

BABI PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kereta api memiliki peran penting dalam mendukung sistem transportasi perkotaan dan pinggiran kota, baik untuk perjalanan harian menuju tempat kerja atau sekolah, maupun sebagai tulang punggung mobilitas regional yang mendukung perkembangan ekonomi dan sosial. Salah satu aspek kritis dalam sistem kereta api adalah keselamatan jalur, yang menjadi semakin penting dengan meningkatnya jumlah kereta, kapasitas, dan kecepatan perjalanan (Qu dkk., 2023; Wang dkk., 2024).

Namun, peningkatan ini membawa risiko operasional yang signifikan. Insiden seperti kecelakaan, tergelincirnya kereta, dan kebakaran menunjukkan bahwa aspek keselamatan jalur masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu masalah utama yang dihadapi adalah terjadinya kecelakaan pada kereta api. Meskipun ada upaya yang dilakukan untuk meningkatkan keselamatan, data statistik menunjukkan bahwa kecelakaan kereta api tetap terjadi di Indonesia.



Gambar I.1 Angka Kecelakaan Kereta Api Indonesia

Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia memuat data yang tertera pada Gambar I.1 bahwa pada periode tahun 2014 sampai 2024 masih terjadi kecelakaan kereta api dengan rata – rata 6 angka kecelakaan kereta per tahunnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih ada potensi risiko keselamatan yang perlu ditangani secara serius. Berdasarkan data yang disediakan Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia kecelakaan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu anjlokkan, tabrakan, dan terbakar.

Selain itu, kurangnya sistem deteksi hambatan secara cepat turut memperbesar peluang terjadinya kecelakaan. Oleh karena itu, pengawasan yang proaktif dan pemantauan yang efektif menjadi kebutuhan utama untuk mengidentifikasi potensi gangguan pada jalur rentan serta memastikan keselamatan operasional.

Pemanfaatan data sensor, seperti percepatan, menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan keselamatan jalur kereta. Analisis data percepatan terhadap ambang batas tertentu memungkinkan identifikasi kondisi permukaan jalur, termasuk mendeteksi cacat atau ketidakraturan (Firlik & Tabaszewski, 2020; Yang dkk., 2020). Selain itu, data sensor yang mencakup informasi seperti waktu, lokasi (*latitude* dan *longitude*), serta kecepatan, memberikan wawasan penting mengenai kondisi jalur dan pergerakan kereta. Data ini memungkinkan perhitungan percepatan, yang merupakan indikator penting untuk mengevaluasi kondisi operasional dan keselamatan (Yang dkk., 2020).

Dalam analisis data, algoritma *clustering* menawarkan pendekatan yang kuat untuk mengungkap pola tersembunyi dan mengelompokkan data tanpa label (Shi dkk., 2023). Algoritma seperti *k-means* digunakan untuk mengelompokkan jalur kereta berdasarkan parameter seperti kecepatan dan percepatan, dengan cara membagi data menjadi beberapa kluster menggunakan jarak Euclidean (Suwanda dkk., 2020). Namun, *k-means* memiliki keterbatasan pada data dengan distribusi non-linear atau bentuk kluster yang tidak teratur. Oleh karena itu, *gaussian mixture model* (GMM) digunakan sebagai metode pembanding, karena mampu menangani distribusi data yang saling tumpang tindih (Rákos dkk., 2020).

Untuk menilai kualitas hasil *clustering*, metrik *silhouette score* digunakan. Metrik ini mengevaluasi seberapa baik data terkelompok dalam satu kluster dibandingkan dengan kluster lainnya (Ikotun dkk., 2023). Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat untuk mendukung keputusan terkait mitigasi risiko dan pengelolaan keselamatan jalur kereta secara proaktif.

