

## BAB VI PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran mengenai pengembangan sistem pengontrol kecepatan otomatis pada kendaraan listrik di Zona Selamat Sekolah dengan Fitur *Geofence*. Penjelasan yang diuraikan meliputi seluruh proses penelitian mulai dari perancangan hingga pembahasan hasil pengujian.

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perancangan mengenai sistem pengontrol kecepatan otomatis pada kendaraan listrik di Zona Selamat Sekolah dengan Fitur *Geofence* yang telah dilakukan, berikut merupakan penjabaran kesimpulan dari penelitian ini.

- (1) Penelitian ini menunjukkan sistem pengontrol kecepatan otomatis pada kendaraan listrik bermotor DC dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32S3 WROOM1 N16R8 sebagai pusat kendali. Sistem juga dilengkapi dengan sensor kecepatan HC-020K untuk memantau kecepatan aktual kendaraan secara *real-time*. Sistem ini menunjukkan hasil dari pengujian *BlackBox* mampu untuk membatasi kecepatan kendaraan secara otomatis tanpa intervensi pengguna, khususnya ketika kendaraan berada di dalam Zona Selamat Sekolah (ZoSS). Pembatasan kecepatan dilakukan melalui pengendalian sinyal PWM yang mengatur daya masuk ke motor DC melalui Driver L298N.
- (2) Fitur geofence diterapkan melalui pemanfaatan modul GPS U-Blox Neo M8N yang membaca koordinat lokasi kendaraan secara terus-menerus. Data lokasi tersebut diproses oleh ESP32-S3 untuk menentukan apakah kendaraan berada di dalam atau di luar area ZoSS. Ketika kendaraan terdeteksi memasuki zona yang telah ditetapkan, sistem secara otomatis mengaktifkan pembatasan kecepatan dengan mengurangi daya ke motor. Sebaliknya, ketika kendaraan keluar dari zona tersebut, sistem akan menonaktifkan pembatasan kecepatan sehingga kendaraan dapat kembali beroperasi secara normal. Dengan integrasi ini, sistem mampu menjalankan

kontrol kecepatan berbasis lokasi secara otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

- (3) Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode BlackBox untuk menilai fungsionalitas utama dari sistem yang dikembangkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan seluruh fungsi yang telah dirancang, mulai dari deteksi lokasi GPS, identifikasi masuk/keluar ZoSS, pengurangan kecepatan otomatis, hingga pelaporan status melalui layar OLED. Selama prototipe berada di dalam area ZoSS, sistem terbukti berhasil menolak input akselerasi dari remote control untuk mencegah pelanggaran batas kecepatan. Dengan demikian, sistem ini terbukti layak untuk diterapkan sebagai solusi pendukung keselamatan lalu lintas di lingkungan sekolah, khususnya pada kendaraan listrik yang menggunakan motor DC.

## 6.2. • Saran

Peneliti menyadari berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam pengembangan sistem pengontrol kecepatan otomatis pada kendaraan listrik di Zona Selamat Sekolah dengan Fitur *Geofence*. Masih banyak ruang untuk pengembangan lebih lanjut oleh peneliti berikutnya. Dengan mempertimbangkan berbagai hal yang dapat terjadi dalam kondisi ruang lingkup nyata, diharapkan pengembang selanjutnya dapat meneliti lebih lanjut mengenai hal-hal berikut.

- (1) Disarankan untuk penelitian lanjutan dapat mengembangkan sistem tertanam cerdas yang memanfaatkan algoritma *machine learning* atau *fuzzy logic* untuk mengambil keputusan berdasarkan berbagai parameter, seperti tingkat kepadatan lalu lintas, jam operasional sekolah, serta pola pergerakan kendaraan. Hal ini memungkinkan pengendalian kecepatan yang lebih fleksibel dan kontekstual, tanpa hanya mengandalkan batasan koordinat *geofence*.
- (2) Disarankan untuk penelitian mendatang dapat menambahkan fitur notifikasi berupa lampu indikator atau bunyi dari komponen seperti buzzer saat kendaraan memasuki dan keluar dari Zona Selamat Sekolah. Tujuannya agar keberadaan kendaraan yang diperlambat dapat diketahui

oleh pengguna jalan lain, sehingga mendukung keselamatan secara menyeluruh dan meningkatkan interaksi antara sistem dan lingkungan sekitar.

- (3) Penelitian ini masih terbatas pada pengujian menggunakan prototipe kendaraan listrik berskala kecil di lingkungan terkontrol. Meskipun penentuan *geofence* telah menggunakan koordinat dari peta asli untuk simulasi lingkungan nyata, dalam implementasi sistem pada kendaraan listrik skala penuh dan pengujian langsung di lingkungan luar ruangan, diperlukan penyusunan peta jalan (*roadmap*) pengembangan yang jelas. Peta jalan ini mencakup tahapan peningkatan skala prototipe, validasi akurasi *geofence* dalam berbagai kondisi, integrasi dengan sistem kendaraan internal, dan uji coba lapangan komprehensif untuk mencapai implementasi *real-world*.
- (4) Untuk mengukur performa sistem secara lebih objektif dan komprehensif, disarankan agar penelitian selanjutnya menyertakan pengujian kuantitatif. Metrik yang dapat diukur meliputi *latency* sistem (waktu tunda respons), *error margin* akurasi GPS dalam berbagai kondisi lingkungan, dan rata-rata waktu reaksi sistem dalam menurunkan atau mengembalikan kecepatan kendaraan. Pengukuran ini akan memberikan data validasi yang lebih kuat terhadap efektivitas dan keandalan sistem dalam skenario operasional yang beragam.