

## BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Hasil evaluasi model pada intensitas cahaya rendah dengan *grayscale intensity value* yang berkisar antara 47.76 sampai dengan 65.93, menunjukkan YOLOv9 memberikan akurasi mAP@0.5 tertinggi untuk semua kondisi, YOLOv8 memberikan akurasi mAP@0.5 terendah untuk lokasi sama dan jarak kamera yang jauh (sekitar 30-60 *pixel* ukuran obyek deteksi), dan YOLOv7 memberikan akurasi mAP@0.5 terendah untuk lokasi beragam dan jarak kamera yang berkisar antara dekat dan jauh (sekitar 30-160 *pixel* ukuran obyek deteksi). Dalam kasus kamera dengan perspektif atas untuk kondisi intensitas cahaya rendah dengan lokasi beragam dan jarak kamera dekat sampai dengan jauh, model YOLOv7-A, YOLOv8-A, dan YOLOv9-A memberikan akurasi mAP@0.5 *empty* secara berturut-turut sebesar 0.812, 0.825, 0.855. Pada kasus yang lain, untuk kondisi intensitas cahaya tinggi dengan lokasi sama dan jarak kamera yang cukup jauh sehingga obyek deteksi menjadi kecil, model YOLOv7-A, YOLOv8-A, dan YOLOv9-A memberikan akurasi mAP@0.5 *empty* secara berturut-turut sebesar 0.916, 0.514, 0.96 dan untuk intensitas cahaya rendah sebesar 0.573, 0.351, 0.914. Dari sini dapat disimpulkan bahwa YOLOv9 memiliki akurasi tertinggi dalam semua kasus sekaligus menunjukkan penurunan akurasi intensitas cahaya rendah terkecil sebesar 0.046. Di lain sisi, YOLOv8 menunjukkan akurasi terburuk dibandingkan model lain bila obyek deteksi berukuran kecil, tetapi masih mengalahkan YOLOv7 bila ukuran obyek deteksi lebih beragam. Namun, akurasi YOLOv7-A dan YOLOv8-A pada intensitas cahaya rendah (dengan obyek deteksi yang kecil) dapat ditingkatkan menjadi 0.892 untuk YOLOv7 dan 0.569 untuk YOLOv8 dengan menerapkan metode *preprocessing* konversi gambar menjadi *grayscale* serta perubahan *contrast*. Selain itu, dalam kasus kamera dengan perspektif samping pada kondisi intensitas cahaya rendah, model YOLOv7-B, YOLOv8-B, dan YOLOv9-B memberikan akurasi mAP@0.5 *empty* secara berturut-turut sebesar 0.501, 0.592, dan 0.602. Dari sini dapat disimpulkan bahwa model B mengalami sedikit *overfit* sehingga tidak dapat mendeteksi lahan parkir dengan baik.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, berikut beberapa saran yang dapat dilakukan untuk kedepannya.

1. Menggunakan *multi input* yang didapatkan dari beberapa kamera CCTV.  
Sistem yang dibuat pada penelitian ini menggunakan 1 buah *input* sehingga tidak ideal untuk digunakan langsung untuk aplikasi nyata. Pada umumnya, dengan lahan tempat parkir yang luas, dibutuhkan beberapa kamera CCTV yang dihubungkan pada 1 buah komputer yang melakukan komputasi untuk setiap *input* yang terhubung.
2. Model deteksi dengan perspektif samping dapat dilatih menggunakan *dataset* yang lebih beragam.  
Model B (perspektif samping) yang dihasilkan dalam penelitian ini mengalami *overfit* sehingga mengalami beberapa keterbatasan dalam proses deteksi. Dapat digunakan *dataset* yang berbeda serta terdiri dari citra yang lebih beragam untuk menghasilkan akurasi yang lebih baik.
3. Memperhitungkan kondisi tempat parkir yang memiliki kerucut sebagai *occupied*.  
Pada proses pelatihan dalam penelitian ini, *dataset* yang digunakan tidak memiliki citra yang mempunyai kerucut pada *spot* tempat parkir. Hal ini menyebabkan model mendeteksi kerucut sebagai *empty*, yang seharusnya dihitung sebagai *occupied* karena mobil tidak bisa parkir pada tempat itu. Untuk kedepannya, dapat ditambahkan kondisi ini sehingga kerucut dapat terhitung sebagai *occupied*.
4. Memperhitungkan kondisi tempat parkir yang memiliki garis pembatas selain warna putih ataupun tanpa garis pembatas.  
Pada proses pelatihan dalam penelitian ini, model dilatih menggunakan *dataset* dengan garis pembatas berwarna putih. Hal ini menyebabkan model sangat bergantung pada warna putih ketika mendeteksi tempat parkir yang kosong. Untuk kedepannya, dapat ditambahkan kondisi garis pembatas berwarna lain ataupun tanpa garis pembatas sehingga model tidak terpaku hanya pada warna putih.
5. Melakukan *preprocessing* tambahan untuk membuat daerah gelap menjadi lebih jelas.

Pada proses evaluasi dalam penelitian ini, dilakukan percobaan tambahan berupa *preprocessing method* pada gambar seperti *grayscale* dan perubahan *contrast*. Percobaan ini tentunya sangat terlimitasi oleh banyaknya *preprocessing method* lainnya yang dapat digunakan untuk memperjelas daerah gelap pada gambar. Untuk kedepannya, dapat digunakan metode *preprocessing* lainnya ataupun menggunakan algoritma *deep learning* seperti ZeroDCEs (*Zero-Reference Deep Curve Estimation*) dengan bantuan SVM (*support vector machines*) sebagai *classifier*.

6. Melakukan *tuning* pada konfigurasi *hyper parameter* untuk mendapatkan model dengan akurasi yang lebih baik.

Pada penelitian ini, konfigurasi yang digunakan untuk YOLOv7, YOLOv8, dan YOLOv9 secara berturut-turut adalah YOLOv7, YOLOv8-X dan YOLOv9-C. Untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi, dapat dilakukan *hyper parameter tuning* ataupun menggunakan konfigurasi lain seperti YOLOv7X, YOLOv7-W6, YOLOv7-E6, YOLOv7-D6, YOLOv7-E6E, YOLOv8N, YOLOv8S, YOLOv8M, YOLOv8L, YOLOv9-T, YOLOv9-S, YOLOv9-M, ataupun YOLOv9-E.

