

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses produksi yang semakin berkembang menuntut efisiensi dan keakuratan untuk menyelesaikan proses perputaran ekonomi, dan menjadi faktor yang sangat krusial untuk keberlanjutan perusahaan. Salah satu tahapan penting dalam lini produksi adalah proses inspeksi kualitas produk, yang bertujuan untuk memastikan bahwa barang yang diproduksi memenuhi standar yang telah ditetapkan. Pada industri pengemasan kaleng, khususnya dalam produk makanan dan minuman, kualitas kemasan menjadi hal yang sangat penting. Dalam studi di industri pengalengan ikan (produk kalengan), dari 3.288.138 kaleng yang diproduksi dalam periode tertentu, ditemukan 5.664 kaleng cacat fisik sekitar 0,17% dari total produksi (Astiana et al., 2024). Dari cacat tersebut: 77% berupa penyok, 17% berupa lecet/gores, 5% bocor, 0,9% kembung sebelum inkubasi, dan 0,1% kembung setelah inkubasi (Astiana et al., 2024). Kaleng tidak hanya berfungsi sebagai wadah untuk produk, tetapi juga berperan dalam melindungi isi produk dari faktor eksternal yang dapat merusak kualitasnya, seperti udara, kelembaban, dan kontaminasi mikroorganisme. Oleh sebab itu, setiap cacat pada kemasan kaleng, seperti penyok, sobek, perubahan warna, atau kebocoran, dapat merugikan produsen dalam hal reputasi dan finansial, serta menimbulkan risiko bagi konsumen. Berdasarkan data diatas meskipun presentase cacat tergolong kecil namun produksi dilakukan dalam volume besar, yang secara absolut dapat menghasilkan banyak kaleng yang tidak layak, dampaknya pada keamanan pangan dan nama baik perusahaan. Oleh karena itu, menerapkan sistem inspeksi otomatis di tahap *Quality Control* (QC) setelah pengemasan tapi sebelum distribusi adalah langkah strategis dan diperlukan.

Proses produksi industri pengemasan kaleng pada sektor makanan dan minuman semakin berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan pasar global. Efisiensi dan ketepatan setiap tahapan produksi menjadi kunci utama untuk menjaga kesinambungan rantai pasok dan memastikan daya saing perusahaan di pasar global. Salah satu langkah krusial dalam proses produksi adalah proses

inspeksi kualitas kemasan kaleng, yang berfungsi memverifikasi bahwa produk memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Dalam sektor pengemasan kaleng, di samping mempertahankan kebersihan dan daya tahan isi produk, kemasan juga berfungsi penting untuk melindungi produk dari mikroba, perubahan suhu, dan kerusakan fisik selama proses pengiriman dan distribusi.

Namun, walaupun kaleng dirancang untuk memberikan perlindungan optimal, adanya cacat pada kemasan kaleng dapat mengurangi sejauh mana perlindungan tersebut efektif dan bisa menimbulkan masalah serius, baik dalam aspek kualitas produk maupun keamanan konsumen. Cacat-cacat pada kemasan kaleng bisa bervariasi, mulai dari cacat ringan seperti penyok pada bagian tubuh kaleng (*Class III – Minor Defects*), hingga cacat yang lebih serius seperti kebocoran atau cacat pada sambungan *double seam* yang memungkinkan masuknya mikroorganisme ke dalam kaleng, yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen. Dalam hal ini, kebocoran atau kerusakan pada *double seam* sangatlah berisiko, karena bisa menyebabkan kehilangan segel hermetik yang menjaga sterilisasi dan kesegaran isi kaleng. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap cacat ini menjadi sangat penting untuk menghindari risiko tersebut (Assosiation of Food and Drugs Officials, 2020).

Pada kenyataannya, masih banyak perusahaan yang masih menggunakan cara pemeriksaan manual untuk menemukan kerusakan pada kemasan kaleng. Metode ini biasanya melibatkan operator manusia yang harus memeriksa setiap kaleng yang melintas di jalur konveyor, mencari cacat seperti penyok, perubahan warna, sobek, atau kebocoran. Namun, meskipun banyak yang berusaha untuk memaksimalkan ketelitian dalam pemeriksaan manual, metode ini tetap rentan terhadap kesalahan. Kelelahan, konsentrasi yang menurun, dan laju produksi yang tinggi sering menyebabkan kesalahan dalam mendeteksi cacat pada produk, yang pada gilirannya dapat menyebabkan cacat produk lolos ke konsumen. Keputusan yang salah dalam memilih produk dapat berakibat fatal, karena kemasan kaleng yang cacat bisa membahayakan keselamatan konsumen dan merusak nama baik perusahaan. Lebih lanjut, meskipun penggunaan konveyor di industri kemasan telah meningkatkan efisiensi dalam hal perpindahan barang, proses pemeriksaan kualitas yang masih dilakukan secara manual menambah biaya operasional. Keberadaan

operator yang harus terus-menerus memantau produk yang berjalan pada konveyor membuat biaya yang dikeluarkan untuk gaji karyawan dan biaya pelatihan semakin tinggi. Selain itu, proses manual ini juga membutuhkan waktu lebih lama untuk memisahkan kaleng cacat dari yang normal, yang dapat mengakibatkan pemborosan dalam alur produksi (Haris Stiawan et al., 2025).

