

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi darat yang memegang peranan vital dalam mendukung mobilitas manusia dan juga barang di Indonesia (Karunianingrum & Widyastuti, 2020). Dalam beberapa tahun terakhir, sektor perkeretaapian Indonesia terus mengalami kemajuan dengan dilakukannya pembangunan infrastruktur rel kereta api di berbagai wilayah. Keunggulan kereta api dalam hal kapasitas angkut yang besar namun membutuhkan konsumsi energi yang relatif rendah sehingga menghasilkan dampak lingkungan yang lebih minimal dibandingkan dengan moda transportasi lain, menjadikannya pilihan utama dalam upaya pengembangan transportasi berkelanjutan (Fikria & Zhafirah, 2023). Pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya mobilitas masyarakat menyebabkan volume lalu lintas kereta api semakin tinggi. Hal ini berdampak langsung pada kondisi geometrik lintasan yang berpotensi menurunkan kualitas jalan rel.

Kondisi jalur rel yang prima tidak hanya menjamin keselamatan dan kenyamanan penumpang, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi operasional dan usia infrastruktur. Penurunan kualitas jalur rel dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain peningkatan volume lalu lintas, beban angkut yang berlebih, serta kondisi lingkungan seperti perubahan cuaca dan aktivitas geologis (Kurniawan et al., 2024). Kerusakan atau deformasi pada jalur rel dapat mengakibatkan gangguan operasional, peningkatan biaya perawatan, dan yang paling fatal risiko kecelakaan, sehingga diperlukan

pemeliharaan rutin sebagai prioritas utama dalam manajemen infrastruktur perkeretaapian (Muhtarom et al., 2021).

Salah satu proyek strategis yang tengah dikembangkan untuk menunjang mobilitas penduduk adalah jalur kereta api Makassar-Parepare yang merupakan bagian dari proyek Trans-Sulawesi *Railway*. Jalur ini menghubungkan antara kota Makassar dan sejumlah kota utama di Provinsi Sulawesi Selatan melalui sistem perkeretaapian modern. Jalur kereta api Makassar-Parepare ini menggunakan jarak antar rel (*track gague*) sebesar 1435 mm (*standard gauge*), memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan kapasitas angkut yang besar dibandingkan dengan penggunaan *narrow gauge* 1067 mm seperti pada sebagian besar jalur rel yang di Indonesia. Jalur ini juga dirancang untuk dapat mengakomodasi kereta cepat yang diharapkan dapat mengurangi waktu tempuh dari Kota Makassar ke Parepare yang sebelumnya memakan waktu lebih dari 4 jam menjadi hanya sekitar 1,5 jam. Maka dari itu jalur ini sangat penting baik untuk mobilitas penumpang maupun distribusi barang, mengingat Kota Makassar merupakan pusat pelabuhan yang penting dalam jalur distribusi barang di wilayah Indonesia bagian timur.

Namun, meskipun proyek ini dirancang dengan berbagai inovasi, kesuksesan operasional jalur kereta api tidak hanya bergantung pada desain dan konstruksi jalur rel saja, tetapi juga pada kualitas dan pemeliharaan jalur rel tersebut sepanjang masa operasionalnya. Pada kondisi ini *Track Quality Index* (TQI) mempunyai peranan yang sangat penting dalam perawatan jalur kereta. TQI merupakan indikator yang mengukur kondisi geometrik lintasan berdasarkan pengukuran pada beberapa parameter antara lain angkatan, listringan, pertinggian, dan lebar jarak antar rel (Ramadhan et al., 2023).

Nilai TQI yang rendah menunjukkan kualitas lintasan yang baik, sementara nilai TQI yang tinggi mengindikasikan perlunya tindakan perawatan atau perbaikan (Wantana et al., 2021a). Pemantauan TQI secara berkala memungkinkan identifikasi dini terhadap penurunan kualitas lintasan, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius.

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan TQI mempunyai peran penting dalam menentukan kualitas dan keselamatan operasional jalur rel (Lubis & Widyastuti, 2020). Listringan (*alignment*) mengukur deviasi lateral rel dari garis lurus ideal, yang dapat memengaruhi stabilitas kereta dan kenyamanan penumpang. Perteimbangan (*profile*) menilai variasi vertikal sepanjang jalur, yang dapat berdampak pada dinamika pergerakan kereta dan distribusi beban rel. Lebar jarak antar rel (*track gauge*) mengacu pada jarak antara rel kanan dan kiri, penyimpangan dari standar lebar jarak antar rel dapat menyebabkan peningkatan keausan pada roda dan rel, serta meningkatkan risiko derailment. Angkatan (*crosslevel*) mengukur perbedaan elevasi antara kedua rel, yang dapat memengaruhi keseimbangan kereta, khususnya pada kereta dengan kecepatan tinggi. Analisis secara terperinci terhadap parameter-parameter ini memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi masalah dan perencanaan tindakan korektif yang tepat waktu, sehingga menjaga kualitas dan keamanan jalur rel.

