

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem inspeksi visual berbasis metode *thresholding* Otsu dan deteksi kontur berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk mendeteksi serta mengklasifikasikan objek geometris lingkaran ke dalam kategori OK dan NG. Sistem mampu menjalankan tahapan pengolahan citra secara terintegrasi, mulai dari akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi, deteksi kontur, ekstraksi fitur, hingga klasifikasi.
2. Sistem kendali posisi kamera menggunakan motor *stepper* NEMA23, driver TB6600, dan Arduino Mega 2560 berhasil menggerakkan kamera pada 3 posisi pengamatan, yaitu kiri, tengah, dan kanan. Penentuan posisi awal dilakukan menggunakan perintah SETCENTER sebagai titik acuan sebelum proses inspeksi otomatis.
3. Integrasi Arduino Mega 2560, antarmuka Delphi, kamera USB, dan Python OpenCV berhasil diterapkan dalam sistem inspeksi. Arduino berfungsi sebagai pengendali perangkat keras, Delphi sebagai antarmuka monitoring dan kontrol, sedangkan Python OpenCV digunakan untuk pengolahan citra dan klasifikasi objek.
4. Hasil pengujian terhadap 75 data menunjukkan bahwa sistem berhasil mengklasifikasikan 72 data dengan benar dan 3 data dengan hasil yang tidak sesuai. Sistem memperoleh akurasi sebesar 96,00%, precision 97,14%, recall 94,44%, dan F1-score 95,77%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *thresholding* Otsu, deteksi kontur, dan ekstraksi fitur geometris mampu mendukung proses klasifikasi objek OK dan NG dengan tingkat akurasi yang baik. Kesalahan klasifikasi dipengaruhi oleh kondisi objek tertentu, seperti deformasi dan pencahayaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, proses peletakan dan pengambilan objek pada area inspeksi masih dilakukan secara manual. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditambahkan mekanisme conveyor agar objek dapat bergerak secara otomatis menuju area inspeksi. Dengan adanya conveyor, proses inspeksi dapat dilakukan secara lebih kontinu dan mendekati penerapan pada sistem industri.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan robot arm atau mekanisme pemindah objek otomatis. Robot arm dapat digunakan untuk mengambil, meletakkan, atau memisahkan objek berdasarkan hasil klasifikasi OK dan NG, sehingga sistem tidak hanya mendeteksi objek, tetapi juga mampu melakukan proses sortir secara otomatis.
3. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan penambahan proses kalibrasi kamera untuk meningkatkan akurasi pengukuran fitur geometris, terutama apabila sistem digunakan untuk analisis dimensi secara lebih presisi.
4. Metode klasifikasi dapat ditingkatkan menggunakan pendekatan machine learning atau deep learning agar sistem mampu mengenali variasi bentuk objek yang lebih kompleks, termasuk deformasi dan variasi permukaan objek.
5. Pengujian sistem dapat diperluas dengan jumlah sampel yang lebih besar serta variasi kondisi objek yang lebih beragam untuk meningkatkan validasi dan keandalan sistem dalam berbagai kondisi operasional.