

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan pesat perekonomian di Indonesia telah mendorong peningkatan mobilitas masyarakat yang ditandai dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor secara signifikan. Peningkatan jumlah kendaraan ini tidak diimbangi dengan pengembangan infrastruktur jalan yang memadai. Akibatnya, kapasitas jalan yang terbatas tidak mampu menampung volume kendaraan yang terus bertambah. Pertumbuhan kendaraan yang tidak terkendali, tanpa diiringi dengan pengaturan lalu lintas yang efektif, telah mengakibatkan kemacetan menjadi permasalahan yang semakin kompleks.

Menurut Margareth Melisa dkk. (2015), kemacetan merupakan kondisi ketika kelancaran arus lalu lintas menurun di suatu jalan yang berdampak langsung pada pengguna jalan baik yang menggunakan transportasi umum maupun kendaraan pribadi sehingga menambah waktu perjalanan. Kemacetan lalu lintas yang parah dapat menghambat laju kendaraan berhak utama seperti ambulans dan pemadam kebakaran dalam memberikan pelayanan publik yang cepat dan efektif. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ) Pasal 134 secara tegas mengatur mengenai hak utama berbagai jenis kendaraan di jalan raya. Pasal ini memberikan prioritas kepada kendaraan-kendaraan yang sedang menjalankan tugas khusus dan mendesak, seperti pemadam kebakaran, ambulans, kendaraan evakuasi kecelakaan, serta kendaraan-kendaraan yang mengangkut pejabat negara atau tamu negara. Selain itu, iring-iringan jenazah dan konvoi kendaraan tertentu yang telah mendapat izin dari kepolisian juga diberikan hak utama. Tujuannya adalah untuk memastikan kelancaran dan kecepatan dalam memberikan pelayanan darurat serta menghormati peristiwa-peristiwa penting.

Dilansir dari Tribunnews (2024) Insiden meninggalnya seorang wisatawan di kawasan Puncak pada September 2024 lalu menjadi sorotan atas dampak buruk kemacetan lalu lintas yang berkepanjangan. Korban asal Jakarta mengalami kondisi darurat medis saat berlibur, namun ambulans

yang dipanggil untuk mengevakuasi korban terhambat oleh kemacetan parah sehingga tidak dapat tiba tepat waktu. Ironisnya, peristiwa serupa juga terjadi di Jakarta, kemacetan menghambat mobil pemadam kebakaran menuju lokasi kejadian sehingga menunjukkan bahwa ketidakteraturan lalu lintas dapat menghambat respon keadaan darurat (detikNews, 2017). Kedua kejadian ini menggarisbawahi betapa krusialnya waktu dalam situasi darurat dan bagaimana kemacetan dapat menjadi penghalang utama dalam memberikan penanganan kondisi darurat yang cepat dan efektif.

Kendaraan berhak utama seperti ambulans dan pemadam kebakaran membutuhkan akses jalan yang cepat dan lancar untuk mencapai lokasi kejadian. Kedua kendaraan tersebut memiliki tingkat urgensi yang paling tinggi dalam penanganan kondisi darurat yang menyangkut keselamatan jiwa maupun penyelamatan aset. Ambulans memerlukan prioritas untuk mempercepat penanganan medis, sedangkan pemadam kebakaran membutuhkan akses yang cepat agar dapat meminimalkan kerugian serta korban akibat kebakaran. Lampu lalu lintas konvensional seringkali tidak mampu memberikan respon yang cepat terhadap kebutuhan kendaraan ini. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk mengembangkan sistem lampu lalu lintas yang dapat secara otomatis mendeteksi keberadaan kendaraan berhak utama dan memberikan prioritas dengan memberikan lampu hijau. Dengan mengimplementasikan teknologi deteksi kendaraan dan pengaturan lalu lintas yang cerdas, kita dapat memberikan jalur khusus bagi ambulans, pemadam kebakaran, dan kendaraan darurat lainnya, sehingga waktu respons terhadap kejadian darurat dapat ditekan seminimal mungkin.

