

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan model sistem manajemen energi biogas dari biomassa limbah pertanian berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dengan tujuan mengoptimalkan proses konversi energi dan meningkatkan efisiensi pembangkitan listrik dari energi biogas pada sektor pertanian. Model prediksi produksi biogas dikembangkan menggunakan algoritma *Backpropagation Neural Network* (BPNN), dan model optimasi daya *output* generator listrik dikembangkan dengan pendekatan *Adaptive Backpropagation Neural Network* dan *Particle Swarm Optimization* (ABPNN-PSO). Sistem kontrol PID yang dirancang untuk mengatur proses produksi biogas dan distribusi energi menunjukkan performa dinamis yang baik dengan nilai *rise time* sebesar 0,7 detik, *settling time* sebesar 2,3 detik, serta *steady-state error* sebesar 0,001 dan *overshoot* sebesar 2,1%, hal ini menunjukkan kestabilan dan responsivitas yang tinggi dalam pengaturan sistem kontrol. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model FNN-PSO mampu mengoptimalkan parameter proses (pH : 6,33; kadar air : 77,99%; OLR : 70 kg/hari; suhu : 30,41 °C) untuk memproduksi biogas sebesar 2,91 m³/hari dengan deviasi maksimum 8,48% dan nilai *Minimum Mean Squared Error* (MSE) sebesar 0,007276. Selanjutnya model ABPNN-PSO berhasil memprediksi daya *output* generator listrik sebesar 1,42 kW pada kondisi tekanan biogas sebesar 34,36 kPa, kadar gas CH₄ sebesar 90%, dan laju aliran sebesar 0,22 l/s, dengan koefisien determinasi R sebesar 0,98513 dan MSE sebesar 0,0010507. Penerapan sistem ini menghasilkan peningkatan *output* energi listrik menjadi 6.862 kWh/hari, meningkat sebesar 27% dibandingkan metode konvensional yang hanya menghasilkan 5.405 kWh/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi AI dan sistem kontrol terintegrasi dalam manajemen energi biogas dari biomassa limbah pertanian dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi, akurasi prediksi, dan keberlanjutan energi di sektor pertanian. Selain itu, pendekatan ini juga menghasilkan konfigurasi parameter proses biogas yang optimal dan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem energi baru terbarukan yang adaptif di sektor pertanian.

Kata kunci : model sistem manajemen energi, biogas, biomassa limbah pertanian, *artificial intelligence*

ABSTRACT

This study develops a model for a biogas energy management system derived from agricultural waste biomass based on Artificial Intelligence (AI), aiming to optimize the energy conversion process and improve the efficiency of electricity generation from biogas in the agricultural sector. The biogas production prediction model is developed using the Backpropagation Neural Network (BPNN) algorithm, while the optimization model for generator power output is implemented through an Adaptive Backpropagation Neural Network and Particle Swarm Optimization (ABPNN-PSO) approach. The PID control system, designed to regulate biogas production and energy distribution, demonstrated excellent dynamic performance, with a rise time of 0.7 seconds, a settling time of 2.3 seconds, a steady-state error of 0.001, and an overshoot of 2.1%, indicating high stability and responsiveness of the control system. This study also shows that the FNN-PSO model effectively optimizes process parameters (pH 6.33; moisture content 77.99%; Organic Loading Rate 70 kg/day; temperature 30.41 °C) to produce biogas at 2.91 m³/day, with a maximum deviation of 8.48% and a minimum Mean Squared Error (MSE) of 0.007276. Furthermore, the ABPNN-PSO model successfully predicts generator power output at 1.42 kW under biogas pressure of 34.36 kPa, CH₄ concentration of 90%, and a flow rate of 0.22 l/s, achieving a determination coefficient (R) of 0.98513 and an MSE of 0.0010507. Implementation of this system resulted in an increase in electricity output to 6,862 kWh/day, representing a 27% improvement over conventional methods that only produced 5,405 kWh/day. These results demonstrate that integrating AI and adaptive control systems in agricultural biomass based biogas energy management significantly enhances efficiency, prediction accuracy, and energy sustainability in the agricultural sector. Furthermore, this approach yields optimal of biogas process parameter configurations that can serve as a foundation for developing adaptive renewable energy systems in the agricultural sector.

Keywords : energy management system model, biogas, agriculture waste biomass, artificial intelligence