

ABSTRAK

RAJA PARTAHI HUTASOIT. Rancang Bangun Sistem Deteksi Cacat *Color Dot* Pada Kantong Cetak Komponen Elektronik Berbasis YOLOv5. Dibimbing oleh HOLLANDA ARIEF KUSUMA dan TONNY SUHENDRA.

Inspeksi kualitas produk pada lini produksi industri masih banyak dilakukan secara visual oleh operator manusia. Metode ini memiliki keterbatasan dalam hal konsistensi, kecepatan, dan akurasi karena dipengaruhi oleh faktor kelelahan visual serta subjektivitas pengamatan. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan kesalahan dalam proses identifikasi cacat produk yang dapat berdampak pada kualitas hasil produksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem inspeksi visual otomatis yang mampu meningkatkan keandalan proses pengendalian kualitas secara objektif dan konsisten.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem inspeksi visual otomatis untuk mendeteksi cacat *color dot* pada kantong cetak komponen elektronik dengan memanfaatkan pendekatan *deep learning* dan *image processing*. Metode *deep learning* digunakan melalui model deteksi objek YOLOv5 untuk mendeteksi dan melokalisasi objek kantong cetak pada citra. Selanjutnya, metode *image processing* digunakan untuk melakukan analisis lanjutan pada area *Region of Interest* (ROI) melalui transformasi ruang warna HSV, segmentasi citra menggunakan *threshold*, serta analisis kontur untuk memvalidasi keberadaan titik warna. Kombinasi kedua pendekatan tersebut membentuk sistem inspeksi visual berbasis *hybrid pipeline* yang mampu menentukan kondisi produk secara otomatis dalam kategori *PASS* atau *REJECT*.

Hasil evaluasi model menunjukkan bahwa model YOLOv5 memiliki performa deteksi yang sangat baik dengan nilai *precision* sebesar 99,966%, *recall* sebesar 100%, *mAP@0.5* sebesar 99,5%, dan *mAP@0.5:0.95* sebesar 97,424%. Pada pengujian lapangan menggunakan 100 sampel produk, sistem menghasilkan klasifikasi yang sepenuhnya sesuai dengan inspeksi manual operator *Quality Control* dengan tingkat akurasi sebesar 100%. Selanjutnya, pada pengujian operasional di lingkungan produksi nyata, sistem berhasil melakukan inspeksi terhadap 2.721 produk secara berkelanjutan dengan hasil 2.670 produk *PASS* (98,13%) dan 51 produk *REJECT* (1,87%). Sistem juga mampu beroperasi secara *real-time* dengan rata-rata kecepatan pemrosesan sebesar 11,58 FPS dan waktu respons sekitar 85 ms.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sistem inspeksi visual yang dikembangkan mampu mendeteksi cacat *color dot* secara akurat, stabil, dan konsisten pada lingkungan produksi. Pendekatan *hybrid pipeline* yang menggabungkan *deep learning* dan *image processing* terbukti efektif dalam meningkatkan keandalan proses inspeksi visual otomatis. Implementasi sistem ini juga mampu mengurangi ketergantungan terhadap inspeksi manual serta meningkatkan efisiensi proses pengendalian kualitas. Dengan demikian, sistem yang diusulkan berpotensi menjadi solusi otomatisasi inspeksi kualitas pada industri manufaktur elektronik.

Kata kunci: inspeksi visual, *computer vision*, *deep learning*, YOLOv5, *quality control*.

ABSTRACT

RAJA PARTAHI HUTASOIT. *Design and Development of a YOLOv5-Based Color Dot Defect Detection System for Printed Pouches of Electronic Components.* Supervised by HOLLANDA ARIEF KUSUMA and TONNY SUHENDRA.

Product quality inspection in industrial production lines is still commonly performed visually by human operators. This approach has limitations in terms of consistency, speed, and accuracy due to factors such as visual fatigue and subjective judgment. These limitations may lead to errors in identifying product defects, which can affect the overall quality of manufactured products. Therefore, an automated visual inspection system is required to improve the reliability and objectivity of the quality control process.

This study aims to design and implement an automated visual inspection system to detect color dot defects on printed pouches of electronic components by utilizing deep learning and image processing approaches. The deep learning method is implemented using the YOLOv5 object detection model to detect and localize printed pouch objects within the captured images. Furthermore, image processing techniques are applied to analyze the detected Region of Interest (ROI) through HSV color space transformation, image threshold segmentation, and contour analysis to validate the presence of color dots. The integration of these approaches forms a hybrid inspection pipeline capable of automatically classifying products into PASS or REJECT categories.

The evaluation results show that the YOLOv5 model achieved excellent detection performance with a precision of 99.966%, recall of 100%, mAP@0.5 of 99.5%, and mAP@0.5:0.95 of 97.424%. Field testing using 100 product samples demonstrated full agreement between the system output and manual inspection conducted by Quality Control operators, achieving 100% classification accuracy. Furthermore, operational testing in a real production environment successfully inspected 2,721 products, resulting in 2,670 PASS products (98.13%) and 51 REJECT products (1.87%). The system operates in real time with an average processing speed of 11.58 FPS and a response time of approximately 85 ms.

Based on the experimental results, the developed visual inspection system is capable of detecting color dot defects accurately, consistently, and reliably in industrial environments. The hybrid pipeline combining deep learning and image processing methods proves to be effective in improving the performance of automated visual inspection systems. In addition, the proposed system reduces dependency on manual inspection and enhances the efficiency of the quality control process. Therefore, this system has strong potential to be implemented as an automated quality inspection solution in the electronics manufacturing industry.

Keywords: visual inspection, *computer vision*, *deep learning*, YOLOv5, quality control.