four airfoils applied to the turbine blade design, the most prominent aerodynamic characteristics (C_l , C_d , and glide ratio) were observed in SG6043 and NACA 4412. The highest power coefficient was achieved by the SG6043 airfoil at $\lambda = 6$, reaching 0.558. The output power data plots obtained from QBlade software were consistent with Ansys Fluent data, with an average deviation of 1.1%. However, for the NACA 4412 airfoil, the deviation reached 25%. The output power data plots in 3T areas also showed similar results. The visualization results of pressure distribution, streamline velocity, and turbulent kinetic energy distribution were coherent with the data and phenomena occurring at the root and tip areas.

Keywords: HAWT, low-speed wind, airfoil, power, visualization