

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api adalah salah satu sarana transportasi publik yang banyak dimanfaatkan dalam mendukung mobilitas masyarakat karena efisiensi, ketepatan waktu, dan tarif yang tergolong terjangkau. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), volume pengguna jasa kereta api nasional menunjukkan tren pemulihan yang cukup signifikan pascapandemi COVID-19. Data pada tahun 2025 mencatatkan rekor tertinggi dalam lima tahun terakhir yakni sebanyak 549,89 juta orang, meningkat tajam setelah sempat terpuruk pada tahun 2021 yang hanya sebesar 149,76 juta orang akibat pandemi COVID-19 (BPS, 2026).

Meskipun demikian, peningkatan jumlah volume penumpang kereta api masih belum diiringi dengan adanya jaminan keamanan dan keselamatan operasional. Berdasarkan data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Republik Indonesia, dalam satu dekade terakhir angka kecelakaan kereta api masih belum mampu mencapai *zero accident*. Sebagai contoh, peristiwa kecelakaan pada bulan April 2026 berupa tabrakan antara Kereta Api Jarak Jauh (KAJJ) dan KRL *commuter line* di Bekasi Timur yang mengakibatkan belasan korban jiwa dan korban luka serta melumpuhkan sebagian jalur kereta (Wibawana, 2026). Hal ini menandakan bahwa perlu diadakannya inovasi pada sektor kereta api untuk menekan jumlah kecelakaan kereta api yang terjadi melalui konsep *Smart Railway System*.

Salah satu teknologi yang kini sedang mengalami perkembangan adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN merupakan sekumpulan sensor pintar yang dapat melakukan interaksi dan komunikasi nirkabel apabila dihubungkan, baik komunikasi secara horizontal (dengan *base-station*) ataupun komunikasi secara vertikal (sesama *sensor-node*) (Pamungkas & Wirawan, 2015). Berkembangnya WSN telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti monitoring dan klasifikasi kualitas udara (Arya dkk., 2018), sebagai penentu lokasi kebakaran

hutan (Rahmad dkk., 2021), dan monitoring lingkungan berbasis android (Tarmidi dkk., 2019).

Selain teknologi WSN, perkembangan sistem monitoring juga didukung dengan konsep *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan teknologi terkini yang mengizinkan perangkat-perangkat untuk saling berinteraksi dan terhubung melalui jaringan internet. Kehadiran IoT membawa banyak manfaat dan keuntungan dalam kehidupan manusia serta menjadikan segala aktivitas lebih praktis dan mudah (Syahfitri, 2025).

Untuk meminimalisir risiko kecelakaan pada kereta api, beberapa studi terdahulu telah mengembangkan penelitian terkait dengan IoT dan WSN, namun implementasinya dalam bidang perkeretaapian masih terbatas. Beberapa penelitian sebelumnya mengkaji mengenai pengendalian dan pengawasan jalur kereta api dengan memanfaatkan teknologi IoT serta aplikasi MIT *App Inventor* yang menitikberatkan pada sistem kontrol dan monitoring palang pintu secara jarak jauh. Dalam studi yang berbeda, sebuah sistem berbasis IoT diciptakan untuk memantau pengendara sebagai keselamatan cerdas di jalur kereta api, yang bertujuan memberikan peringatan kepada pengguna jalan berdasarkan posisi kendaraan secara *real-time*. Selain itu, terdapat penelitian yang mengkaji sistem otomatisasi perlintasan kereta api umumnya memanfaatkan sensor seperti infrared, ultrasonik, dan *load cell* untuk mendeteksi keberadaan kereta dan mengendalikan palang pintu secara otomatis.

Namun demikian, berbagai penelitian yang telah dilakukan belum secara spesifik mengkaji komunikasi data antara kereta dan stasiun menggunakan media nirkabel sederhana. Berdasarkan uraian tersebut, studi ini dilaksanakan untuk menciptakan dan mengembangkan prototipe sistem monitoring dan transmisi data antara stasiun ke kereta api dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, modul komunikasi nRF24L01+, dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem ini juga diintegrasikan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT), sehingga informasi yang diterima dapat dimonitor dengan *real-time* dalam sistem *cloud data logging* yang berbasis Google Sheets.

Pengembangan aplikasi modul nRF24L01+ dalam sistem transmisi data skala miniatur ini dapat menjadi langkah awal untuk pengembangan aplikasi modul nRF24L01+ dalam mensimulasikan efektivitas *Smart Railway System* yang transparan, andal, serta dapat diakses secara *real-time* guna mendukung efisiensi operasional perkeretaapian di masa depan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang serta mengimplementasikan sistem monitoring dan transmisi data secara nirkabel antara stasiun dan kereta pada skala miniatur menggunakan modul nRF24L01+ yang dikolaborasikan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengenali keberadaan dan jarak objek.
2. Membangun sistem monitoring yang berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring data riwayat perjalanan kereta secara *real time* yang terintegrasi dengan platform *cloud data logging* berbasis Google Sheets.
3. Menganalisis kinerja dan efektivitas transmisi data modul nRF24L01+ dalam sistem komunikasi stasiun dan kereta pada prototipe *Smart Railway System*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menghasilkan sistem transmisi data nirkabel dan monitoring posisi yang tidak hanya dapat diimplementasikan pada transportasi kereta api, tetapi juga memiliki skalabilitas untuk diimplementasikan pada bus dalam mendeteksi halte, serta transportasi darat lainnya melalui penerapan *Internet of Things* (IoT) guna mendukung inovasi sistem transportasi pintar (*smart transportation*).
2. Memberikan kontribusi pengetahuan terkait penerapan teknologi transmisi data nirkabel berbasis modul nRF24L01+ dan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem pemantauan pada sektor transportasi.