TQI tidak hanya penting untuk mengidentifikasi kondisi geometrik jalur yang dapat memengaruhi kenyamanan dan keselamatan, tetapi juga untuk merencanakan pemeliharaan jalur secara efisien. Salah satu studi yang dilakukan oleh Yudariansyah et al. (2025) menyatakan bahwa analisis TQI dapat digunakan untuk memperkirakan umur layanan rel dan mendeteksi masalah sebelum menjadi masalah besar, sehingga

dapat meningkatkan efektivitas biaya pemeliharaan dan mengurangi *downtime* operasional. Selain itu, studi oleh Kurniawan et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi canggih, seperti penggunaan *drone* untuk pemantauan dan analisis geometri rel, telah meningkatkan akurasi dalam evaluasi TQI, dan mempercepat proses pemeliharaan jalur kereta api.

Di sisi lain, pemanfaatan teknologi sensor dan sistem pemantauan otomatis pada jalur rel, yang mulai diterapkan di negara-negara maju, semakin memperkuat pentingnya pemantauan TQI secara rutin. Menurut laporan dari UIC (*Union Internarionale de Chemins de fer*), metode pemantauan dengan teknologi digital dan sensor dapat memberikan data yang lebih *real-time* dan akurat, yang memungkinkan pihak operator untuk melakukan perbaikan dini sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar dan mengancam keselamatan perjalanan.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, alasan yang mendasari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui nilai TQI pada jalur rel kereta api, khususnya pada jalur rel lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare KM 26+000 sampai KM 29+600. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat membantu mengidentifikasi kualitas geometrik jalur rel, serta dampak yang dapat ditimbulkan terhadap keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi operasional.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis dalam pemeliharaan jalur berdasarkan hasil analisis *Track Quality Index* (TQI) , serta menyusun model prediktif untuk mendukung kebijakan pemeliharaan berbasis data.

1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan permasalahan pada penulisan tugas akhir diantaranya sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai TQI pada jalur rel kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare?
2. Berapa tebal lapisan *ballast* pada segmen yang dapat memengaruhi nilai TQI pada jalur rel kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare?
3. Seperti apakah pengaruh tebal lapisan *ballast* terhadap setiap parameter TQI dan nilai TQI?
4. Parameter TQI mana yang paling signifikan berpengaruh terhadap nilai TQI jalur tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai TQI pada jalur rel kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare
2. Mengetahui tebal eksisting lapisan *ballast* pada jalur rel kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare.
3. Mengetahui pengaruh tebal lapisan *ballast* terhadap setiap parameter TQI dan nilai TQI.
4. Menentukan parameter TQI yang paling signifikan berpengaruh terhadap nilai TQI.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada jalur kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare KM 26+000 sampai KM 29+600.
2. Analisis hanya berfokus pada parameter dan tebal lapisan *ballast* yang memengaruhi nilai TQI.

3. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder yang diperoleh dari pengukuran rutin yang dilakukan oleh otoritas perkeretaapian terkait. Pengukuran dilakukan menggunakan kereta ukur dengan metode non-kontak dan berbasis kontak sesuai dengan standar yang berlaku.
4. Analisis akan meliputi periode waktu tertentu sebelum dan sesudah peningkatan spesifikasi rel.
5. Penelitian ini tidak mempertimbangkan secara mendalam pengaruh faktor eksternal seperti kondisi cuaca, aktivitas seismik, atau beban lalu lintas yang dapat memengaruhi kualitas jalur rel.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Dengan adanya penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai *Track Quality Index* (TQI) dalam perawatan jalur rel sehingga bisa mengimplementasikan pada dunia kerja nantinya.

2. Bagi Instansi Terkait

Penelitian ini bermanfaat sebagai referensi dalam perawatan dan evaluasi pada jalur rel.

3. Bagi Kalangan Akademisi

Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat menjadi referensi yang berguna untuk penelitian terkait dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada pada jalur kereta api lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare yang menggunakan lebar jarak antar rel 1435 mm ditunjukkan pada gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian Jalur Kereta Api Lintas Makassar-Parepare segmen Maros-Parepare KM 26+000 sampai KM 29+600