

ABSTRAK

Kapal selam merupakan kendaraan bawah air yang dirancang dengan bentuk aerodinamis untuk mengurangi hambatan air sehingga meningkatkan stabilitas selama operasi. Pengaturan kedalaman model kapal selam berdasarkan hukum *archimedes*, dimana benda yang tercelup dalam *fluida* akan mengalami gaya apung sebesar berat *fluida* yang dipindahkan. Dengan mengatur volume air pada tangki *ballast*, model kapal selam dapat beroperasi dalam kondisi mengapung, melayang, dan tenggelam. Pada penelitian ini menerapkan sistem kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) dalam mengatur kedalaman model kapal selam guna meningkatkan respon sistem serta menjaga kestabilan posisi terhadap perubahan kedalaman. Sistem kontrol PID dirancang untuk meminimalkan selisih (*error*) antara kedalaman aktual dan nilai *setpoint* yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur kedalaman model kapal selam dengan tingkat presisi yang baik pada tiga kondisi operasi. Pada kondisi mengapung dengan *setpoint* 50 cm diperoleh presisi $\pm 2\%$, pada kondisi melayang dengan *setpoint* 25 cm diperoleh presisi $\pm 4\%$, sedangkan pada kondisi tenggelam dengan *setpoint* 10 cm diperoleh presisi $\pm 5\%$. Ketika selisih kedalaman terhadap *setpoint* masih besar, sistem menghasilkan nilai PWM yang tinggi hingga sekitar 225 untuk mempercepat proses pengisian atau pengosongan air. Sebaliknya, saat kedalaman mendekati *setpoint*, nilai PWM menurun secara bertahap hingga mendekati nol, yang menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kondisi stabil.

Kata kunci: Pemodelan kapal selam, Hukum *archimedes*, kontrol PID, *aerodinamis*, PWM *water pump*, pengatutan kedalaman

ABSTRACT

Submarines are underwater vehicles designed with aerodynamic shapes to reduce water resistance, thereby improving stability during operation. The depth setting of the submarine model is based on Archimedes' principle, whereby an object submerged in a fluid experiences a buoyant force equal to the weight of the displaced fluid. By adjusting the volume of water in the ballast tank, the submarine model can operate in floating, hovering, and submerged conditions. This study applies a Proportional Integral Derivative (PID) control system to regulate the depth of the submarine model in order to improve system response and maintain positional stability against depth changes. The PID control system is designed to minimize the difference (error) between the actual depth and the desired setpoint value. The test results show that the system is capable of regulating the depth of the submarine model with a good level of precision in three operating conditions. In the floating condition with a setpoint of 50 cm, a precision of $\pm 2\%$ was obtained; in the hovering condition with a setpoint of 25 cm, a precision of $\pm 4\%$ was obtained; while in the submerged condition with a setpoint of 10 cm, a precision of $\pm 5\%$ was obtained. When the depth difference from the setpoint is still large, the system produces a high PWM value of up to approximately 225 to accelerate the process of filling or emptying water. Conversely, when the depth approaches the setpoint, the PWM value gradually decreases to near zero, indicating that the system has reached its target.

Keywords: Submarine modeling, Archimedes principle, PID control, aerodynamics, PWM water pump, depth control