BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Model YOLOv11 berhasil diterapkan dalam sistem deteksi jalan berlubang berbasis *real-time* melalui tahapan pengumpulan dataset, *pre-processing*, pelatihan, evaluasi, dan implementasi sistem. Dataset yang digunakan terdiri atas data primer dari kondisi jalan di Karawang dan data sekunder dari Kaggle. Seluruh data diproses melalui anotasi bounding box, resize citra, dan normalisasi, kemudian dibagi menjadi training set, validation set, dan test set. Model yang telah dilatih diterapkan pada aplikasi dengan fitur *Upload Image* dan kamera *smartphone*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa YOLOv11 mampu mendeteksi jalan berlubang pada citra statis maupun citra langsung, sehingga dapat menjadi alternatif teknologi visi komputer untuk membantu identifikasi kerusakan jalan secara otomatis.
2. Model YOLOv11 menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi jalan berlubang berdasarkan hasil evaluasi pada *validation set*. Model memperoleh nilai *Precision* 0,919, *Recall* 0,888, *F1-score* 0,903, dan mAP@0.5 0,953. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi objek jalan berlubang dengan tingkat ketepatan yang tinggi, menemukan sebagian besar objek pada data validasi, serta menghasilkan lokasi bounding box yang sesuai pada ambang IoU 0,5. Performa deteksi dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis, seperti kualitas citra, pencahayaan, sudut pengambilan gambar, jarak kamera, kondisi permukaan jalan, ketepatan anotasi bounding box, ukuran citra input, jumlah *epoch*, dan *batch size*.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan lebih lanjut masih perlu dilakukan pada penelitian berikutnya. Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi dataset, terutama data primer dengan kondisi pencahayaan, sudut, dan permukaan jalan yang lebih beragam agar performa YOLOv11 meningkat. Optimasi anotasi bounding box dan *hyperparameter* juga perlu

dilakukan untuk mengurangi kesalahan deteksi. Selain itu, pengujian langsung di lapangan beserta pengukuran FPS dan latensi penting untuk menilai kemampuan *real-time* model. Penambahan fitur seperti GPS dan pelaporan titik kerusakan juga dapat meningkatkan fungsi sistem.