BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan pada permukaan jalan, khususnya jalan berlubang, menjadi salah satu permasalahan serius dalam infrastruktur transportasi (Tarigan *et al.*, 2023). Kondisi jalan yang rusak dapat menghambat mobilitas masyarakat, menurunkan efisiensi perjalanan, serta meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas (Suhardi Aras, 2024). Di banyak wilayah, proses identifikasi kerusakan jalan masih dilakukan secara manual. Cara ini cenderung memerlukan waktu lebih lama, biaya lebih besar, dan hasil pengamatan dapat dipengaruhi oleh faktor subjektivitas manusia. Karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu mendeteksi jalan berlubang secara cepat, konsisten, dan akurat.

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan membuka peluang untuk membangun sistem deteksi otomatis berbasis visual (Nasution *et al.*, 2025). Dalam bidang *computer vision*, deteksi objek digunakan untuk mengenali objek sekaligus menentukan letaknya pada citra. Salah satu model yang banyak digunakan adalah *You Only Look Once* atau YOLO, karena model ini mampu melakukan deteksi objek secara *real-time* dalam satu tahap pemrosesan (Firgiawan *et al.*, 2024). Perkembangan versi terbaru, yaitu YOLOv11, menunjukkan potensi peningkatan pada sisi akurasi, efisiensi komputasi, dan kemampuan deteksi multiskala. Keunggulan tersebut membuat YOLOv11 lebih adaptif dalam menghadapi variasi objek, pencahayaan, dan kondisi lingkungan dibandingkan beberapa versi sebelumnya seperti YOLOv5 atau YOLOv8 (Ramadhani *et al.*, 2025).

Penelitian terkait deteksi objek untuk mengidentifikasi jalan berlubang berbasis citra digital telah banyak memanfaatkan model YOLO versi terdahulu. Suhardi Aras *et al.*, (2024) menerapkan YOLOv5 untuk mengidentifikasi lubang jalan dan memperoleh tingkat akurasi *presisi* sebesar 93% dan *Recall* 91% pada kondisi lalu lintas yang dinamis. Long Cheng *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa YOLOv8 mampu bekerja lebih cepat dan tetap konsisten mendeteksi objek meskipun dalam kondisi cuaca ekstrem. Selain itu, studi oleh Denaro *et al.*, (2025) menegaskan bahwa pemanfaatan *Deep Learning* pada citra jalan mampu membantu

sistem mengenali variasi bentuk kerusakan permukaan secara lebih baik. Meski begitu, sebagian besar penelitian masih berfokus pada model YOLO versi sebelumnya, sehingga potensi peningkatan performa yang ditawarkan oleh YOLOv11 dalam mendukung pendeteksian kerusakan jalan secara lebih adaptif dan akurat masih belum banyak diteliti, khususnya pada kondisi infrastruktur jalan di Indonesia.

Berdasarkan beberapa penelitian terkait, diperlukan pengembangan sistem dengan memanfaatkan *dataset* yang mencakup data lapangan yang dikumpulkan langsung dari kondisi jalan berlubang di Indonesia, serta tambahan data dari sumber eksternal seperti Kaggle. Penelitian ini berfokus pada penerapan model YOLOv11 berbasis citra digital untuk mendeteksi jalan berlubang secara otomatis dan mengevaluasi performanya pada berbagai kondisi lingkungan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem monitoring kerusakan jalan yang lebih efisien, adaptif, dan relevan untuk mendukung keselamatan lalu lintas serta pemeliharaan infrastruktur jalan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan model YOLOv11 dalam sistem deteksi jalan berlubang berbasis *real-time* pada kondisi jalan di Indonesia?
2. Bagaimana performa model YOLOv11 dalam mendeteksi jalan berlubang berdasarkan metrik evaluasi *Precision*, *Recall*, *F1-score*, dan mAP@0.5, serta faktor teknis yang memengaruhi hasil deteksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan model YOLOv11 dalam sistem deteksi jalan berlubang berbasis *real-time* pada kondisi jalan di Indonesia.
2. Untuk mengevaluasi performa model YOLOv11 dalam mendeteksi jalan berlubang berdasarkan metrik *Precision*, *Recall*, *F1-score*, dan mAP@0.5, serta mengidentifikasi faktor teknis yang memengaruhi hasil deteksi.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan model deteksi jalan berlubang berbasis YOLOv11 yang memiliki performa akurat dan efisien pada kondisi jalan nyata di Indonesia, sehingga dapat menjadi acuan dalam pemanfaatan teknologi visi komputer untuk pemeliharaan infrastruktur.
2. Memberikan referensi ilmiah dan teknis bagi instansi terkait atau pengembang sistem monitoring jalan dalam mengadopsi solusi pendeteksian secara otomatis dan *real-time* untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan jalan dan mendukung keselamatan lalu lintas.