LoRa (*Long Range*) adalah teknologi nirkabel jarak jauh yang dirancang untuk komunikasi data dengan daya rendah. Teknologi ini memanfaatkan modulasi CSS (*Chirp Spread Spectrum*) yang memungkinkan transmisi data pada jarak yang jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Penerapan teknologi LoRa dalam sistem transportasi cerdas dapat memberikan solusi inovatif untuk mengatasi kemacetan dan memberikan prioritas pada kendaraan berhak utama. Dengan pemasangan perangkat LoRa pada kendaraan seperti ambulans dan pemadam kebakaran, keberadaan dan arah tujuan kendaraan dengan hak utama dapat lebih

mudah diidentifikasi. Informasi ini kemudian dikirimkan ke sistem kontrol lampu lalu lintas. Ketika kendaraan dengan hak utama mendekati persimpangan, sistem akan secara otomatis mendeteksi sinyal LoRa dan mengubah lampu lalu lintas menjadi hijau pada arah yang dituju kendaraan tersebut.

Sistem ini mengandalkan LoRa berbasis mikrokontroler Heltec ESP32 pada sisi *node* maupun *gateway* yang secara dinamis mengelola lalu lintas. LoRa *Node* pada kendaraan prioritas secara berkala mengirimkan data jenis kendaraan dan arah tujuannya. *Gateway* akan secara terus-menerus mengukur kekuatan sinyal atau *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dari LoRa *Node* untuk memperkirakan jarak kendaraan dari persimpangan. Ketika jarak kendaraan diperkirakan sekitar 100 meter, *gateway* akan mengaktifkan mode interupsi pada lampu lalu lintas. Dalam mode interupsi, lampu lalu lintas akan memberikan prioritas pada kendaraan prioritas dengan mengubah warna lampu menjadi hijau sesuai arah tujuannya. Setelah kendaraan melewati persimpangan, sistem akan kembali ke mode normal.

Berdasarkan permasalahan serta potensi solusi yang telah diuraikan di atas, dilakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan Teknologi LoRa untuk Transmisi Data Identifikasi Kendaraan Hak Utama pada Kendali Lampu Lalu Lintas". Sistem yang dikembangkan ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif dalam memberikan prioritas bagi kendaraan dengan hak utama, seperti ambulans dan pemadam kebakaran. Dengan kemampuan mendeteksi dan memberikan jalur khusus bagi kendaraan-kendaraan tersebut, sistem ini diharapkan dapat secara signifikan mengurangi waktu respons dalam penanganan kondisi darurat, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan penyelamatan.

I.2. Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, masalah yang diidentifikasi sebagai bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan menyebabkan kemacetan yang semakin parah, terutama di daerah perkotaan.
2. Kemacetan lalu lintas menghambat laju kendaraan berhak utama seperti ambulans dan pemadam kebakaran dalam memberikan pelayanan darurat.
3. Sistem lampu lalu lintas konvensional tidak dapat memberikan respons yang cepat dan fleksibel terhadap kebutuhan kendaraan berhak utama.
4. Kurangnya sistem terintegrasi untuk mendeteksi dan memberikan prioritas pada kendaraan berhak utama.
5. Perlu dilakukan penelitian mendalam mengenai optimasi parameter jaringan LoRa, integrasi dengan sistem lampu lalu lintas, serta pengamanan data untuk memastikan kinerja yang handal dan aman dalam lingkungan perkotaan yang kompleks.
6. Diperlukan pengembangan suatu metode perhitungan jarak yang handal dan tepat, dengan memanfaatkan data kekuatan sinyal (RSSI).

I.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

- a. Bagaimana pemanfaatan teknologi LoRa pada sistem kontrol lampu lalu lintas untuk memberikan prioritas pada kendaraan berhak utama secara real-time?
- b. Bagaimana kalibrasi RSSI dapat digunakan untuk mengestimasi jarak secara akurat?

I.4. Batasan Masalah

Dengan tujuan supaya penelitian akan lebih terarah dan tidak terlalu meluas ke berbagai aspek yang tidak relevan. Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

- a. Penelitian ini fokus pada penggunaan perangkat LoRa berbasis mikrokontroler Heltec ESP32 sebagai *node* dan *gateway*.
- b. Sensor yang digunakan pada *Node* adalah sensor kompas untuk menginformasikan arah tujuan kendaraan.

