BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik dua kesimpulan utama yang menjawab rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Teknologi LoRa dapat dimanfaatkan secara efektif untuk memberikan prioritas pada kendaraan hak utama secara *real-time*. Sistem mampu menerima sinyal dan mengubah siklus lampu lalu lintas dalam waktu yang sangat cepat (1-4 detik) pada kondisi sinyal yang stabil. Namun, keandalan sistem sangat bergantung pada kondisi lingkungan di setiap lokasi, di mana performa dapat menurun (respon lambat atau sinyal hilang) di area dengan jangkauan sinyal yang lemah.
2. Kalibrasi *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) terbukti dapat digunakan sebagai metode yang akurat untuk mengestimasi jarak kendaraan hak utama dari persimpangan. Terdapat korelasi yang kuat di mana nilai RSSI akan semakin lemah seiring bertambahnya jarak. Dengan menetapkan nilai ambang batas (*threshold*) RSSI, sistem dapat secara efektif menentukan kapan harus memicu mode interupsi. Namun, metode ini memerlukan proses kalibrasi yang spesifik untuk setiap lokasi dan arah persimpangan guna memastikan akurasi tertinggi.

V.2. Saran

Beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem ini meliputi:

1. Untuk mengatasi masalah variasi dan hilangnya sinyal di lokasi tertentu, disarankan adanya peningkatan perangkat keras dengan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan antena dengan *gain* yang lebih tinggi pada perangkat *Gateway*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas penerimaan dan jangkauan sinyal, terutama di lingkungan perkotaan dengan banyak halangan fisik.
2. Perlu dilakukan pengembangan algoritma yang lebih adaptif. Algoritma sebaiknya tidak hanya bergantung pada satu nilai ambang batas RSSI,

tetapi juga mempertimbangkan faktor lain seperti rata-rata pergerakan nilai RSSI (*moving average*) untuk memfilter fluktuasi sinyal sesaat. Selain itu, penambahan fitur keamanan enkripsi pada paket data LoRa perlu dipertimbangkan untuk mencegah penyalahgunaan sistem oleh pihak yang tidak berwenang.

3. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan pengujian pada lingkungan yang lebih kompleks, seperti pada persimpangan jalan yang sebenarnya dengan kondisi lalu lintas yang dinamis. Pengujian di lingkungan nyata akan memberikan data yang lebih valid mengenai kinerja sistem dalam menghadapi tantangan seperti interferensi dari perangkat nirkabel lain dan keberadaan beberapa kendaraan hak utama secara bersamaan.
4. Untuk memaksimalkan manfaatnya, sistem ini sangat disarankan untuk diintegrasikan dengan sistem yang lebih luas, seperti *Area Traffic Control System* (ATCS) yang ada di perkotaan. Dengan demikian, data dari sistem prioritas ini dapat digunakan oleh pusat kendali lalu lintas untuk melakukan manajemen lalu lintas yang lebih holistik dan efisien.
5. Untuk memastikan sistem kembali berjalan normal secara aman setelah mode interupsi berakhir, perlu dikembangkan mekanisme sinkronisasi fase pasca interupsi. Sistem disarankan untuk menambahkan jeda waktu transisi menggunakan logika pemulihan bertahap, misalnya dengan menyalakan lampu kuning selama beberapa detik sebelum lampu hijau kembali menyala sesuai siklus normal. Tujuannya adalah untuk mencegah kebingungan pengguna jalan dan menghindari potensi konflik lalu lintas akibat perubahan fase yang mendadak setelah kendaraan prioritas melintas.
6. Pengaturan waktu delay pada mode interupsi perlu dioptimalkan agar dapat menyesuaikan dengan jarak dan kecepatan kendaraan prioritas. Penambahan logika delay adaptif berbasis nilai RSSI dan waktu estimasi kedatangan kendaraan dapat menjadi solusi. Misalnya, jika kendaraan masih jauh, lampu kuning dapat dinyalakan lebih lama untuk memberi peringatan ke pengguna jalan lain; sedangkan jika kendaraan sudah sangat dekat, lampu hijau dapat langsung diberikan tanpa penundaan berlebih. Optimalisasi ini penting untuk menjaga keseimbangan antara

