

OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR TERHADAP EFISIENSI AERODINAMIKA MENGGUNAKAN METODE CFD

Rafli Surur

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik aerodinamika Flettner rotor menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan pendekatan *steady* RANS dan model turbulensi SST $k - \omega$. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data eksperimen (Garenaux et al., 2020) dan data numerik (Kwon et al., 2022) pada berbagai *spin ratio* (SR 1 - 4). *Mesh convergence study* menunjukkan bahwa *grid medium* dengan 3,760,127 sel memberikan error 0.32% terhadap data eksperimen. Variasi penelitian meliputi perbandingan *steady* vs *transient*, pengaruh kondisi batas bawah (*no-slip* vs *symmetry*), variasi ketebalan *disc plate*, dan variasi konfigurasi *disc* pada enam rotor berbeda (rotor Reference, V, W, X, Y, Z). Hasil validasi menunjukkan kesesuaian yang sangat baik untuk rasio C_l/C_d dengan error di bawah 1% pada semua titik yang memiliki data eksperimen. Analisis *steady* vs *transient* menunjukkan tren yang sama, mengindikasikan pendekatan *steady* sudah cukup untuk simulasi. Perbandingan kondisi batas membuktikan bahwa kondisi *symmetry* menghasilkan prediksi yang terlalu berlebihan dengan C_l/C_d 6.30 pada SR 2, jauh di atas kondisi *no-slip* yaitu 3.91 yang lebih dekat dengan kondisi eksperimen. Variasi ketebalan *disc plate* memberikan pengaruh minimal terhadap performa rotor yang menunjukkan ketebalan *disc* referensi 0.005 m paling optimal. Analisis konfigurasi *disc* menunjukkan bahwa rotor V dengan *disc* di ujung atas dan bawah merupakan konfigurasi paling optimal, mampu meningkatkan C_l/C_d hingga 52% pada SR 2 (5.96 vs 3.91) dan 22% pada SR 4 (2.76 vs 2.26) dibandingkan rotor referensi. Analisis kontur tekanan mengkonfirmasi bahwa konfigurasi *disc* optimal mampu menahan kebocoran aliran dan menciptakan distribusi tekanan merata, sementara konfigurasi tanpa *disc* atau dengan *disc* di tengah tanpa penahan ujung mengalami kebocoran aliran yang menurunkan performa. Penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan konfigurasi *disc* yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan performa aerodinamika Flettner rotor.

Kata Kunci: Flettner rotor, *Computational Fluid Dynamics*, Magnus Effect, konfigurasi *disc plate*, *spin ratio*, efisiensi aerodinamika

OPTIMIZATION OF FLETTNER ROTOR DESIGN ON AERODYNAMIC EFFICIENCY USING CFD METHOD

Rafli Surur

ABSTRACT

This study aims to analyze the aerodynamic characteristics of Flettner rotor using Computational Fluid Dynamics (CFD) method with steady RANS approach and SST $k - \omega$ turbulence model. Validation was performed by comparing simulation results with experimental data from (Garenaux et al., 2020) and numerical data from (Kwon et al., 2022) at various spin ratios (SR 1 - 4). Mesh convergence study showed that medium grid with 3,760,127 cells yielded 0.32% error against experimental data. Research variations included steady vs transient comparison, bottom boundary condition effects (no-slip vs symmetry), disc plate thickness variations, and disc configuration variations on six different rotors (rotor Reference, V, W, X, Y, Z). Validation results showed excellent agreement for C_l/C_d ratio with errors below 1% at all points with experimental data. Steady vs transient analysis showed similar trends, indicating that steady approach is sufficient for simulations. Boundary condition comparison proved that symmetry condition produced overly optimistic predictions with C_l/C_d of 6.30 at SR 2, far above no-slip condition of 3.91 which is closer to experimental conditions. Disc plate thickness variations had minimal influence on rotor performance, indicating that reference disc thickness of 0.005 m is the most optimal. Disc configuration analysis showed that rotor V with discs at both top and bottom ends was the most optimal configuration, capable of increasing C_l/C_d by up to 52% at SR 2 (5.96 vs 3.91) and 22% at SR 4 (2.76 vs 2.26) compared to reference rotor. Pressure contour analysis confirmed that optimal disc configuration effectively retained flow leakage and created uniform pressure distribution, while configurations without discs or with mid-span discs without end discs experienced flow leakage that degraded performance. This study proves that proper disc configuration selection is crucial for optimizing Flettner rotor aerodynamic performance.

Keywords: *Flettner rotor, Computational Fluid Dynamics, Magnus Effect, disc plate configuration, spin ratio, aerodynamic efficiency*