

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minuman merupakan salah satu sektor manufaktur yang berkembang pesat dan memiliki standar kualitas yang ketat, terutama dalam hal keamanan produk yang dikonsumsi langsung oleh masyarakat. Salah satu aspek penting dalam proses produksi minuman adalah pengendalian kualitas (*quality control*), yang mencakup pemeriksaan kondisi fisik kemasan serta kejelasan informasi yang tertera pada produk, termasuk tanggal kadaluarsa. Kegagalan dalam mendeteksi produk cacat sebelum sampai ke tangan konsumen dapat berdampak pada keselamatan konsumen, kerugian finansial perusahaan, serta penurunan kepercayaan terhadap merek.

Botol minuman merupakan salah satu jenis kemasan yang umum digunakan dalam industri minuman berskala besar dengan lini produksi yang beroperasi secara kontinu. Dalam proses produksi tersebut, setiap botol yang dihasilkan perlu melalui tahap inspeksi untuk memastikan bahwa kondisi fisik botol tidak mengalami cacat seperti penyok atau deformasi, serta memastikan bahwa informasi tanggal kadaluarsa yang dicetak pada botol dapat terbaca dengan jelas. Apabila proses inspeksi ini masih dilakukan secara manual oleh operator, maka terdapat keterbatasan dalam hal kecepatan, konsistensi, dan ketelitian, mengingat tingginya volume produksi dan kelelahan manusia yang dapat memengaruhi akurasi pemeriksaan.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang *computer vision*, telah membuka peluang untuk mengotomasi proses inspeksi kualitas secara lebih efisien dan akurat. Salah satu algoritma deteksi objek yang banyak digunakan dalam aplikasi *real-time* adalah YOLO (*You Only Look Once*), yang dikenal karena kemampuannya mendeteksi objek dengan kecepatan tinggi tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan. Triyanto dkk. (2024) dalam penelitiannya tentang pengembangan sistem deteksi objek botol *real-time* menggunakan YOLOv8

menunjukkan bahwa algoritma ini mampu mendeteksi berbagai kelas objek dengan performa tinggi dalam skenario *vision* berbasis kamera, sehingga menegaskan potensi YOLOv8 sebagai algoritma yang tepat untuk digunakan dalam sistem inspeksi botol secara otomatis.

Selain deteksi cacat fisik, aspek lain yang tidak kalah penting adalah pembacaan dan verifikasi informasi tanggal kadaluarsa pada kemasan produk. Richo (2025) dalam penelitiannya mengembangkan sistem identifikasi informasi *expired date* pada kemasan produk menggunakan metode YOLO dan OCR, dan menunjukkan bahwa kombinasi kedua teknologi tersebut mampu membentuk alur kerja yang efisien dengan akurasi mAP50 mencapai 98,44%. Sementara itu, Ekaharyani dan Zakariyah (2024) dalam penelitiannya tentang perancangan aplikasi deteksi tanggal kadaluarsa berbasis OCR menunjukkan bahwa sistem mampu membaca informasi tanggal kadaluarsa dengan akurasi pembacaan karakter mencapai 88%, yang dinilai dapat mengurangi risiko insiden konsumsi produk kedaluwarsa. Namun demikian, pendekatan berbasis OCR konvensional masih memiliki keterbatasan dalam kondisi cetakan yang tidak jelas, permukaan kemasan yang melengkung, atau variasi pencahayaan yang tidak merata.

Seiring dengan perkembangan teknologi kecerdasan buatan generatif, model bahasa besar (*Large Language Model/LLM*) berbasis *multimodal* telah hadir sebagai solusi yang lebih canggih dalam pemrosesan dan analisis citra digital. Salah satu model *multimodal* terkini yang dikembangkan oleh Google adalah Gemini, yang memiliki kemampuan untuk memproses dan menganalisis berbagai jenis data secara bersamaan, termasuk teks, gambar, audio, dan video dalam satu platform terintegrasi. Gemini API menyediakan akses terprogram terhadap kemampuan *multimodal* model Gemini, sehingga memungkinkan pengembang untuk mengintegrasikannya ke dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem inspeksi kualitas produk berbasis *computer vision*. Dalam konteks evaluasi tanggal kadaluarsa, Gemini API memungkinkan sistem untuk mengirimkan citra botol dan menerima hasil analisis berupa identifikasi dan verifikasi tanggal kadaluarsa secara akurat, bahkan dalam kondisi cetakan yang kurang optimal sekalipun, sehingga

menjadikannya alternatif yang lebih andal dibandingkan metode OCR konvensional.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototipe sistem deteksi cacat botol dan evaluasi kualitas cetak tanggal kadaluarsa menggunakan YOLOv8 dan Gemini API. Sistem prototipe ini dirancang menggunakan kamera sebagai sensor visual, *conveyor* sebagai simulasi jalur produksi, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan botol di depan kamera, serta Raspberry Pi sebagai unit pemrosesan utama. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses inspeksi kualitas botol dapat dilakukan secara otomatis, cepat, dan konsisten sebagai bentuk penerapan teknologi *computer vision* dan kecerdasan buatan generatif dalam mendukung otomasi industri manufaktur.