Perkembangan teknologi masa kini telah mempercepat proses produksi menjadi semakin cepat untuk mendukung kelancaran pekerjaan industri, salah satunya pada tahapan penyortiran kemasan kaleng yang kini banyak dilakukan dengan bantuan robot. Robot memiliki berbagai jenis sesuai dengan kebutuhan serta kondisi lingkungan kerjanya. Salah satu tipe robot yang sering dimanfaatkan adalah *cartesian robot*, yaitu robot yang beroperasi menggunakan sistem koordinat yang bersifat ortogonal. (sumbu x, y, dan z). Pola gerakannya terstruktur dan relatif sederhana karena mengikuti titik koordinat. Mekanisme gerak robot ini memanfaatkan aktuator linier yang bergerak lurus sesuai arah sumbu koordinat. Pada penerapan industri, *cartesian robot* difungsikan dalam tugas penyortiran produk, misalnya memisahkan kemasan kaleng yang berjalan di atas konveyor. Apabila kamera sensor menemukan adanya kerusakan pada kemasan, robot akan segera memindahkan kaleng tersebut ke wadah khusus produk *reject* (tidak memenuhi standar) (Komarudin et al., 2025).

Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu pendekatan yang bisa diambil adalah menggunakan sistem penglihatan berbasis komputer (*computer vision*) dengan dukungan kamera seperti *webcam*. Kamera ini mampu menangkap citra kaleng yang bergerak di konveyor secara cepat tanpa campur tangan dari manusia. Berbagai penelitian yang relevan menunjukkan bahwa identifikasi cacat kaleng menggunakan kamera *webcam* dapat ditingkatkan performanya dengan penggunaan algoritma *Convolutional Neural Network*(CNN). CNN terbukti handal dalam klasifikasi citra dengan tingkat akurasi mencapai 95%. Struktur CNN terdiri atas lapisan-lapisan pemrosesan mulai dari *input image*, *convolutional layer*, hingga *artificial neural network layer* yang bertugas untuk menentukan klasifikasi. Dalam hal mendeteksi cacat pada kaleng, CNN dapat melakukan ekstraksi fitur tekstur, bentuk, maupun pola penyok dan sobek, serta mengekstraksi ciri warna melalui kanal RGB (*Red, Green, Blue*). Dengan demikian, CNN sangat potensial untuk

membedakan berbagai jenis cacat pada kemasan kaleng berdasarkan gambar yang diambil kamera (Irawan et al., 2023).

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan judul “Rancang Bagun *Cartesian robot* untuk Sortir Kemasan Kaleng Berdasarkan Tingkat Cacat Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)”. Sistem yang dirancang bekerja dengan bantuan konveyor sebagai media pengangkut kaleng. Sensor *proximity* digunakan untuk mendeteksi keberadaan produk, sehingga konveyor akan berhenti ketika kaleng berada di posisi tengah. Pada saat itu, *webcam* mengambil citra produk yang kemudian diproses dengan CNN untuk klasifikasi berdasarkan ciri tekstur dan warna RGB. Hasil klasifikasi selanjutnya dikirim ke mikrokontroler pengendali *cartesian robot* melalui komunikasi serial untuk menentukan apakah produk tersebut dipindahkan ke wadah reject atau dilanjutkan ke jalur distribusi. Sebagai tambahan, penerapan *cartesian robot* dan algoritma CNN pada industri kemasan kaleng juga dapat meningkatkan daya saing perusahaan. Dalam pasar yang semakin kompetitif, kemampuan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan efisiensi yang lebih baik dapat menjadi keunggulan kompetitif yang signifikan. Selain itu, dengan mengurangi kesalahan selama proses produksi, perusahaan dapat lebih mudah memenuhi standar kualitas yang lebih tinggi, yang tentunya akan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap merek tersebut. Penggunaan teknologi ini juga dapat memberikan keunggulan kompetitif bagi perusahaan dengan menghasilkan produk berkualitas tinggi secara konsisten dan mengurangi biaya jangka panjang akibat kesalahan inspeksi. Seiring meningkatnya standar mutu global dan sertifikasi keamanan pangan, kemampuan otomasi pemeriksaan visual berbasis CNN dan robotika menjadi menjadi nilai tambah yang sangat berharga. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab tantangan teknis di lapangan, tetapi juga mendukung kebutuhan sektor pengemasan kaleng untuk memenuhi standar internasional dan ekspektasi konsumen.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan utama dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara mengintegrasikan *cartesian robot* dengan algoritma CNN?

