

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembangunan, dan pengujian sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan di jalan lingkungan berbasis sensor *photo beam*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan berbasis sensor *photo beam* berhasil diimplementasikan dan mampu mendeteksi, mencatat, serta membedakan arah pergerakan kendaraan secara otomatis dan *real-time* di pintu masuk parkir atas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Berdasarkan hasil kalibrasi pada tiga referensi kecepatan, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan persentase error sebesar 0,085% pada kecepatan 10 Km/h, 0,38% pada kecepatan 20 Km/h, dan 1,12% pada kecepatan 30 Km/h. Error yang lebih besar pada kecepatan rendah disebabkan oleh sulitnya mempertahankan kecepatan konstan saat melewati sensor. Variasi nilai error dipengaruhi oleh perubahan kecepatan kendaraan saat melewati sensor serta kesulitan dalam mempertahankan kecepatan konstan selama proses pengujian.
3. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 500 data kendaraan, diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 11,98 Km/h dengan standar deviasi 12,61 Km/h. Sebanyak 481 data (96,2%) tercatat normal dengan kecepatan ≤ 30 Km/h sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015, sedangkan 19 data (3,8%) terdeteksi melebihi batas kecepatan yang ditetapkan. Analisis statistik menunjukkan batas *outlier* berada pada 37,2 Km/h dengan 10 data (2%) yang teridentifikasi sebagai *outlier*.
4. Sistem memiliki keterbatasan dalam penentuan arah kendaraan, di mana apabila suatu objek telah mendeteksi sensor pertama namun kemudian berbalik arah sebelum mencapai sensor kedua, maka sistem akan mencatatnya dengan arah yang berlawanan dari kondisi sebenarnya.

5. Sensor *photo beam* yang digunakan tidak dapat membedakan jenis objek yang melintas, sehingga pejalan kaki maupun orang yang berlari melewati area sensor juga ikut terdeteksi dan tercatat sebagai data kendaraan oleh sistem.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan selama proses pengujian, berikut beberapa saran untuk pengembangan sistem ke depannya:

1. Penambahan sistem klasifikasi objek untuk mengatasi ketidakmampuan sistem dalam membedakan jenis objek yang terdeteksi, disarankan pada penelitian selanjutnya untuk mengintegrasikan kamera dan teknologi *computer vision* atau *image processing* sehingga sistem dapat membedakan antara kendaraan bermotor, mobil, sepeda, maupun pejalan kaki secara otomatis.
2. Penambahan validasi arah kendaraan untuk meningkatkan akurasi pencatatan arah kendaraan, disarankan untuk menambahkan mekanisme validasi arah seperti sensor ketiga sebagai konfirmasi, sehingga kendaraan yang berbalik arah setelah mendeteksi sensor pertama tidak dicatat sebagai kendaraan dari arah yang berlawanan.
3. Penambahan filter data otomatis untuk meminimalkan data tidak sesuai akibat gangguan sinyal sesaat (*noise*), disarankan untuk menambahkan algoritma filter pada sistem, seperti batas minimum selisih waktu yang dapat diterima, sehingga data yang dihasilkan lebih bersih dan representatif.
4. Peningkatan akurasi pada kecepatan, berdasarkan hasil kalibrasi, sistem telah menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan nilai error di bawah 2% pada seluruh pengujian. Namun demikian, penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi pengaruh variasi jarak antar sensor serta penggunaan sensor dengan respon yang lebih cepat untuk meningkatkan kestabilan dan akurasi pengukuran pada berbagai rentang kecepatan kendaraan.
5. Pengembangan media penyimpanan dan visualisasi data disarankan untuk mengembangkan sistem penyimpanan data ke platform yang lebih interaktif, seperti *dashboard* berbasis web atau aplikasi mobile, sehingga data lalu lintas dapat dipantau dan dianalisis secara lebih mudah dan fleksibel oleh pengguna