respon cepat terhadap kendaraan prioritas dan keselamatan lalu lintas umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, F., Izzuddin, A., & Apriia, I. (2021). Implementasi Sensor Kompas Sebagai Sistem Navigasi Pada Robot vacuum cleaner. *Energy - Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 11(1), 21–25.
- Andilolo, J. P., Tuasikal, H., & Markus, D. P. (2024). Implementasi Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya. *Unes Law Review*, 6(4).
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (2025). *Simpang (Definisi Simpang)*. diakses dari <https://kbbi.web.id/simpang> [Pada 3 Maret 2025]
- detikNews. (2017). *Semrawutnya Simpang Slamet Riyadi Matraman, Mobil Damkar Terjebak*. diakses dari <https://news.detik.com/berita/d-3652045/semrawutnya-simpang-slamet-riyadi-matraman-mobil-damkar-terjebak> [Pada 2 Maret 2025]
- Firdany, M., & Nopriadi, N. (2022). Rancang Bangun Robot Mobil Line Follower Pengantar Berkas Di Kantor Menggunakan Android. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 7(5), 78–88.
- Harjono, D. (2023). Sistem Monitoring Baterai Lithium Polymer (Lipo) Secara Nirkabel Pada Mobil Listrik PonECar. *ELITJOURNAL Electrotechnics And Information Technology*, 4(2), 1–10.
- Heltec. (2025). *Heltec Lora32*. diakses dari <https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/> [Pada 20 Januari 2025]
- Ilham Tri Maulana. (2022). Penerapan Metode Sdlc (System Development Life Cycle) Waterfall Pada E-Commerce Smartphone. *Jurnal ilmiah Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(2), 1–6.
- Indonesia. (2009). *Undang-undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.
- Margareth Melisa, Franklin Papia J C, & Warouw Fela. (2015). Studi Kemacetan Lalu Lintas Di Pusat Kota Ratahan. *Spasial*, 2(2), 89–97.

- Marlok, E. K. (1988). PENGANTAR TEKNIK DAN PERENCANAAN TRANSPORTASI (terjemahan), Erlangga Jakarta. *Erlangga, Jakarta*.
- Martin, R. S., & Dewanto, Y. (2023). Prototipe kunci pintu otomatis menggunakan sensor kamera berbasis raspberry. *Jurnal Teknologi IndustriM*, 12(1), 21–29.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia 49. (2014). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 tahun 2014 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas. *Menteri Perhubungan Republik Indonesia*, 1–27.
- Muchtar, H., Isyanto, H., & Prasetyo, I. (2022). Desain Pembuatan Alat Pemantauan Temperatur dan Kelembaban dengan Menggunakan Teknologi LoRa. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 145.
- Pahlevi, R. N. (2022). *Analisis dan Rancang Bangun Sistem Pengukur Lampu Lalu Lintas untuk Keadaan Darurat*.
- Pangestuti, E., & Wahyudi, F. S. (2021). Prosedur Penyelesaian Hukum Terhadap Pelanggaran Lalu Lintas Dalam KUHP. *Jurnal Hukum - YUSTITIABELEN*, 7(1), 72–93.
- PKJI. (2023). Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 021, 7393938*.
- Rachbini, D. (2006). Ekonomi Politik dan Teori Pilihan Publik. In *Ekonomi Politik dan Teori Pilihan Publik*.
- Sa'diah, E. H., Aini, M., Mardiah, D., Hanifan, & Apriliani, A. (2024). Kualitas Pelayanan Transportasi Publik. *Karimah Tauhid*, 3(2), 2012–2021.
- Sholahuddin, M. R., & Kusuma, B. H. (2025). *Sistem Lampu Lalu Lintas Pintar untuk Kendaraan Prioritas*. 4, 633–640.
- Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.
- Syahabudin, F. I., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. E. (2020). Perencanaan Lampu Pengatur Lalu Lintas Pada Persimpangan Jalan Sultan Hasanudin Dan Jalan Ari Lasut Menggunakan Metode Mkji. *Jurnal Sipil Statik ISSN: 2337-6732*, 3(10), 685–695.

- Tribunnews. (2024). *Kronologi Wisatawan Meninggal di Puncak Bogor Diduga Asma, Ambulans Telat*. diakses dari <https://www.tribunnews.com/regional/2024/09/17/infografis-kronologi-wisatawan-meninggal-di-puncak-bogor-diduga-asma-ambulans-telat-akibat-macet> [Pada 20 Januari 2025]
- Tumewu, D., Mantiri, M. S., & Lapian, M. T. (2021). Efektivitas Pengelolaan Terminal Angkutan Umum Tipe B Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Governance*, 1(2), 1–11.
- Tunas Toyota. (2022). *Inilah Arti 3 Warna Pada Lampu Lalu Lintas*. diakses dari <https://www.tunastoyota.com/post/inilah-arti-3-warna-pada-lampu-lalu-lintas?> [Pada 3 Maret 2025]
- United Nations Economic Commission for Europe. (1968). Vienna Convention on Road Signs and Signals. In *United Nations*.