# BAB V
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai penerapan dan perbandingan model YOLOv8 dan YOLOv11 dalam klasifikasi kondisi permukaan jalan berbasis deteksi objek, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model YOLOv8 dan YOLOv11 berhasil diimplementasikan dalam sistem deteksi berbasis citra untuk mendeteksi objek kerusakan sekaligus mengklasifikasikan jenis kerusakan berupa jalan berlubang (*potholes*) dan jalan retak (*cracks*), baik pada tahap pengujian menggunakan data uji maupun pada implementasi secara *real-time*. Kedua model mampu menghasilkan *output* berupa *bounding box* dan *confidence score* yang menunjukkan tingkat keyakinan terhadap objek yang terdeteksi.
2. Berdasarkan hasil evaluasi, model YOLOv11 menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan YOLOv8. Pada *epoch* 100, YOLOv11 memperoleh nilai *precision* sebesar 0,91, *recall* 0,868, mAP@50 0,93, dan mAP@50–95 0,64, sedangkan YOLOv8 memperoleh *precision* 0,893, *recall* 0,858, mAP@50 0,921, dan mAP@50–95 0,646. Pada epoch 150, keunggulan YOLOv11 semakin terlihat dengan nilai *precision* 0,919, *recall* 0,887, mAP@50 0,942, dan mAP@50–95 0,657, dibandingkan YOLOv8 yang memperoleh *precision* 0,892, *recall* 0,887, mAP@50 0,932, dan mAP@50–95 0,637. Hasil ini menunjukkan bahwa YOLOv11 lebih optimal dalam meningkatkan akurasi dan kualitas deteksi seiring bertambahnya jumlah epoch.
3. Berdasarkan hasil pengujian dan implementasi *real-time*, diperoleh bahwa YOLOv8 cenderung menghasilkan nilai *confidence score* yang lebih tinggi, terutama pada kondisi lingkungan yang relatif stabil. Namun demikian, YOLOv11 menunjukkan keunggulan dalam hal kestabilan dan konsistensi deteksi, yang ditandai dengan *bounding box* yang lebih stabil dalam mengikuti objek meskipun terjadi perubahan kondisi lingkungan, seperti variasi pencahayaan, pergerakan kamera, dan kompleksitas permukaan jalan.

Secara keseluruhan, kedua model memiliki performa yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi permukaan jalan, namun dengan keunggulan yang berbeda. YOLOv8 lebih unggul dalam ketepatan deteksi yang ditunjukkan oleh nilai *precision* dan *confidence score* yang lebih tinggi, sedangkan YOLOv11 lebih unggul dalam hal sensitivitas deteksi, kestabilan *bounding box*, serta kemampuan generalisasi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, YOLOv11 dinilai lebih optimal untuk implementasi nyata, khususnya pada sistem klasifikasi kondisi jalan berbasis deteksi objek secara *real-time* yang membutuhkan konsistensi dan kestabilan hasil deteksi.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa peningkatan arsitektur model memberikan pengaruh terhadap kemampuan model dalam melakukan generalisasi dan mempertahankan kestabilan deteksi. Selain itu, proses pelatihan hingga *epoch* yang lebih tinggi turut berkontribusi dalam meningkatkan performa model. Temuan ini memberikan prospek bahwa pemilihan arsitektur model dan strategi pelatihan yang tepat dapat meningkatkan kinerja sistem deteksi objek, khususnya dalam bidang pemantauan kondisi infrastruktur jalan berbasis *computer vision*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih besar dan lebih bervariasi, baik dari segi kondisi jalan, pencahayaan, maupun sudut pengambilan gambar, agar model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik.
2. Disarankan untuk melakukan pengujian pada kondisi lingkungan yang lebih beragam, seperti pada saat hujan, kondisi malam hari, atau lalu lintas padat, sehingga dapat diketahui ketahanan model dalam situasi nyata yang lebih menantang.