UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sistem Kendali Level Quadruple Tank menggunakan Pengendali PID dioptimasi dengan Algoritma Hybrid GA-PSO
EDY SANTOSO, Dr.Eng. Ir. Adha Imam Cahyadi, ST., M.Eng., IPM. ; Prof. Ir. Oyas Wahyunggoro, M.T., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The quadruple tank system is a system for regulating liquid levels in four interconnected tanks which is non-linear and is widely used in the production industry. Because it is non-linear, this Quadruple tank system has an uncertain system character and requires reliable control so that the stability of the fluid control level can be maintained according to the set point.

This research aims to analyze the performance of the Quadruple Tank with different controllers by paying attention to the minimum and non-minimum phase behavior of the Quadruple Tank which is controlled by the selection of the system flow ratio. In this research, researchers focus on optimal PID controller parameter design to increase the stability of water level control by designing hybrid Genetic Algorithm – Particle Swarm Optimization (GA-PSO) for tuning the PID parameter. In the proposed hybrid GA-PSO method, GA is utilized in the first phase to search for the global solution. Afterwards, the best output of GA method is then applied as the input for PSO method for refinement of the solution with the local search exploration, to reduce the cost objective function and obtain more optimum PID gain parameters.

Testing was carried out by comparing the system response of four optimization method: PSO, GA, hybrid GA-PSO, and hybrid PSO-GA. Integral Time-Weighted Absolute Error (ITAE) is chosen as the cost objective function for optimization. Simulation result shows that GA, hybrid GA-PSO, and hybrid PSO-GA method outperform the standalone PSO. The hybrid GA-PSO achieves the lowest steady-state error of 0.0000 and overshoot of 0.0022%. On the other hand, the hybrid PSO-GA achieve the lowest rise time and settling time, but has higher overshoot and steady-state error, compared to the hybrid GA-PSO. Overall, the hybrid GA-PSO method effectively balances responsiveness and accuracy, making it the most robust tuning strategy among the four.

Keywords: level control, hybrid GA-PSO, quadruple tank, PID controller, integral time-weighted absolute error (ITAE)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Sistem Kendali Level Quadruple Tank menggunakan Pengendali PID dioptimasi dengan Algoritma Hybrid GA-PSO
EDY SANTOSO, Dr.Eng. Ir. Adha Imam Cahyadi, ST., M.Eng., IPM. ; Prof. Ir. Oyas Wahyunggoro, M.T., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Sistem *quadruple tank* adalah sistem pengaturan *level* cairan pada empat tangki yang saling berhubungan yang bersifat *non-linier* dan banyak digunakan di industri produksi. Karena bersifat *non-linier*, sistem *Quadruple tank* ini memiliki karakter sistem yang tidak pasti dan memerlukan pengontrolan yang andal agar kestabilan *level control* cairan dapat terjaga sesuai *set point*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja tangki *quadruple* dengan kontroler berbeda dengan memperhatikan perilaku fase minimum dan *non-minimum* tangki *quadruple* yang dikendalikan oleh pemilihan rasio aliran sistem. Selain itu juga berfokus pada desain parameter kontroler PID yang optimal untuk meningkatkan kestabilan kendali *level* air dengan merancang *hybrid Genetic Algorithm – Particle Swarm Optimization (GA-PSO)* untuk penyetelan parameter PID. Pada metode *hybrid GA-PSO*, GA dimanfaatkan pada fase pertama untuk mencari solusi global. Selanjutnya, output dari metode GA kemudian menjadi *input* pada metode PSO guna penyempurnaan solusi dengan eksplorasi pencarian lokal, mengurangi *cost* dan memperoleh parameter PID yang lebih optimum.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan respons sistem dari keempat metode optimasi: PSO, GA, *hybrid GA-PSO,* dan *hybrid PSO-GA*. *Integral Time-Weighted Absolute Error* (ITAE) dipilih sebagai fungsi tujuan biaya untuk optimasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode GA, *hybrid GA-PSO*, dan *hybrid PSO-GA* mengungguli PSO mandiri. *Hybrid GA-PSO* mencapai kesalahan *steady-state* terendah sebesar 0,0000 dan *overshoot* sebesar 0,0022%. Di sisi lain, metode *hybrid PSO-GA* menghasilkan nilai *rise time* dan *settling time* terendah, namun memiliki nilai *overshoot* dan *steady-state error* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *hybrid GA-PSO*. Secara keseluruhan, metode *hybrid GA-PSO* paling efektif dalam menyeimbangkan responsivitas dan akurasi, menjadikannya strategi penyetelan yang paling baik di antara keempat metode optimasi lainnya.

Kata kunci – *Level Control*, *Hybrid GA-PSO*, *Quadruple Tank,* pengendali PID*, Integral Time-Weighted Absolute Error (ITAE)*