

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor manufaktur pada tahun 2025 mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Pada Januari 2025, Purchasing Managers' Indeks (PMI) manufaktur Indonesia naik ke level 51,9, dimana merupakan yang tertinggi sejak Mei 2024 dan kembali ke zona ekspansi setelah lima bulan kontraksi. Selain itu, pada Desember 2025, indeks penjualan riil (IPR) meningkat 1,0% setiap tahunnya dan indikator keyakinan konsumen (IKK) yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia ekspansif di level 127,7 (November: 125,9) [1]. Berdasarkan data tersebut, sektor manufaktur di Indonesia pada tahun ini mencerminkan adanya peningkatan konsumsi dan aktivitas usaha yang berbanding lurus dengan meningkatnya produksi dan stok yang melonjak drastis.

Dengan meningkatnya produksi dalam industri manufaktur, maka kebutuhan akan sistem *quality control* yang ketat menjadi semakin penting guna memastikan setiap produk yang dihasilkan tetap memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Salah satu upaya kuncinya yaitu deteksi cacat yang dapat mengindikasikan proses dalam sistem produksi yang telah rusak atau perlu dilakukan peninjauan ulang [2].

Untuk dapat mewujudkan pengendalian kualitas terhadap produk yang diinginkan secara otomatis, dapat digunakan *camera vision*. *Camera Vision* adalah sistem pemrosesan gambar (*image processing*) untuk mendeteksi objek secara otomatis menggunakan kecerdasan buatan, khususnya *deep learning*. Menurut *American Society for Quality*, biaya *quality control* dapat mencapai 15 sampai 20% dari pendapatan penjualan tahunan sebuah perusahaan. Selain itu, peningkatan volume produksi akan menyulitkan operator untuk memeriksa cacat secara manual. Hal ini dapat mempertegas bahwa *camera vision* atau *image processing* berbasis *deep learning* menjadi sebuah solusi untuk meningkatkan kualitas produksi dengan mempermudah operator mendeteksi cacat produk secara otomatis dan akurat.[3]

Di antara berbagai algoritma *Deep Learning*, YOLO (*You Only Look Once*) telah menjadi standar *de facto* dalam deteksi objek *real-time* karena efisiensinya. Menurut makalah aslinya, "*You Only Look Once: Unified, Real-Time Object*

Detection" oleh Joseph Redmon, *et al.*, YOLO merupakan model yang memproses seluruh gambar melalui satu jaringan saraf tunggal untuk memprediksi *bounding boxes* dan probabilitas kelas secara langsung yang mana menekankan kecepatan dan konsistensi dalam prediksi[4]. Penelitian ini memilih model YOLOv8 sebagai inti dari sistem *image processing*. Dalam pengimplementasiannya pada perangkat keras berdaya rendah (*low-cost automation*) seperti pada Raspberry Pi 5 tetap menimbulkan tantangan serius terkait kinerja komputasi dan *frame rate*.

Tantangan kinerja ini terlihat jelas dalam jurnal penelitian sebelumnya yang berjudul "*Real-Time Detection of Hole-Type Defects on Industrial Components Using Raspberry Pi 5*" oleh Mehmet Deniz, *et al*[5]. Penelitian tersebut menunjukkan implementasi model *image processing* berupa EfficientNetB3 dan MobileNetV3-Large pada Raspberry Pi 5 hanya mampu menghasilkan kinerja berkisar antara 4.7FPS hingga 8 FPS. Meskipun kinerja ini merupakan hasil terbaik untuk model *off-the-shelf* pada *embedded device* tersebut. Besaran fps sebesar 8 masih dinilai belum optimal.

Untuk mengatasi batasan *hardware* dan meningkatkan FPS diatas 8 FPS, penelitian ini mengambil langkah optimasi model yang spesifik dan terbukti pada penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut berjudul "Sistem Klasifikasi Sampah Otomatis Berbasis Deteksi Objek *Real-Time* Pada *Single Board Computer* Dengan Algoritma YOLO" oleh Ahmad Zaki Firdaus dan Danang Lelono. Dengan hasil model yang dikonversi menjadi PyTorch dan NCNN memiliki FPS yang berbeda. FPS yang dihasilkan lebih tinggi dengan menggunakan NCNN yaitu 8,9 daripada PyTorch yaitu 2,74. Namun, pada penelitian tersebut terdapat perbedaan yakni penggunaan *base model*. *Base model* yang digunakan pada penelitian tersebut adalah YOLOv11n[6]. Sedangkan, pada penelitian ini digunakan model YOLOv8 atau lebih spesifiknya YOLOv8 versi nano (YOLOv8n). Dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan *base model* terhadap FPS yang dihasilkan.

Selain optimasi yang berfokus pada konversi format model, penelitian ini juga mengimplementasikan langkah optimasi pada pra-inferensi melalui penggunaan Filter Region of Interest (ROI). Yang mana pada penelitian sebelumnya

yang berjudul “*Region-of-Interest Extraction Method to Increase Object-Detection Performance in Remote Monitoring System*” oleh Hyeong-GI Jeon dan Kyoung-Hee-Lee menjelaskan bahwa penggunaan ROI memberikan dampak positif[7]. Dampak tersebut yakni diantaranya mengurangi waktu inference sekitar 35-50% dan menghapus area background yang tidak relevan yang membuat *false detection* berkurang pada area yang tidak perlu. Pada penelitian ini, filter ROI digunakan hampir sama dengan penelitian sebelumnya yaitu untuk membatasi kinerja deteksi agar terfokus pada satu area tertentu. Dengan tujuan untuk mengurangi *false detection* pada area yang tidak diperlukan untuk deteksi.

