

INTISARI

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi potensial dalam menghadapi krisis energi global, salah satunya melalui teknologi turbin air tipe *cross-flow* yang dikenal efisien dan cocok untuk daerah dengan debit air rendah hingga sedang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah *runner blade* dan sudut serang terhadap kinerja turbin *cross-flow* secara numerik. Parameter yang dikaji meliputi torsi, daya, efisiensi, serta karakteristik aliran fluida di dalam runner.

Simulasi dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* berbasis model tiga dimensi dan pendekatan transien. Model turbin yang digunakan sebagai referensi mengacu pada desain turbin *cross-flow* yang diuji oleh Sammartano dkk. (2016) secara eksperimen, kemudian dimodifikasi dengan variasi jumlah sudu sebanyak 25, 35 dan 45, serta sudut serang sebesar 15° , 22° dan 29° . Simulasi menggunakan metode *mesh motion* untuk menangkap interaksi dinamis antara fluida dan rotor, serta model turbulensi *k- ω SST* untuk representasi aliran kompleks di dalam runner.

Simulasi pertama dilakukan dengan memvariasikan jumlah *runner blade* (25, 35 dan 45) pada sudut serang tetap sebesar 22° . Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi dengan jumlah *runner blade* 45 menghasilkan torsi 66,1 N.m, daya 5,24 kW, dan efisiensi tertinggi sebesar 89,3%, disertai penurunan tekanan dan turbulent kinetic energy pada impeller. Efisiensi yang dihasilkan dari ketiga konfigurasi bersifat non-linier, namun terdapat tren peningkatan kinerja seiring bertambahnya jumlah sudu. Performa optimal pada konfigurasi jumlah *runner blade* 45 menunjukkan konversi energi fluida ke energi mekanik yang lebih efisien, meskipun terdapat *margin of error* sebesar 7,89% dibandingkan data eksperimen. Simulasi kedua dilakukan dengan memvariasikan sudut serang (15° , 22° dan 29°) pada jumlah *runner blade* tetap sebanyak 45. Hasilnya menunjukkan bahwa sudut serang 22° memberikan performa terbaik dengan efisiensi 89,3%, sementara sudut 15° dan 29° menghasilkan efisiensi lebih rendah, masing-masing 61,6% dan 81,2%. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpangan dari sudut optimum dapat menyebabkan penurunan efisiensi akibat berkurangnya area tangkapan atau terjadinya *flow separation*. Oleh karena itu, kombinasi desain jumlah *runner blade* dan sudut serang yang tepat sangat penting dalam meningkatkan kinerja turbin *cross-flow*.

Kata kunci: Turbin *cross-flow*, *Runner Blade*, Sudut Serang, Efisiensi, Simulasi *CFD*

ABSTRACT

The utilization of renewable energy has become a potential solution to address the global energy crisis, one of which is through the application of cross-flow water turbine technology, known for its efficiency and suitability in areas with low to moderate water discharge. This study aims to analyze the effect of the number of runner blades and angle of attack on the performance of a cross-flow turbine through numerical simulation. The parameters evaluated include torque, power output, efficiency, and fluid flow characteristics within the runner.

The simulation was carried out using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method based on a three-dimensional transient model. The reference turbine model refers to a cross-flow turbine design experimentally tested by Sammartano et al. (2016), which was then modified by varying the number of blades to 25, 35 and 45, and the angle of attack to 15°, 22° and 29°. The simulation employed the mesh motion method to capture the dynamic interaction between the fluid and the rotor, along with the $k-\omega$ SST turbulence model to represent the complex internal flow inside the runner.

The initial simulation varied the number of runner blades (25, 35 and 45) at a constant angle of attack of 22°. The results showed that the configuration with 45 runner blades produced the highest performance, with a torque of 66,1 N.m, power output of 5,24 kW, and maximum efficiency of 89,3%, accompanied by a reduction in pressure and turbulent kinetic energy within the impeller. The efficiency trend among the three configurations was non-linear, but showed an increase in performance with more blades. The optimal performance of the 45-blade configuration indicates a more effective conversion of fluid energy into mechanical motion, despite a simulation error margin of 7,89% compared to experimental data. The second simulation varied the angle of attack (15°, 22° and 29°) with the number of runner blades fixed at 45. The results showed that an angle of 22° delivered the best performance with an efficiency of 89,3%, while angles of 15° and 29° yielded lower efficiencies of 61,6% and 81,2%, respectively. This indicates that deviation from the optimal angle can reduce efficiency due to a decrease in flow capture area or the occurrence of flow separation. Therefore, the appropriate combination of runner blade number and angle of attack is essential for improving the performance of a cross-flow turbine.

Keywords: Cross-Flow Turbine, Runner Blade, Angle of Attack, Efficiency, CFD Simulation