- c. Penelitian menggunakan frekuensi 915 MHz sesuai dengan regulasi frekuensi yang berlaku di Indonesia.
- d. Penelitian tidak mempertimbangkan pengaruh kondisi cuaca yang ekstrem terhadap kinerja sistem.
- e. Penelitian fokus pada kendaraan berhak utama seperti ambulans dan pemadam kebakaran.
- f. Penelitian tidak mempertimbangkan persimpangan dengan konfigurasi yang sangat kompleks.
- g. Penelitian fokus pada jarak deteksi kendaraan berhak utama hingga radius 100 meter dari persimpangan.
- h. Penelitian tidak mempertimbangkan pengaruh interferensi dari perangkat nirkabel lainnya.
- i. Penelitian tidak mempertimbangkan adanya hambatan fisik yang dapat mengganggu sinyal LoRa.

I.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut.

- a. Mendesain arsitektur sistem yang efektif untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kendaraan berhak utama menggunakan teknologi LoRa.
- b. Mengembangkan algoritma untuk mengolah data LoRa dan menentukan prioritas kendaraan.
- c. Menguji kinerja sistem dalam memberikan prioritas kepada kendaraan berhak utama dalam kondisi lalu lintas yang dinamis.
- d. Mengevaluasi efektivitas sistem dalam mengurangi waktu respons kendaraan dengan hak utama.

I.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut.

- a. Bagi Penulis
 - a. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai teknologi LoRa dan sistem kontrol lalu lintas.

- b. Memperoleh keterampilan dalam merancang, membangun, dan menguji sistem berbasis LoRa.
 - c. Hasil penelitian dapat dipublikasikan dalam jurnal ilmiah atau konferensi, sehingga dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang transportasi cerdas.
 - e. Penelitian ini dapat menjadi bekal untuk melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi atau berkarier di bidang yang relevan.
- b. Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
- a. Penelitian ini dapat meningkatkan reputasi politeknik sebagai institusi yang aktif dalam mengembangkan teknologi transportasi yang inovatif.
 - b. Hasil penelitian dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum perkuliahan, sehingga mahasiswa dapat belajar dari hasil penelitian terbaru.
 - c. Penelitian ini dapat membuka peluang untuk menjalin kerjasama dengan industri terkait, sehingga dapat menghasilkan inovasi yang lebih aplikatif.
 - d. Hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan di bidang transportasi.
- c. Bagi Masyarakat Umum
- a. Sistem ini dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas dan mempercepat waktu tempuh kendaraan dengan hak utama.
 - b. Sistem ini dapat meningkatkan kualitas pelayanan publik, terutama dalam situasi darurat.

I.7. Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab. Untuk memperjelas pembahasan, maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang digunakan pada sebuah penelitian, selain itu juga berisi penelitian-penelitian yang relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang lokasi dan waktu yang akan di lakukan penelitian, metode penelitian yang digunakan untuk memperoleh data penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian, dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan implementasi dari sistem yang telah dirancang, mulai dari proses perakitan perangkat *node* dan *gateway*, pemrograman sistem, hingga pengujian performa dan fungsionalitasnya. Pengujian yang dilakukan mencakup pengujian jangkauan koneksi LoRa, kinerja sistem dalam merespons kendaraan hak utama, serta validasi oleh ahli. Selain itu, bab ini juga memuat analisis pemanfaatan teknologi LoRa untuk prioritas lalu lintas, estimasi jarak berbasis RSSI, dan pembahasan implikasi serta rekomendasi teknis berdasarkan temuan di lapangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi rangkuman dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam bentuk kesimpulan yang menjawab rumusan masalah. Selain itu, disampaikan pula saran-saran yang bersifat konstruktif dan aplikatif sebagai masukan untuk pengembangan sistem lebih lanjut, baik dalam aspek teknis, implementasi di lapangan, maupun kemungkinan integrasi dengan sistem lalu lintas cerdas lainnya di masa depan.