

ABSTRAK

Meningkatnya popularitas sepeda listrik sebagai moda transportasi menuntut adanya inovasi fitur keselamatan aktif untuk mengatasi keterbatasan pengereman manual yang bergantung pada refleks pengendara. Tugas Akhir ini bertujuan merancang dan menguji prototipe sistem pengereman otomatis berbasis mikrokontroler dengan arsitektur dual controller dengan menggunakan Arduino Uno dan ESP-32 yang menggerakkan motor servo sebagai aktuator rem mekanis. Sistem mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, IMU GY-87, dan sensor hall effect KY-003. Dua strategi kontrol diterapkan secara hibrida, yaitu metode pemetaan linear untuk pengereman darurat berdasarkan jarak halangan, dan kontrol Proportional Integral Derivative (PID) untuk regulasi kecepatan pada kondisi jalan menurun dan transisi mode berkendara. Parameter PID dioptimalkan menggunakan metode trial and error berbasis kriteria Integral of Time-weighted Absolute Error (ITAE), menghasilkan parameter $K_p=0,58$, $K_i=0,003$, dan $K_d=0,06$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemetaan linear efektif mencegah tabrakan pada kondisi jalan datar dan menanjak dengan kecepatan rendah. Kontrol PID terbukti mampu merespon overshoot kecepatan di turunan dan menstabilkan laju saat penurunan mode kecepatan, meskipun terdapat overshoot awal akibat gaya gravitasi. Analisis mendalam pada pengujian kecepatan tinggi, yaitu diatas 20 km/jam dan turunan curam mengungkapkan batasan kritis sistem, dimana terjadi tabrakan akibat keterbatasan jangkauan deteksi sensor dengan maksimum pembacaan 4 meter yang tidak memadai untuk melawan inersia dan gaya dorong gravitasi. Secara keseluruhan, penelitian ini memvalidasi logika kontrol hibrida yang dirancang, sekaligus membuktikan perlunya peningkatan spesifikasi sensor jarak untuk implementasi keselamatan pada kecepatan tinggi.

Kata Kunci: *Sepeda Listrik, Pengereman Otomatis, Kontrol PID, Pemetaan Linear, Motor Servo, Keselamatan Aktif.*