

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kereta Api Listrik atau biasa disebut sebagai Kereta Rel Listrik (KRL) adalah jenis kereta api yang dapat mengangkut banyak penumpang dengan menggunakan energi listrik yang bersumber dari saluran listrik aliran atas. Hal ini membuat KRL menjadi salah satu sarana transportasi yang dipilih oleh masyarakat sehingga keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Sistem kereta listrik telah menjadi pilihan transportasi yang efisien dan populer bagi banyak orang, terutama untuk perjalanan jarak menengah dalam kota dan luar kota. Pada kereta listrik terdapat sistem pantograf-katenari yang telah digunakan dalam sistem kereta listrik selama bertahun-tahun. Sistem pantograf digunakan untuk mentransmisikan energi listrik dari sistem katenari ke kereta [1]. Kualitas transmisi ini bergantung pada kelangsungan gaya kontak. Gaya kontak harus terjadi antara pantograf dan kawat kontak dari katenari agar kereta dapat bergerak.

Sistem pantograf-katenari merupakan bagian penting dari sistem catu daya traksi, yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik ke lokomotif. Namun, karena sering terkena cuaca dan gesekan, sistem ini mudah rusak. Kerusakan ini bisa menyebabkan gesekan antara pantograph dan kawat *trolley* aus dan menimbulkan percikan api, bagian-bagian lain bisa melengkung, atau bahkan bagian kawat *trolley* rusak. Oleh karena itu, perlunya dilakukan pemeliharaan secara visual pada bagian listrik aliran atas yang bergesekan dengan bagian kawat *trolley*. Strip kontak yang sangat aus karena sering bersentuhan dengan *Overhead Contact Line* (OCL) akan menurunkan kinerja pengumpulan arus. Dalam penelitian sebelumnya, telah dicapai tingkat keakuratan sebesar 90% dalam menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kerusakan pada sistem pantograf-katenari [2]. Namun, metode pemeliharaan dengan cara manual terbatas pada deteksi visual yang memakan waktu dan tidak efisien dalam pengawasan jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan metode *image processing*, untuk analisis kondisi kawat *trolley* secara akurat dan tepat waktu [3].

Untuk mengukur tingkat keausan pada bagian listrik aliran atas yang bergesekan dengan pantograf, dibutuhkan pengujian secara fisik. Gambar strip kontak yang mengalami perubahan bentuk akibat keausan kemudian diproses menggunakan *image processing*. Metode deteksi ini dibagi ke dalam dua kategori, yaitu kategori kontak dan non kontak [4]. Metode deteksi kontak biasanya dilakukan dengan mengidentifikasi gesekan dan tekanan kontak antara kawat *trolley* dan pantograf. Untuk mengidentifikasi *stagger* dinamis garis kontak, *sensor* serat optik disarankan dipasang pada kepala kolektor pantograf [5]. Namun, pemasangan *sensor* memerlukan modifikasi pantograf, yang berdampak pada kinerja dinamis gesekan antara pantograf dan kawat *trolley*. Sebagai alternatif dari metode deteksi konvensional yang memerlukan kontak fisik, beragam teknik deteksi non-kontak telah dipertimbangkan. Penelitian lain ada yang menggunakan metode pemantauan berbasis ultrasonik dengan deteksi non-kontak untuk pemantauan kondisi katenari [6]. Metode deteksi pada kawat *trolley* yang telah lama digunakan juga masih mengacu pada skema manual [7]. Selain itu juga, metode-metode yang telah ada sebelumnya untuk memperkirakan keausan kawat *trolley* hanya dirancang untuk kondisi statis, yaitu ketika pantograf tidak sedang digunakan. Metode-metode ini belum pernah divalidasi dalam kondisi dinamis, yakni ketika pantograf sedang berinteraksi dengan jaringan listrik udara saat kereta bergerak [8]. Oleh karena itu, solusi yang ditawarkan untuk metode pemantauan kondisi kawat *trolley* yang akan bergesekan dengan pantograph, dengan memperhitungkan seluruh variabel yang dapat menyebabkan kerusakan pada listrik aliran atas menggunakan metode *image processing* dan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN).

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem pemantauan untuk menginspeksi interaksi antara listrik aliran atas dan pantograf kereta listrik. Sistem ini memanfaatkan kamera Kamera Termal untuk merekam dan menangkap gambar kondisi kawat *trolley* secara detail. Selanjutnya, rekaman dan tangkapan gambar tersebut akan diproses menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi 4. Proses analisis meliputi *resizing image* untuk menyesuaikan ukuran gambar, *labelling image* untuk memberikan label pada objek yang relevan dan analisis segmentasi menggunakan algoritma CNN untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah tertentu

pada gambar. Tujuan akhir penelitian ini adalah untuk menganalisis suhu pada kawat *trolley* dan sistem katenari kereta listrik menggunakan pemrosesan citra, serta mendeteksi area dengan suhu tinggi yang dapat menandakan masalah atau keausan pada komponen tersebut meningkat menggunakan kamera termal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendeteksi keausan dan suhu pada *kawat trolley* kereta listrik menggunakan metode pemrosesan citra (*image processing*)?
2. Bagaimana mengukur *Arcing* pada *kawat trolley* yang mengalami keausan dengan menggunakan *sensor* dan algoritma yang diusulkan?