- b. Bagaimana cara mengidentifikasi kemasan kaleng yang cacat dan normal berdasarkan hasil klasifikasi menggunakan algoritma CNN?
- c. Bagaimana cara *cartesian robot* melakukan proses sortir kemasan kaleng yang teridentifikasi cacat dan memisahkannya ke dalam wadah yang sesuai?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

- a. Dapat mengintegrasikan *cartesian robot* dengan algoritma CNN.
- b. Dapat mengetahui perbedaan antara kemasan kaleng cacat dan normal berdasarkan hasil klasifikasi citra yang diperoleh menggunakan algoritma CNN.
- c. Dapat menyortir kemasan kaleng menggunakan *cartesian robot* melalui prosedur *pick and place*.

1.3.2. Manfaat

- a. Dapat meringankan proses sortir yang dikerjakan oleh operator secara manual.
- b. Dapat meringankan biaya operasional jangka panjang oleh sistem otomasi robot.
- c. Meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam mendeteksi cacat pada kemasan kaleng, sehingga mutu kualitas produk lebih terjamin.

1.4. Batasan Masalah

- a. Kemasan kaleng yang digunakan memiliki diameter 7 cm dan tinggi 10 cm, modifikasi berwarna hijau.
- b. Kemasan kaleng yang diteliti terbuat dari material logam yang dapat terinduksi oleh medan magnet.
- c. Penelitian ini hanya berfokus pada integrasi antara sistem *cartesian robot* dengan algoritma CNN untuk proses sortir kemasan kaleng.
- d. Implementasi algoritma CNN dalam penelitian ini menggunakan tools *Deep NetworkDesigner* dari *software* MATLAB, namun pembahasan mendalam mengenai CNN tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.

- e. Proses sortir hanya akan mengidentifikasi tiga kategori cacat pada kemasan kaleng: normal, cacat ringan, dan cacat berat, sesuai dengan hasil klasifikasi yang diperoleh dari algoritma CNN.

1.5. Metodologi Penulisan Skripsi

Metodologi penulisan skripsi yang digunakan untuk menyusun proposal memiliki beberapa tahapan, disajikan sebagai berikut:

- a. **Mengidentifikasi Masalah dan Pengumpulan Data**
Pengumpulan data dalam bentuk buku, makalah, artikel, jurnal dan publikasi lainnya yang berkaitan dengan masalah dalam penelitian merupakan bagian dari proses pengumpulan data.
- b. **Tahap Perencanaan Rangkaian Elektronika**
Pada perancangan elektronika dilakukan desain jalur sistem alat, agar tidak terjadi kerusakan ketika komponen dipatenkan. Dalam perancangan dibuat sesuai dengan komponen yang dibutuhkan pada penelitian ini.
- c. **Perancangan Mekanik**
Pada perancangan mekanik membuat desain menggunakan *software solidworks* untuk pembuatan kerangka real pada penelitian sesuai desain yang sudah dibuat.
- d. **Pembuatan Program dan Pengumpulan *Dataset***
Fase pembuatan program dan pengumpulan *Dataset* dimulai dari menyusun mengambil data gambar dari kemasan kaleng berdasarkan kategori cacat untuk kemudian dilakukan proses pelatihan.
- e. **Pengujian Alat**
Pada pengujian alat yaitu proses melakukan pengujian sistem untuk melakukan tugas sortir agar sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Jika terjadi permasalahan maka perlu dilakukan evaluasi dan kalibrasi
- f. **Analisis dan Kesimpulan**
Setelah dilakukan pengujian pada *cartesian robot* untuk melakukan proses sortir menggunakan beberapa sampel kemasan kaleng maka diperoleh hasil analisis berupa tingkat keberhasilan proses sortir.

1.6. Sistematika Kepenulisan

Fase penyusunan proposal dilakukan secara bertahap dimulai pendahuluan sampai dengan perancangan sistem, secara sistematis dapat dilihat sebagai berikut:

a. Bab I Pendahuluan

Bab I merupakan fase awal yang berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan batasan masalah serta urutan sistematika penulisan skripsi.

b. Bab II Teori Penunjang

Bab II membahas tentang penelitian terdahulu dan teori penunjang yang berkaitan dengan algoritma yang digunakan pada penelitian ini berkaitan dengan implementasi *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi kemasan kaleng dengan integrasi *Cartesian robot*.

c. Bab III Perancangan Sistem

Fase perancangan sistem membahas tentang alat sistem yang akan dibuat, dalam penelitian ini berkaitan dengan implementasi algoritma *Convolutional Neural Network* untuk melakukan klasifikasi kemasan kaleng dengan integrasi *Cartesian robot*.

d. Bab IV Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisis mendalam terkait kinerja sistem yang telah dibangun.

e. Bab V Penutup

Bab ini menyimpulkan keseluruhan hasil penelitian, memberikan kesimpulan akhir, dan memberikan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut atau pengembangan sistem. Bab ini juga mencakup kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian yang dilakukan.

1.7. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel I.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

NO	Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Identifikasi masalah dan studi literatur						
2.	Pengajuan proposal skripsi						

NO	Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
3.	Perancangan algoritma CNN dan perencanaan rangkaian elektronika						
4.	Pembuatan robot dan <i>training</i>						
5.	Pengujian dan analisis pada sistem						
6.	Sidang skripsi						