

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Menurut Farboud et al., (2024), sistem kereta api merupakan elemen yang krusial dalam infrastruktur transportasi yang beroperasi dengan intensitas tinggi, sehingga dibutuhkan upaya perawatan yang efisien untuk memastikan keandalan dan keamanan sistem secara menyeluruh. Komponen yang membentuk struktur dalam sistem kereta api menerima beban yang terus berubah sepanjang waktu operasionalnya, yang bisa saja menyebabkan akumulasi kerusakan pada material secara bertahap sehingga muncul retakan dan berpotensi menimbulkan kegagalan pada komponen tersebut (Abdel et al., 2025). Salah satu komponen utama yang memiliki fungsi vital adalah *coupler*, yaitu perangkat penyambung antar kereta yang berfungsi menyalurkan gaya tarik dan tekan selama kereta beroperasi. Evolusi strategi yang digunakan dalam pengawasan keadaan sistem kereta api telah berubah dari pemeliharaan yang dilakukan secara manual, hingga pendekatan dan teknik yang kini dibahas yang menekankan pada penggunaan otomatisasi, analisis data, dan pertukaran informasi (Mariusz Kostrzewski & Melnik, 2021).

Menurut Jin & Guo., (2024), dengan bertambahnya durasi penggunaan, kerusakan struktur akibat kelelahan pada bodi kereta menjadi sesuatu yang tak terhindarkan dan perlu diteliti. Berdasarkan data perawatan dan inspeksi pada tanggal 29 April 2025 hingga 20 April 2026, ditemukan kasus retak pada *coupler type E* yang memerlukan tindakan perbaikan maupun penggantian komponen. Analisis risiko sistem sambungan dapat bervariasi tergantung pada waktu analisis (kondisi regulasi, kondisi operasional) dan teknik pemeliharaan yang digunakan (Popović, Tanasković, Starčević, et al., 2023). Dalam situasi yang ekstrem, kerusakan ini boleh mengakibatkan pemisahan rangkaian kereta yang memberi kesan kepada pengurangan tahap keselamatan pengangkutan (Popović, Tanasković, & Mededović, 2023).

Penelitian mengenai analisis keandalan *coupler* di sistem perangkai kereta pada kasus *crack coupler* di PT KAI UPT BalaiYasa Manggarai menjadi penting untuk dilakukan untuk mengukur tingkat probabilitas kegagalan komponen dalam

periode waktu tertentu sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan strategi perawatan yang lebih efektif dan efisien. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan sistem perawatan berbasis keandalan, meminimalkan risiko kegagalan komponen, serta mendukung terciptanya operasional kereta api yang aman, andal, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian ini adapun rumusan masalahnya, yaitu:

- 1 Bagaimana tingkat keandalan *coupler body type E* berdasarkan data kerusakan *crack coupler* di PT KAI UPT BalaiYasa Manggarai?
- 2 Apa saja faktor penyebab utama terjadinya retak (*crack*) pada *coupler*?
- 3 Bagaimana rekomendasi strategi perawatan yang tepat untuk meningkatkan keandalan dan meminimalkan risiko kegagalan *coupler* pada operasional kereta api?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai tujuan, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

- 1 Penelitian ini hanya membahas komponen *coupler type E* yang mengalami kerusakan berupa retak (*crack coupler*) dan tidak membahas komponen sistem perkeretaapian lainnya.
- 2 Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada data perawatan, inspeksi, dan catatan kerusakan *coupler* yang tersedia di PT KAI UPT BalaiYasa Manggarai selama periode pengamatan tertentu.
- 3 Analisis kegagalan dilakukan menggunakan metode RCM berdasarkan penyebab *crack (fatigue, overload, material defect)*, dampak kegagalan, identifikasi visual, dokumentasi teknis, serta evaluasi beban kerja.
- 4 Penelitian ini berfokus pada analisis keandalan dan penyebab retak sebagai dasar rekomendasi strategi perawatan, serta tidak membahas aspek perancangan ulang (*redesign*) atau modifikasi struktur *coupler* secara detail.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *crack* pada *coupler body type E* berdasarkan faktor material, metode perawatan, manusia, mesin, lingkungan, dan kondisi operasional menggunakan metode *root cause analysis* (RCA) dengan diagram *fishbone*.
2. Menganalisis tingkat keandalan *coupler body type E* berdasarkan data historis kerusakan menggunakan distribusi *Weibull* melalui parameter *reliability*, *unreliability*, *failure rate*, dan *mean time to failure* (MTTF), serta menentukan rekomendasi strategi dan jadwal inspeksi, perawatan, dan penggantian komponen berdasarkan hasil analisis keandalan.
3. Menganalisis respons *coupler body type E* terhadap pembebanan dinamis menggunakan *solidworks simulation* berbasis *finite element analysis* (FEA) dengan mempertimbangkan parameter pembebanan operasional, yaitu percepatan, kecepatan, gaya traksi, perlambatan, dan gaya impact, untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, dan deformasi, serta mengidentifikasi daerah konsentrasi tegangan yang berpotensi menjadi lokasi awal terjadinya *crack*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam penulisan ini sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mengenai tingkat keandalan *coupler* penyambung kereta berdasarkan analisis data kerusakan yang terjadi.
2. Menjadi bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan sistem perawatan dan inspeksi komponen guna menunjang keselamatan dan kelancaran operasional kereta api.
3. Menambah referensi dan literatur ilmiah terkait penerapan metode RCM dalam menganalisis kegagalan komponen mekanis.
4. Mendukung pengembangan pengetahuan di bidang teknik mesin, khususnya dalam analisis keandalan dan pencegahan kegagalan komponen pada sistem transportasi perkeretaapian.