Pemanfaatan algoritma *k-means* dan GMM dalam menentukan solusi klusterisasi jalur kereta api merupakan strategi yang efektif untuk mengurangi risiko kecelakaan. Dengan mengelompokkan jalur berdasarkan karakteristik lintasan kereta api, algoritma ini mampu mengidentifikasi segmen-segmen jalur yang

memiliki potensi risiko kecelakaan lebih tinggi. Strategi ini memungkinkan pihak berwenang untuk memprioritaskan area yang memerlukan perhatian, seperti perbaikan infrastruktur atau penyesuaian operasional, guna meningkatkan keselamatan transportasi. Penelitian lainnya juga telah mengembangkan model prediksi risiko kecelakaan kereta api berbasis *k-means clustering* adaptif. Model ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi risiko, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat diterapkan secara proaktif untuk mencegah kecelakaan (Ji dkk., 2023).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana data sensor seperti kecepatan, lokasi (*latitude* dan *longitude*), serta percepatan dapat dimanfaatkan untuk menganalisis pola jalur kereta?
2. Bagaimana algoritma *clustering* dapat diterapkan untuk mengelompokkan jalur kereta berdasarkan parameter kecepatan dan percepatan guna membedakan jalur dengan risiko operasional tinggi dan rendah?
3. Bagaimana hasil analisis pola lintasan dapat digunakan untuk merekomendasikan tindakan mitigasi risiko guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengolah dan memanfaatkan data sensor, seperti kecepatan, lokasi (*latitude* dan *longitude*), serta percepatan, untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola jalur kereta.
2. Menerapkan algoritma *clustering* guna mengelompokkan jalur kereta berdasarkan parameter kecepatan dan percepatan sehingga dapat membedakan jalur dengan risiko operasional tinggi dan rendah.
3. Menghasilkan analisis pola lintasan kereta yang dapat digunakan untuk merekomendasikan tindakan mitigasi risiko guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional transportasi kereta.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat penelitian ini:

1. Bagi PT Kereta Api Indonesia, penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan sistem pemantauan kinerja lintasan kereta api sehingga dapat lebih efektif dalam mendeteksi ketidaknormalan yang dapat menyebabkan kecelakaan.
2. Bagi peneliti lain yang bergerak dalam sistem informasi pendidikan tinggi, penelitian ini bermanfaat dalam menjelaskan pendekatan yang paling tepat dalam menganalisis data *time series*.

I.5 Batasan dan Asumsi Tugas Akhir

Beberapa batasan telah ditetapkan untuk memastikan ruang lingkup dan cakupan penelitian tetap relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Batasan penelitian ini meliputi

1. Penelitian terbatas pada analisis data sensor kereta api dari jalur commuter line di wilayah Bandung (Region II) yang dikumpulkan selama periode Agustus 2023 hingga Juli 2024.
2. Analisis hanya melibatkan data log time, kecepatan, lokasi (*latitude* dan *longitude*), serta percepatan yang dihitung dari perubahan kecepatan terhadap waktu.
3. Metode utama yang digunakan dalam analisis adalah CRISP-DM dengan menggunakan algoritma *k-means*.
4. Penelitian ini tidak mencakup analisis faktor eksternal seperti kondisi cuaca, beban kereta, atau kualitas infrastruktur jalur yang dapat memengaruhi operasional kereta.

I.6 Sistematika Laporan

Tugas akhir yang dibuat memiliki sistematika penulisan sebagai berikut

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian mengenai konteks permasalahan, latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti dan dibahas pula hasil-hasil penelitian terdahulu. Terdapat pula analisis dari metode yang digunakan pada tugas akhir ini.

Bab III Metode Penyelesaian Masalah

Metodologi penelitian berisi strategi dan langkah-langkah yang akan dilakukan di penelitian dalam rangka menjawab rumusan masalah yang disusun sebelumnya mulai dari tahap pengumpulan data sampai dengan alasan penggunaan metode yang dipilih pada tugas akhir.

Bab IV Penyelesaian Permasalahan

Pada bab ini dijelaskan bagaimana analisis data yang telah dikumpulkan dan diolah menggunakan metode yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Bab V Validasi, Analisis Hasil dan Implikasi

Bab ini menjelaskan hasil analisis data yang diperoleh beserta hasil analisis dari data yang didapatkan tersebut.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dijelaskan kesimpulan dari seluruh analisis yang dilakukan serta jawaban dari pertanyaan pada tugas akhir.