1.3 Tujuan Masalah

Sesuai dengan rumusan masalah yang disebutkan, maka penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan metode *image processing* untuk mendeteksi keausan dan suhu pada kawat *trolley*, sehingga meningkatkan efisiensi dalam pemantauan kondisi listrik aliran atas.
2. Menggunakan *sensor* dan algoritma yang diusulkan untuk mengukur *Arcing* pada kawat *trolley* dan menerapkan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN). Tujuannya adalah untuk memberikan rekomendasi tindakan pemeliharaan yang tepat waktu serta meningkatkan akurasi analisis keausan kawat *trolley*. Metode ini diharapkan dapat mencapai akurasi sekitar 90% dibandingkan dengan metode sebelumnya yang menggunakan SVM.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Adapun manfaat konkret yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Meningkatkan efisiensi waktu dan produktivitas dalam pemeliharaan KRL melalui sistem pemantauan otomatis menggunakan *image processing* dan algoritma CNN
2. Memungkinkan deteksi dini keausan pada kawat *trolley* sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum kerusakan menjadi lebih parah

3. Meminimalkan frekuensi dan biaya pemeliharaan operasional dengan meningkatkan akurasi analisis

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yang ditentukan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup pemantauan kondisi listrik aliran atas pada kereta listrik, dengan keausan kawat *trolley* yang diakuisisi di *Training Center* KAI Bandung dalam kondisi tidak berbeban, serta data percikan listrik (*Arcing*) yang dihasilkan melalui eksperimen prototipe generator di laboratorium.
2. Dalam penelitian ini, suhu dan keausan kawat *trolley* dideteksi menggunakan *image processing* dan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN), dengan sistem pemantauan yang dikembangkan untuk kondisi operasional kereta listrik dalam lingkungan yang telah ditentukan.
3. Proses akuisisi dataset (baik citra termal dari kamera FLIR One Gen 3 maupun citra RGB dari kamera Z CAM E2) dilakukan secara *offline* melalui *smartphone* atau media penyimpanan lain sebelum ditransfer ke Raspberry Pi untuk analisis. Oleh karena itu, sistem belum mencakup akuisisi data secara *real-time* langsung dari kamera ke Raspberry Pi, dan dataset yang digunakan terbatas pada kondisi yang dapat direplikasi di lingkungan laboratorium atau *Training Center*.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan untuk menyusun Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi Literatur
Pencarian dan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada tugas akhir yang akan dirancang, berupa artikel, jurnal ilmiah, buku buku referensi, *browsing* internet, dan diskusi
2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing
Berkonsultasi dengan dosen pembimbing mengenai sistem kerja dari Tugas Akhir yang akan dilakukan
3. Perancangan dan Realisasi Sistem

Perancangan sistem berdasarkan *Hardware* dan *software* yang dibutuhkan

4. Pengujian

Pengujian untuk mengetahui kinerja sistem, uji sistem berdasarkan tujuan, rumusan masalah, dan batasan masalah

5. Analisa Kinerja Sistem

Melakukan analisis terhadap hasil pengujian sistem, dan evaluasi terhadap hasil perangkat lunak yang telah dibuat

1.7 Proyeksi Pengguna

1. P.T KAI (Kereta Api Indonesia)

Pada P.T Kereta Api Indonesia (KAI), penelitian ini berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan layanan kereta. Sistem katenari yang digunakan pada P.T KAI. Selain itu juga, P.T KAI dapat mengurangi *downtime* akibat kerusakan infrastruktur, serta merencanakan pemeliharaan yang lebih tepat waktu dengan mengimplementasikan teknologi pemrosesan citra.

2. MRT Jakarta

Sebagai sistem transportasi umum, pemantauan kondisi katenari sangat penting untuk mencegah gangguan operasional, yang bisa berdampak pada penumpang MRT Jakarta. Pemrosesan Citra untuk mendeteksi keausan kawat *trolley* akan meningkatkan ketahanan sistem secara keseluruhan dan mengurangi insiden yang dapat merugikan.

3. LRT Jabodetabek

Dengan menggunakan metode pemrosesan citra untuk memonitor kondisi kawat *trolley* pada sistem katenari, LRT Jabodetabek dapat mengurangi biaya perawatan yang berlebih dan meningkatkan durabilitas sistem kelistrikan. Hal ini juga akan mempercepat waktu respons terhadap masalah yang terjadi pada jaringan katenari.

4. Penelitian Akademik

Metode ini dapat digunakan oleh peneliti yang bekerja di bidang transportasi, kecerdasan buatan, dan teknologi *sensor*.