Penelitian ini juga melibatkan kerjasama dengan Ihsan yang berjudul “Rancang Bangun Lengan Robot 4 DOF (*Degree of Freedom*) Untuk *Pick and Place* Berbasis STM32 dengan Sistem Kendali Melalui HMI *Nextion*”. Mikrokontroler STM32 akan menerima input data yang penulis kirim melalui Raspberry Pi 5 yang kemudian akan digunakan sebagai koordinat atau lokasi yang ditentukan sebagai barang cacat. Kemudian setelah mengetahui lokasi tersebut, STM32 memberikan sinyal-sinyal PWM ke Motor servo untuk menggerakkan lengan robot mengambil barang cacat tersebut. Dengan hasil akhir menyortir produk berbahan logam yang mengalami kecacatan secara otomatis ke dalam *garbage box* atau box pembuangan barang cacat dan produk yang layak ke box layak.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem deteksi kecacatan produk berbahan logam berbasis Raspberry Pi 5?
2. Bagaimana kinerja model deteksi YOLOv8 dioptimalkan (melalui konversi NCNN, FPS, dan Filter ROI) untuk mencapai deteksi *real-time* yang stabil pada Raspberry Pi 5?
3. Bagaimana akurasi sistem deteksi dalam mengklasifikasikan kecacatan produk berbahan logam secara otomatis?
4. Bagaimana efektivitas komunikasi serial (UART), mekanisme pendinginan sistem, serta konektivitas jaringan nirkabel (*access point* dan *internet*)

sharing) dalam menjaga stabilitas, kemudahan *monitoring*, dan kontrol operasional sistem deteksi?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi untuk sistem deteksi kecacatan produk berbahan logam berbasis Raspberry Pi 5.
2. Mengoptimalkan kinerja model deteksi YOLOv8 (melalui konversi NCNN, FPS, dan Filter ROI) untuk mencapai deteksi *real-time* yang stabil pada perangkat Raspberry Pi 5.
3. Menguji dan mengevaluasi akurasi sistem deteksi dalam mengklasifikasikan kecacatan produk berbahan logam secara otomatis.
4. Mengimplementasikan dan mengevaluasi komunikasi serial (UART), sistem pendinginan, serta konektivitas jaringan berbasis *access point* dan *internet sharing* guna mendukung *monitoring*, pengujian, dan pengoperasian sistem secara fleksibel dan mandiri.

1.4. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan model arsitektur sistem deteksi kecacatan produk berbahan logam yang terintegrasi menggunakan *single-board computer* (Raspberry Pi 5).
2. Menghasilkan data kuantitatif mengenai teknik optimasi model *Deep Learning* (seperti konversi NCNN) untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan *image processing* pada Raspberry Pi 5.
3. Mengetahui akurasi dan batasan kinerja sistem deteksi kecacatan produk berbahan logam secara otomatis, yang dapat menjadi dasar perbaikan dan pengembangan sistem inspeksi kualitas di masa mendatang.
4. Membuktikan bahwa penerapan komunikasi serial (UART), sistem pendinginan aktif, serta konektivitas jaringan nirkabel melalui *access point*

dan *internet sharing* mampu meningkatkan kemudahan akses, *monitoring*, dan keandalan operasional sistem deteksi berbasis Raspberry Pi 5.

1.5. Batasan Masalah

Batasan Masalah dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem dirancang untuk mendeteksi kecacatan pada maksimal dua produk dalam satu siklus operasi.
2. Deteksi kecacatan hanya dilakukan dari satu sisi (sisi atas) produk menggunakan *Megapixel 720p Wide-angle Camera*.
3. Produk yang dideteksi merupakan komponen *Hollow Galvanis Steel* berukuran 40x40x40 mm yang telah di cat berwarna hitam.
4. Sistem *image processing* diimplementasikan pada *single-board computer* yaitu Raspberry Pi 5 dan menggunakan model *object detection* YOLOv8 yang dioptimasi melalui konversi ke format NCNN.
5. Jenis kecacatan yang menjadi fokus penelitian hanya mencakup tiga kelas, yaitu *scratch*, *brush marks*, dan *chipping*.
6. Kinerja sistem *real-time* diukur berdasarkan laju *Frames Per Second* (FPS) dengan target > 8 FPS dan evaluasi akurasi deteksi berdasarkan ambang batas nilai kecacatan yang telah ditentukan yaitu ≥ 1 dianggap cacat dan < 1 dianggap layak.
7. Komunikasi dan kontrol antara Raspberry Pi 5 dan lengan robot hanya dilakukan melalui antarmuka komunikasi serial UART dan dikendalikan oleh mikrokontroler STM32F411CEU6 melalui perantara HMI Nextion.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Sistematika dari proposal laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bagian ini berisikan mengenai hal-hal yang menjadi latar belakang dalam pembuatan, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Dalam bagian ini berisikan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pembuatan alat tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bagian ini berisikan mengenai rancangan alat yang terdiri dari spesifikasi, gambar 3D, fitur, diagram blok, *flowchart* serta teknik fabrikasi alat tugas akhir.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam bagian ini berisikan mengenai hasil pengujian dan analisa data yang didapat dari *image processing* melalui kamera dan Raspberry Pi 5

BAB V PENUTUP

Dalam bagian ini berisikan mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan saran untuk pengembangan alat lebih lanjut.