

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian mengenai deteksi objek kerusakan pada permukaan jalan ini telah dibangun berdasarkan tahapan pengumpulan data kerusakan jalan dari Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat, praproses data, pelabelan data dan terakhir pembangunan model pendeteksi objek berbasis *deep learning*. Terdapat 4 model pendeteksi objek yang diimplementasikan dan diuji pada penelitian ini yaitu YOLOv7, *Single Shot Detector* (SSD), RetinaNet dan Scaled YOLOv4. Dari pengujian keempat model tersebut didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terbangunnya dataset baru berupa dataset *object detection* kerusakan pada permukaan jalan yang dibangun berdasarkan data gambar kerusakan jalan dari Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat dengan total data sebanyak 1343 data gambar dengan 2 kategori kerusakan yaitu lubang dan retak (mengabaikan aturan standar umum Kementerian PUPR tahun 2011).
2. Konfigurasi *hyperparameter* yang menghasilkan model terbaik dari penelitian ini yaitu untuk model YOLOv7 menggunakan *optimizer* SGD, *learning rate* sebesar 0.01, dan ukuran *batch size* sebesar 8 dengan jumlah *epoch* sebanyak 100. Untuk model SSD menggunakan *optimizer* SGD, *learning rate* sebesar 0.8, dan ukuran *batch size* sebesar 16 dengan jumlah iterasi sebanyak 50000. Untuk model RetinaNet menggunakan *optimizer* Adam, *learning rate* sebesar 0.001, dan ukuran *batch size* sebesar 8 dengan jumlah iterasi sebanyak 25000. Untuk model Scaled YOLOv4 menggunakan *optimizer* SGD, *learning rate* sebesar 0.01, dan ukuran *batch size* sebesar 8 dengan jumlah *epoch* sebanyak 100.

3. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pada evaluasi AP@0.5, model YOLOv7 mendapatkan nilai AP sebesar 70.8%, model Scaled YOLOv4 mendapatkan nilai AP sebesar 60.2%, model RetinaNet mendapatkan nilai AP sebesar 56.8% dan model SSD mendapatkan nilai AP sebesar 41.2%. Kemudian pada evaluasi penilaian *precision*, *recall*, dan *F1-score*, model YOLOv7 mendapatkan nilai *precision* sebesar 70.8%, *recall* sebesar 59.3%, dan *F1-score* sebesar 64.54%. Model SSD mendapatkan nilai *precision* sebesar 41.2%, *recall* sebesar 33.8%, dan *F1-score* sebesar 37.13%. Model RetinaNet mendapatkan nilai *precision* sebesar 56.8%, *recall* sebesar 47.3%, dan *F1-score* sebesar 51.62%. Model Scaled YOLOv4 mendapatkan nilai *precision* sebesar 60.2%, *recall* sebesar 52.7%, dan *F1-score* sebesar 56.2%. Sehingga dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa model YOLOv7 dinilai lebih unggul dibandingkan model-model lainnya.
4. Pada saat dijalankan menggunakan GPU NVIDIA Tesla V100, didapatkan hasil bahwa model YOLOv7 dapat mendeteksi objek kerusakan pada gambar dengan rata-rata kecepatan sebesar 23.07 *millisecond* per gambar, model SSD dapat mendeteksi objek kerusakan pada gambar dengan rata-rata kecepatan sebesar 23.8 *millisecond* per gambar, model Scaled YOLOv4 dapat mendeteksi objek kerusakan pada gambar dengan rata-rata kecepatan sebesar 38.43 *millisecond* per gambar dan model RetinaNet dapat mendeteksi objek kerusakan pada gambar dengan rata-rata kecepatan sebesar 99.48 *millisecond* per gambar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model YOLOv7 dinilai mempunyai waktu deteksi paling singkat diantara model lainnya.
5. Dengan menerapkan beberapa perubahan seperti penggunaan blok komputasi ELAN, *implicit knowledge*, dan *re-parameterization* pada arsitektur YOLOv7, dapat meningkatkan performa model YOLOv7 baik dari segi *average precision* (AP) dan waktu deteksi dibandingkan dengan model yang menggunakan arsitektur *Single Shot Detector* (SSD), RetinaNet, dan Scaled YOLOv4.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan masih terdapat kekurangan yang dapat disempurnakan pada penelitian selanjutnya, dengan ini penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Karena keterbatasan perangkat yang digunakan dan lamanya waktu pelatihan model sehingga eksperimen yang dilakukan menjadi lebih terbatas, sehingga pada kesempatan lain skenario eksperimen dapat ditambahkan seperti penggunaan *batch size* yang lebih besar atau *learning rate* yang lebih variatif.
2. Pada penelitian ini data yang digunakan terlalu sedikit dan juga memiliki ketidakseimbangan antara jumlah objek lubang dan objek retak, sehingga pada penelitian lain data yang digunakan dapat ditambah dan disesuaikan jumlah antar objeknya.
3. Kategori kerusakan jalan pada penelitian ini hanya memiliki 2 jenis kerusakan yaitu lubang dan retak saja, belum mengacu pada jenis-jenis kerusakan jalan berdasarkan standar umum seperti yang digunakan pada kementerian PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011). Hal ini dikarenakan keterbatasan data yang tersedia, oleh karena itu pada penelitian lain pelabelan kerusakan jalan dapat mengacu pada standar umum.