Pengembangan sistem ini juga sejalan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDGs 9 (*Industry, Innovation and Infrastructure*) melalui inovasi teknologi otomasi cerdas, serta SDGs 12 (*Responsible Consumption and Production*) melalui penerapan teknologi untuk pengurangan jumlah produk cacat pada proses produksi guna menjamin konsumsi yang bertanggung jawab.

1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini difokuskan pada beberapa aspek utama yang berkaitan dengan pengembangan sistem *Quality Control*, yang mencakup:

1. Proses inspeksi kualitas botol minuman yang dilakukan secara manual oleh operator memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan, konsistensi, dan ketelitian, terutama pada lini produksi dengan volume tinggi.
2. Cacat fisik pada botol minuman seperti penyok dan segel terlepas berpotensi tidak terdeteksi apabila proses pemeriksaan masih bergantung sepenuhnya pada pengamatan manusia.
3. Kualitas cetak tanggal kadaluarsa pada botol minuman yang tidak jelas atau tidak terbaca dapat membahayakan keselamatan konsumen dan sulit dideteksi secara manual dalam jumlah produksi yang besar.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian dan pengembangan sistem *quality control* berbasis *computer vision* ini, beberapa batasan perlu ditetapkan. Adapun batasan-batasan yang dimaksud antara lain:

1. Cacat fisik botol yang dideteksi pada penelitian ini hanya meliputi dua jenis, yaitu penyok pada badan botol dan segel tutup botol yang tidak rapat, sehingga jenis cacat lain di luar kedua kategori tersebut tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.
2. Pengambilan gambar botol hanya dilakukan dari satu posisi kamera dengan pencahayaan tambahan yang terpasang tetap pada alat, sehingga kondisi pencahayaan diasumsikan stabil selama proses inspeksi dan bagian botol yang tidak menghadap ke arah kamera tidak dapat terdeteksi oleh sistem.
3. Objek yang digunakan dalam penelitian ini hanya terbatas pada satu jenis botol minuman, sehingga sistem belum tentu dapat digeneralisasi untuk mendeteksi cacat pada jenis atau bentuk botol yang berbeda.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan sistem *quality control*, khususnya terkait dengan sistem *quality control* berbasis *computer vision*, dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang dan membangun prototipe sistem deteksi cacat fisik botol minuman berupa penyok dan segel tutup yang tidak rapat menggunakan YOLO?
- b. Bagaimana mengimplementasikan Gemini API dalam mengevaluasi kualitas cetak tanggal kadaluarsa pada botol minuman secara otomatis?
- c. Bagaimana tingkat akurasi sistem yang dibangun dalam mendeteksi cacat fisik botol dan mengevaluasi kualitas cetak tanggal kadaluarsa menggunakan YOLOv8 dan Gemini API?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang, mengembangkan, dan menguji prototipe Sistem *Quality Control* Berbasis *Computer Vision*. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun prototipe sistem deteksi cacat fisik botol minuman berupa penyok dan segel tutup yang tidak rapat menggunakan YOLO.
2. Mengimplementasikan Gemini API dalam mengevaluasi kualitas cetak tanggal kadaluarsa pada botol minuman secara otomatis.
3. Mengetahui tingkat akurasi sistem yang dibangun dalam mendeteksi cacat fisik botol dan mengevaluasi kualitas cetak tanggal kadaluarsa menggunakan YOLOv8 dan Gemini API.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara akademik maupun praktis dalam pengembangan sistem *quality control* berbasis otomasi industri. Penerapan *Computer Vision* melalui algoritma YOLO dan metode OCR diharapkan mampu meningkatkan efektivitas proses inspeksi cacat fisik serta evaluasi informasi produk secara otomatis dan terintegrasi. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menjadi referensi dan bahan kajian bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan sistem deteksi cacat produk berbasis *computer vision* menggunakan YOLOv8 dan Gemini API, khususnya dalam konteks inspeksi kualitas kemasan pada industri minuman..
2. Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem inspeksi kualitas botol yang dapat mendeteksi cacat fisik dan mengevaluasi keterbacaan tanggal kadaluarsa secara otomatis, sehingga dapat menjadi gambaran awal penerapan teknologi *computer vision* dalam mendukung proses *quality control* di industri manufaktur.

3. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengalaman bagi peneliti dalam merancang sistem berbasis kecerdasan buatan yang mengintegrasikan perangkat keras seperti *conveyor*, sensor ultrasonik, dan Raspberry Pi dengan algoritma deteksi objek dan pengenalan karakter secara terpadu

