

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem klasifikasi tingkat kematangan apel berbasis *deep learning* dengan implementasi YOLOv8 serta optimasi *hyperparameter*, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem hardware dirancang menggunakan Raspberry Pi 5 yang diintegrasikan dengan akselerator AI Hailo-8 untuk meningkatkan kecepatan inferensi hingga 19,6 kali lebih cepat dari 11.07 FPS menjadi 30.02 FPS. Sistem mekanik menggunakan motor power window dengan transmisi pulley dan belt rasio 1:3 untuk mengatur kecepatan conveyor sebesar 0.069 m/s, didukung catu daya stabil menggunakan PSU 12V 20A untuk motor dan buck converter 6V 20A untuk servo. Proses kompilasi model dari format .PT ke .HEF memungkinkan eksekusi real-time dengan latensi rendah dan sinkronisasi yang baik antara deteksi visual dan aktuasi mekanik untuk sortir otomatis apel berdasarkan tingkat kematangan.
2. Implementasi metode One Factor At a Time berhasil mengidentifikasi kombinasi hyperparameter optimal yaitu optimizer SGD, learning rate 0.01, batch size 16, weight decay 0.0005, dan epoch 100. Proses tuning ini menghasilkan peningkatan signifikan pada performa model dengan precision 0.977, recall sempurna 1.000, F1-score 0.988, mAP@0.50 sebesar 0.992, dan mAP@0.50:0.95 sebesar 0.850. Hasil ini menunjukkan peningkatan stabilitas deteksi, kalibrasi confidence, dan konsistensi klasifikasi pada seluruh kelas kematangan apel dibandingkan parameter tanpa tuning.
3. Model yang telah dioptimasi mampu mencapai akurasi klasifikasi tinggi dengan throughput 38 apel per menit dan tingkat error 9.52% pada kecepatan conveyor 0.069 m/s, serta 22 apel per menit dengan tingkat

error 8.33% pada kecepatan lebih rendah. Hasil pengujian menunjukkan adanya trade-off antara kecepatan pemrosesan dan akurasi sistem, dimana kecepatan conveyor yang lebih rendah menghasilkan akurasi sortir lebih tinggi mencapai 91.67% dibandingkan kecepatan tinggi dengan akurasi 90.48%. Hal ini membuktikan bahwa optimasi hyperparameter tidak hanya meningkatkan performa deteksi tetapi juga mempengaruhi kapasitas dan efisiensi sistem sortir secara keseluruhan.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja alat pada penelitian *Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Tingkat Kematangan Apel Berbasis Deep Learning dengan Implementasi YOLOv8 dan Optimasi Hyperparameter*, serta untuk memastikan sistem dapat bekerja secara lebih stabil dan efisien pada kondisi operasional sebenarnya, Berikut ini merupakan saran yang diharapkan mampu diimplementasikan untuk inovasi dan pengembangan kedepannya:

1. Mempertimbangkan penggunaan aktuator yang lebih cepat, seperti *pneumatic actuator* atau *servo brushless DC*, untuk meningkatkan respons sortir pada kecepatan tinggi.
2. Menggunakan protokol komunikasi yang lebih andal seperti CAN bus atau Modbus untuk meminimalkan latensi dan meningkatkan keandalan
3. Mengembangkan antarmuka operator berbasis touchscreen atau dashboard web untuk mempermudah monitoring, konfigurasi, dan visualisasi performa sistem.
4. Mengeksplorasi metode optimasi hyperparameter seperti *Bayesian Optimization* atau *Genetic Algorithm* sebagai alternatif yang lebih efektif dibandingkan metode OFAT.
5. Melakukan *redesign* pada aspek mekanik agar mendukung performa sistem secara optimal.