

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem cobot vision yang telah dilakukan pada lini produksi kulkas di PT. Hartono Istana Teknologi, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan implementasi metode inspeksi visual berbasis *vision system* telah berhasil direalisasikan dengan baik. Sistem mampu melakukan verifikasi *barcode* menggunakan kamera industri 2D dengan tingkat keberhasilan pembacaan 100% pada kondisi pemasangan yang sesuai prosedur. Selain itu, metode inspeksi visual berbasis *contour match*, *OCR*, dan *color match* mampu mendeteksi kondisi normal maupun cacat dengan tingkat akurasi tinggi (95–100%). Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi, *repeatability*, dan *robustness* yang memadai untuk diterapkan pada proses produksi kulkas.
2. Integrasi *cobot*, kamera *vision*, dan *PLC* dalam sistem kendali terkoordinasi berhasil diwujudkan secara *real-time*. *PLC* berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur *sequence* sistem mulai dari deteksi produk, pembacaan *barcode*, pergerakan *cobot* tahap 1 dan tahap 2, akuisisi citra, hingga pengambilan keputusan OK/NG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pergerakan *cobot* sesuai dengan tipe produk yang teridentifikasi dengan deviasi posisi dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk inspeksi visual. Sinkronisasi antar perangkat berjalan tanpa konflik proses selama pengujian satu shift produksi.
3. Arsitektur sistem dan antarmuka perangkat lunak yang dikembangkan mampu mendukung komunikasi data yang stabil dan terintegrasi. Aplikasi *PC* yang dirancang menggunakan *Python* dan *database SQLite* berhasil mengelola komunikasi data dari *vision system* dan *PLC* serta menampilkan hasil inspeksi secara *real-time* melalui antarmuka monitoring. Mekanisme pencatatan data historis pada tabel *products*, *barcode_scans*, dan *vision_results* mampu menyimpan informasi *barcode*, hasil inspeksi, *timestamp*, dan citra hasil *matching* tanpa kehilangan data. Sistem *database* ini mendukung kebutuhan *traceability* dan analisis kualitas produk.

5.2 Saran

Meskipun sistem yang dikembangkan telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan performa dan skalabilitas sistem di masa mendatang, antara lain:

1. Metode inspeksi saat ini masih berbasis *rule-based (threshold dan matching)*. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menerapkan metode berbasis *deep learning* atau *convolutional neural network (CNN)* untuk meningkatkan akurasi deteksi cacat kompleks serta mengurangi ketergantungan pada parameter manual.
2. Analisis lebih lanjut terhadap waktu siklus pergerakan *cobot* dan pemrosesan citra dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kecepatan inspeksi tanpa mengurangi akurasi. Hal ini penting untuk menyesuaikan sistem dengan peningkatan kapasitas produksi.
3. Untuk implementasi jangka panjang dan skala produksi besar, *database* dapat dikembangkan menggunakan sistem manajemen basis data berbasis server (misalnya *PostgreSQL* atau *MySQL*) agar mendukung *multi-user access* dan integrasi dengan sistem *Manufacturing Execution System (MES)*.
4. Integrasi sistem dengan mekanisme *fail-safe* tambahan, monitoring jaringan industri, serta sistem *logging error* yang lebih detail dapat meningkatkan *reliability* dan *maintainability* sistem dalam operasional jangka panjang.
5. Data historis inspeksi yang telah tersimpan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem analitik kualitas untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven quality control*), seperti analisis tren cacat dan prediksi potensi anomali produksi.