BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas infrastruktur jalan memegang peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi nasional. Jalan yang baik menjamin kelancaran transportasi, keamanan berkendara, serta efisiensi distribusi logistik. Data Statistik Transportasi Darat 2024 menunjukkan bahwa kondisi jalan di Indonesia masih perlu perhatian, dengan 43,61% dalam kondisi baik, 18,50% sedang, 8,96% rusak, dan 28,93% rusak berat (Statistik, 2025). Tingginya kerusakan jalan yang mencapai hampir 38% secara nasional menunjukkan perlunya sistem pemantauan yang lebih cepat, akurat, dan efisien untuk mendukung perbaikan infrastruktur.

Selama ini, proses identifikasi kerusakan jalan dilakukan secara manual melalui survei visual oleh petugas lapangan, yang memiliki berbagai keterbatasan seperti subjektivitas penilaian, keterbatasan waktu, serta cakupan area yang sempit (Liu *et al*., 2024). Dalam era *smart infrastructure*, metode manual tersebut tidak lagi memadai. Diperlukan pendekatan berbasis *Artificial Intelligence* (AI) yang mampu mendeteksi kerusakan jalan secara otomatis, cepat, dan akurat dalam berbagai kondisi lingkungan (Alzamzami *et al*., 2024).

Perkembangan *computer vision* berbasis *deep learning*, khususnya algoritma *You Only Look Once* (YOLO), memberikan solusi potensial untuk mendeteksi objek dari citra dengan kecepatan tinggi dan presisi yang baik. Algoritma YOLO beroperasi dalam satu tahap (*one-stage detector*), menggabungkan proses klasifikasi dan lokalisasi objek dalam satu langkah sehingga ideal untuk sistem pemantauan jalan secara *real-time*. Penelitian oleh Sakinah *et al.* (2025) menunjukkan bahwa YOLOv8 mampu mendeteksi jalan berlubang dan retak dengan *F1-score* 88,7%, *recall* 90,8%, dan *precision* 86,7%. Rachman *et al.* (2025) juga menemukan bahwa model YOLOv7 dengan metode *Cluster Weighted Distance-IoU Non-Maximum Suppression* meningkatkan akurasi deteksi hingga 5,3%. Hasil tersebut membuktikan potensi besar YOLO dalam mengidentifikasi kerusakan infrastruktur jalan di Indonesia.

Selanjutnya, penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan algoritma CNN dengan *frame work* YOLOv5 dapat menghasilkan performa deteksi yang sangat tinggi, dengan nilai presisi dan *recall* mencapai 100% pada studi kasus deteksi objek industri manufaktur. Hasil ini memperkuat bukti bahwa arsitektur YOLO memiliki kemampuan deteksi objek yang cepat, stabil, dan akurat, sehingga relevan untuk diterapkan pada sistem deteksi kerusakan jalan yang membutuhkan proses identifikasi secara *real-time* dan presisi tinggi (Maulana *et al.*, 2024).

Versi terbaru, YOLOv11, diklaim memiliki peningkatan signifikan dalam efisiensi komputasi dan kemampuan mendeteksi objek kecil serta kompleks. Harminto *et al*. (2025) menemukan bahwa YOLOv11 lebih efisien dibandingkan YOLOv8 dalam segmentasi citra alami, dengan peningkatan akurasi dan kecepatan inferensi. Penelitian oleh Sapkota & Karkee (2025) juga menunjukkan bahwa YOLOv11 memiliki mAP@50 sebesar 0,909 pada segmentasi buah tidak terhalang, melampaui YOLOv8 dari sisi presisi dan stabilitas. Bumbálek *et al*. (2025) menambahkan bahwa YOLOv11 mampu mencapai kecepatan inferensi 2,8 ms/*frame* (~357 FPS), menjadikannya unggul untuk aplikasi *real-time*. Berdasarkan temuan tersebut, analisis komparatif antara YOLOv8 dan YOLOv11 menjadi penting untuk menentukan model terbaik dalam konteks klasifikasi kondisi permukaan jalan, khususnya dalam membedakan jenis kerusakan seperti jalan berlubang dan jalan retak di Indonesia.

Kesenjangan penelitian muncul karena sebagian besar studi terdahulu hanya berfokus pada satu versi YOLO, seperti YOLOv8, tanpa melakukan perbandingan langsung dengan versi yang lebih baru. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja YOLOv8 dan YOLOv11 dalam mendeteksi objek kerusakan jalan sekaligus mengklasifikasikan jenis kerusakan yang teridentifikasi.

Pendekatan ini memungkinkan proses klasifikasi kondisi permukaan jalan dilakukan melalui hasil deteksi objek, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menentukan model yang paling optimal dalam mendukung implementasi sistem deteksi otomatis kondisi jalan di Indonesia secara akurat dan *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan model YOLOv8 dan YOLOv11 dalam mendeteksi objek kerusakan jalan serta mengklasifikasikan jenis kerusakan yang teridentifikasi?
2. Bagaimana hasil evaluasi kinerja model YOLOv8 dan YOLOv11 berdasarkan metrik deteksi objek?
3. Bagaimana perbandingan performa model YOLOv8 dan YOLOv11 dalam mengidentifikasi kondisi permukaan jalan secara akurat?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mencapai hasil penelitian yang sesuai dengan ruang lingkup dan permasalahan yang telah dirumuskan, maka diperlukan tujuan penelitian yang menjadi dasar dalam pelaksanaan setiap tahapan penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan model YOLOv8 dan YOLOv11 mendeteksi objek kerusakan jalan sekaligus mengklasifikasikan jenis kerusakan yang teridentifikasi.
2. Mengetahui hasil evaluasi kinerja model YOLOv8 dan YOLOv11 berdasarkan metrik deteksi objek.
3. Menganalisis perbandingan performa model YOLOv8 dan YOLOv11 dalam mengidentifikasi kondisi permukaan jalan secara akurat.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi *computer vision* dan *deep learning* untuk deteksi kondisi infrastruktur jalan.
2. Menjadi referensi bagi instansi terkait, seperti Dinas PUPR, dalam penerapan sistem deteksi otomatis jalan rusak berbasis AI yang dapat diintegrasikan dengan kamera kendaraan atau drone untuk pemantauan *real-time*.