

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, serta evaluasi sistem yang telah dilakukan pada robot deteksi penyakit tanaman cabai, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem deteksi penyakit tanaman cabai berbasis algoritma YOLOv8 dengan metode *high resolution slicing* telah mampu melakukan deteksi serta klasifikasi kondisi tanaman ke dalam tiga kelas utama, yaitu bercak daun, virus kuning, dan daun sehat.
2. Hasil pengujian akurasi di lapangan menunjukkan bahwa sistem memiliki karakteristik keamanan tinggi dengan nilai sensitivitas (*recall*) mencapai 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh tanaman yang terserang penyakit berhasil dideteksi tanpa ada yang terlewat (*zero false negative*), meskipun nilai presisi sebesar 89,33% menunjukkan masih adanya deteksi bias akibat gangguan cahaya matahari.
3. Pengujian kinerja waktu proses menunjukkan bahwa penerapan metode *slicing* (5 kali analisis per titik) pada *Raspberry Pi 4* menghasilkan rata-rata latensi sebesar 33,16 detik per siklus. Durasi ini memvalidasi penggunaan navigasi robot secara *stop and go* (jeda henti) sebagai strategi pergerakan yang paling optimal dibandingkan metode kontinu.
4. Pengujian manajemen daya *dual-supply* menunjukkan disparitas ketahanan energi yang signifikan, di mana baterai penggerak (12V) mampu bertahan lebih dari 72 jam, sedangkan *power bank* sistem komputasi (10.000 mAh) hanya mampu menopang operasional sistem selama 10,5 jam pada mode *standby* harian.
5. Pengujian penggunaan *resource Raspberry Pi* menunjukkan bahwa sistem bekerja pada batas performa maksimal dengan penggunaan CPU mencapai 100% saat fase inferensi. Namun, stabilitas termal tetap terjaga dengan suhu puncak 53,0°C, yang masih berada dalam batas aman operasional tanpa *throttling*.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama proses penelitian dan pengujian alat, maka dapat diberikan beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya:

1. Perlu ditambahkan akselerator perangkat keras *AI*, seperti *Google Coral USB Accelerator* atau beralih ke perangkat dengan *NPU* bawaan, seperti *Raspberry Pi 5*. Hal ini direkomendasikan untuk memangkas waktu proses dari 33 detik menjadi di bawah 5 detik per tanaman.
2. Penerapan mekanisme manajemen daya berbasis jadwal (*Deep Sleep*) menggunakan modul *RTC* dan *Relay* sangat disarankan untuk mengatasi keterbatasan *power bank*. Hal ini memungkinkan sistem komputasi dimatikan secara total saat fase diam, sehingga durasi operasional dapat diperpanjang dari hitungan jam menjadi hari.
3. Perlu dilakukan peningkatan desain mekanik dengan menerapkan sistem pelindung komponen yang tahan air (*weatherproof*). Hal ini sangat krusial mengingat robot beroperasi di lahan pertanian terbuka yang rentan terhadap hujan, guna mencegah kerusakan permanen pada komponen elektronik sensitif seperti *Raspberry Pi* dan sirkuit daya.
4. Perlu ditambahkan tudung pelindung (*lens hood*) dan pencahayaan buatan (*LED Flash*) pada modul kamera agar proses akuisisi citra tetap stabil dan bebas dari gangguan silau (*glare*) matahari ataupun bayangan ekstrem.
5. Sistem penyimpanan data yang saat ini berbasis *log CSV* dan *Telegram* dapat diperluas dengan integrasi ke *cloud database*, seperti *Firebase*, sehingga data sebaran penyakit dapat divisualisasikan secara *real-time* dalam bentuk peta digital (*dashboard*) untuk memudahkan pemantauan jarak jauh.