



## **ABSTRACT**

*The seat suspension system is a crucial component that plays a significant role in maintaining driver comfort and health, especially under uneven road conditions. To accurately evaluate the performance of a seat suspension, a testing device (seat shaker test rig) capable of precisely replicating vibration profiles is required. This study focuses on the design of a Proportional-Integral-Derivative (PID) control system for the actuator of the seat suspension test rig, as well as the optimization of its parameters using two metaheuristic methods: Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO). The research methodology involves the acquisition of experimental data from an electro-hydraulic system, system modelling using MATLAB/Simulink, model validation with real data, and the integration of dynamic disturbances and impact forces into the simulation. The PID controller is then tuned using GA and PSO, with the objective of minimizing the tracking error across various testing frequencies. System performance is evaluated using statistical metrics such as MAE (0,75 mm), RMSE (0,56 mm), sMAPE (8,4 %), dan  $R^2$  (0,96935). Simulation results show that PID parameter tuning using GA and PSO improves the stability and accuracy of the control system, even under sudden disturbances. The system is able to maintain good reference tracking performance across most testing conditions. Therefore, the proposed optimization approach is considered an effective solution for enhancing control system performance in electro-hydraulic-based seat suspension testing rig.*

*Keyword : PID Controller, Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization, Electro-Hydraulic, Shaker rig test*



## INTISARI

Sistem suspensi kursi merupakan elemen penting yang berperan dalam menjaga kenyamanan dan kesehatan pengemudi, khususnya pada kondisi jalan yang tidak rata. Untuk menguji performa suspensi kursi secara akurat, diperlukan alat uji (*seat shaker test rig*) yang mampu mereplikasi profil getaran secara presisi. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) untuk aktuator alat uji suspensi kursi, serta optimasi parameternya menggunakan dua metode metaheuristik, yaitu *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Metode penelitian melibatkan proses akuisisi data eksperimental dari sistem elektrohidrolik, pemodelan sistem dalam lingkungan MATLAB/Simulink, validasi model berdasarkan data nyata, serta integrasi gangguan dinamis dan hentakan dalam simulasi. Parameter sistem kendali PID kemudian disesuaikan menggunakan GA dan PSO, dengan tujuan untuk meminimalkan *error* pelacakan referensi pada berbagai frekuensi pengujian. Evaluasi performa dilakukan menggunakan kriteria statistik seperti **MAE (0,75 mm)**, **RMSE (0,56 mm)**, **sMAPE (8,4 %)**, dan **R<sup>2</sup> (0,96935)**. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *tuning* parameter PID dengan pendekatan GA dan PSO mampu meningkatkan stabilitas dan akurasi sistem kendali, bahkan saat sistem mengalami gangguan mendadak. Sistem tetap mampu mempertahankan performa pelacakan referensi yang baik di sebagian besar kondisi pengujian. Dengan demikian, pendekatan optimasi ini dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan kinerja sistem kendali pada alat uji suspensi kursi berbasis elektrohidrolik.

Kata Kunci : PID kontroler, *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Genetic Algorithm* (GA), Alat uji suspensi kursi, elektro-hidrolik